



République Algérienne Démocratique et Populaire



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abd-elhamid Ibn Badis de Mostaganem

Faculté des Sciences de la nature et de la vie

Département des sciences Agronomiques

Mémoire

***En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master d'Etat en Sciences
Agronomiques***

Option : Contrôle de Qualité des Aliments

Thème

***Influence de la variation du taux de sel sur les qualités
physicochimiques, microbiologiques et organoleptiques
du fromage à pâte molle type camembert à Sidi Saâda***

***Présenté par : ISSAAD IBRAHIM
MANKOUR EL-HADJ***

Soutenu le :

Devant le jury :

Président :

Directeur de mémoire : M. KEDDAM. R Chargé de cours, Univ.de Mostaganem

Examineur :

Année universitaire : 2016/2017

Liste des tableaux

Tableau 1: les principales dates de création et de mise en service du complexe laitier de SIDI SAADA.....	1
Tableau 2 : Produits fabriqués à l'unité de Sidi Saada	3
Tableau 3: Classification de quelques bactéries associées au lait	11
Tableau 4 : Exemples de teneur en calcium en fonction du procédé de fabrication....	18
Tableau 5 : Exemples de teneur en protéines en fonction du type de fromage.....	18
Tableau 6 : Exemples de teneur en lipides en fonction du type de fromage	19
Tableau7 : Valeur nutritionnelle moyenne du camembert au lait cru.....	21
Tableau 8 : Paramètres à surveiller dans le bain de sel, fréquence de contrôle et mesures à prendre en cas d'écart	39
Tableau 9 : Les caractéristiques des différentes saumures préparées	45
Tableau 10 : Le taux de sel pour chaque échantillon par 250g de fromage.....	46
Tableau 11 : La corrélation entre la concentration des saumures et la teneur en sel.	52
Tableau 12: Evolution de l'EST, l'humidité et le poids durant l'affinage	52
Tableau 13 : Evolution du pH des camemberts expérimentaux durant l'affinage.....	54
Tableau 14 : Evolution moyenne du nombre de germes pathogène des pâtes molles expérimentales type camembert au cours de l'affinage.....	56
Tableau 15 : Evolution de la flore lactique au cours de l'affinage.....	58
Tableau 16 : Résultats du test de dégustation des camemberts expérimentaux en fin d'affinage	59
Tableau 17: Evolution organoleptique des fromages à pâte molle à différentes concentrations de sel (NaCl) en fin d'affinage.....	62

Liste des tableaux

Liste des figures

Figure 01 : diagramme de fabrication du fromage à pâte molle type camembert (Unité fromagerie de Sidi SAADA).....	25
Figure 02. Effet de la teneur en sel sur le fromage	42
Figure 3 : Evolution du poids au cours de l'affinage	53
Figure 4 : Evolution de l'EST au cours de l'affinage	53
Figure 5 : Evolution de l'humidité au cours de l'affinage	54
Figure 6 : Evolution du pH au cours de l'affinage	55
Figure 7 : Evolution des coliformes Totaux au cours de l'affinage.....	57

Liste des abréviations

EST : Extrait sec totale.

aw : activité de l'eau.

H : humidité.

pH : Potentiel hydrogène.

MG : Matière grasse.

C1 : lot numéro 1 (1,87g g NaCl /250g de fromage).

C2 : lot numéro 2 (2,47g NaCl /250g de fromage).

C3 : lot 3 (2,93g g NaCl /250g de fromage).

T : Témoin (5,04g g NaCl /250g de fromage).

Abstract

The purpose of this study was to determine the possibilities of producing soft cheese Camembert type cheese with high moisture content, with reduced sodium without diminishing, technological and organoleptic qualities of the cheese content. The variation in salt content of our manufacturing tests had effects: A slight increase in the activity of the water without affecting the growth of bacterial and fungal flora contamination.

- An action on the TSE, the moisture and weight of samples at the end of ripening rate.

- An influence on the evolution of pH, much more marked on items C1 (1,80g NaCl), C2 (2,85g NaCl) and C3 (3,32g NaCl) than the witness, thus neutralizing the acidity the cheese paste was much more pronounced for the less salty than the control and this has influenced the growth of the lactic flora lots.

- A very good taste assessment by the panel was noted for the control (5,09g NaCl), although the advantage that the witness.

Introduction

Le sel est un condiment utilisé depuis longtemps pour ses propriétés et ses bienfaits pour la santé. Le sel représente quasiment à lui seul une saveur : la saveur salée, qui est très appréciée par le consommateur.

Très tôt le sel a fait l'objet d'un commerce. Dès le néolithique, on savait non seulement obtenir du sel à partir de la mer, mais aussi à partir de gisements comme en Lorraine.

Au Moyen-âge, le sel est devenu un produit de grande importance, puisqu'il permettrait par le salage, la conservation des aliments et en particulier du poisson.

A travers les âges, l'aspect universel de sa consommation en a fait une pompe à finance idéale pour les pouvoirs en place. Depuis les empereurs chinois jusqu'aux rois de France avec la fameuse gabelle, la fiscalité sur le sel a joué un rôle comparable, toutes proportions gardées, à celui aujourd'hui du pétrole.

Le sel était déjà une monnaie d'échange en Chine dès l'an mille, et le mot salaire a la même étymologie que le sel.

Le sel a de nombreux intérêts, il permet de conserver certains aliments, de donner une saveur particulière, de rehausser les couleurs, il entre aussi en jeu dans les systèmes de régulation du corps humains. C'est pourquoi, le sel est utilisé dans les industries agroalimentaires non pas comme additif mais plutôt comme auxiliaire technologique bien que ses particularités soient proches de celles des additifs.

Tout d'abord, le sel est une molécule courante qui se rencontre dans les eaux, la terre. Il est produit en grande quantité pour différentes utilisations.

Il est important de savoir quel sont les réels effets du sel dans les aliments et son utilisation pour les industriels de l'alimentaire.

Ensuite quels sont les effets de la consommation en sel sur l'organisme, qu'ils soient bénéfiques ou non. Car une trop forte consommation en sel peut influencer sur l'apparition de maladies aux origines multiples.

Afin de limiter les consommations en sel, l'AFSSA (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments) a émit des recommandations pour en diminuer la consommation, elles touchent principalement les industries agroalimentaires car 85 % du sel consommé provient des aliments donc savoir comment réduire l'apport de sel dans les aliments est essentiel.

La présente étude vise à quantifier l'impact de la diminution du sodium sur les différentes propriétés fonctionnelles et organoleptiques du fromage de type molle camembert.

Notre travail consiste à étudier l'impact de la réduction du taux de NaCl sur quelques propriétés physicochimiques, microbiologiques et organoleptiques du fromage à pâte molle type camembert.

Chapitre 1 : présentation de l'unité de Sidi Saada

1. présentation de l'unité d'étude

1.1. Complexe laitier de SIDI SAADA

Elle a été conçue pour la fabrication de produits upérisés de longue conservation (lait, yaourt, fromage fondu, fromage frais, leben thermisé) et des fromages à pâtes molles type « camembert ». Or après le départ du constructeur français, certains ateliers n'ont pas pu être mis en service.

C'est pour cela que le nouveau propriétaire s'est attelle à la mise à niveau et à la rénovation des équipements pour la mise en exploitation de la totalité des capacités existantes.

L'introduction de nouveaux produits (fromage frais type LAIBNI) par l'installation de nouvel atelier de fabrication.

1.1.1 Identification

Forme juridique : laiterie de SIDI SAADA est une société par action au capital social (SPA) de 1 114 800 000 DA doté d'un directeur général et un président du conseil d'administration.

2. Situation géographique

Le siège social et l'usine de production sont situés dans la commune de SIDI SAADA, Daira de YELLEL (Wilaya de Relizane).

3. Historique

Le tableau N°1 ci-dessous résume les principales dates de création et de mise en service du complexe laitier de SIDI SAADA

1987	Lancement du projet Maitre de l'ouvrage : l'office régional du lait (Orolait) Constructeur : ALFALAVAL France
1993	Mise en exploitation de l'usine
1997	Passage sous la tutelle du GIPLAT après dissolution des offices régionaux (octobre)
2001	Changement de statuts en filiale de groupe Giplait (avril)
2007	Cession de la totalité des actions de l'EPE laiterie fromagerie SIDI SAADA a la SARL PRODUITS LAITIERS TREFLE

4. Statut de l'entreprise

Unité Orolait de 1993 au 31/02/1997.

Unité Orlac de 01/11/1997. Au 31/12/1997.

Unité Giplait de 01/10/1998 au 31/03/2001.

Filiale GIPLAIT à partir du 01/04/2004.

Laiterie SIDII SAADA SPA à partir de 01/01/2007

5. Infrastructures

Le complexe laitier de Sidi Saada s'étale sur une surface totale de 98000 m² dont 23000 m² en bâtis composés de :

- Un atelier abritant les ateliers de process et de réception de lait de ferme
- Un atelier de fabrication des pâtes molles
- Deux bâtiments abritant les magasins de matières premières et matières consommables
- Des locaux techniques abritant les équipements d'énergie et des utilités, transformateurs, groupes électrogènes de secours, onduleurs, chaudières, compresseur et équipements de froid
- Un bloc administratif
- Un laboratoire d'autocontrôle
- Une station d'épuration des eaux du rejet industriel
- Unie cité de trente logements
- Un parc d'équipements de production comprenant notamment :
 - Les différents équipements de fabrication et du process de pasteurisation, homogénéisateurs, stérilisateurs, séparateurs, hydrolock, réchauffeurs, refroidisseurs
 - Les équipements des utilités pour la production des énergies.
 - Les équipements de conditionnement en pots pour les yaourts, les pâtes fraîches et bouteilles pour les laits de longue conservation
 - Les équipements de stockage (les différents tanks)
 - Les équipements de transport et manutention.

6. Produits fabriqués

La laiterie est conçue pour la fabrication et la commercialisation des laits de consommation et des produits laitiers (Tableau N°1).

Tableau N°2 : Produits fabriqués à l'unité de Sidi Saada

Désignation	Production / jour	Observation
Camembert (pâte molle)	26000 pièces	Opérationnel
Lait pasteurisé	17000 litres	Opérationnel
Beurre	600 l	Opérationnel
Saint- Paulin	147 pièces	Arrêt
Fromage « LAIBNI »	2 tonnes	Opérationnel

7. capacités et conditions de stockage de l'entreprise

Le stockage est réalisé dans des chambres froides réglées à température de 4 à 6°C et dans la capacité est d'environ 363 m³

8. Description de l'atelier de fabrication de la pâte molle type camembert

L'atelier de la fabrication du fromage à pâte molle type camembert de l'unité de Sidi Saada comporte plusieurs salles dont :

8.1 Salle de maturation

Où se passent les premières étapes de fabrication du camembert qui sont la prématuration et la maturation, cette dernière est réalisée dans des tanks de 5000l par addition de ferments lactique (thermophiles / mésophile).

8.2 Une grande salle

Dont la température est maintenue 26°C, où s'effectue les différentes étapes de fabrication à savoir :

Emprésurage, coagulation, tranchage, soutirage, moulage, égouttage, démoulage.

8.3. Salle de salage

Consiste à immerger les caillés dans un grand bassin de la saumure afin de compléter l'égouttage et faciliter la formation de la croûte des fromages

8.4. Salle de ressuyage

Dont la température est réglée 12°C et dont l'humidité est de 85%

8.5. Une grande salle d'affinage

Consiste de trois chambres conditionnées à température de 11°C et une humidité 90 à 95%

8.6 Salle de conditionnement

Où le fromage est conditionné dans des papiers cellulosique et emballé dans des boites en carton manuellement.

I.1. Définition :

Le lait est 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 doit pas contenir de colostrum (**définition du premier congrès international pour la répression des fraudes alimentaires tenu à Genève en 1980**).

Le lait est le produit de sécrétion des glandes mammaires des mammifères, comme la vache, la chèvre et la brebis, destiné à l'alimentation du jeune animal naissant (Vignola, 2002). Le dictionnaire de terminologie de la F.I.L (Fédération International de Laiterie) le défini comme un produit de la sécrétion mammaire normale, obtenue par une ou plusieurs traites, sans aucune addition ou soustraction (Luquet, 1986).

Il n'est pas possible de donner une définition plus précise du lait et en particulier d'en donner une formule chimique, car comme tous les produits de sécrétion biologique, ses constituants sont quantitativement et qualitativement variables (Casalis, 1979).

I.2. Composition du lait de vache :

Le lait est un mélange de substances définies : lactose, glycérides, acides gras, caséines, albumines, sels etc.... (Alais, 1984). (Leseur *et al.*, 1985) définissent le lait comme étant le produit 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.

Du point de vue physique, le lait constitue un système complexe de particules dans une phase aqueuse dispersante. Ces particules sont responsables de la «consistance» de l'opalescence et de la teinte blanche du lait (Cheftel *et al.*, 1977).

Le lait est donc un milieu aqueux caractérisé par 3 phases : une émulsion de globules gras dans un liquide qui est lui même une suspension de matières protéiques dans un sérum (FAO, 1995). Le lactosérum est une solution neutre qui contient principalement du lactose et de sodium (Mahaut *et al.*, 2000)

I.2.1. Principaux constituants du lait :

I.2.1.1 L'eau :

L'eau représente 81 à 87% du volume du lait, les autres éléments constituent la matière sèche totale ou extrait sec et représentent de 125 à 130 g litre de lait. L'extrait sec dégraissé correspond à l'ensemble des composants de la matière sèche à l'exception des matières grasses.

L'eau du lait se trouve sous deux formes : l'eau libre (96% de la totalité) et l'eau liée (4%) à la matière sèche.

L'eau libre par sa mobilité est très réactive, elle autorise l'état de solution du lactose et d'une partie des minéraux et rend le milieu très favorable au développement des microorganismes.

L'eau liée est fortement associée aux protéines, à la membrane des globules gras et à certains sels minéraux ; elle n'est pas affectée par les procédés classiques de transformation et n'intervient pas dans les réactions chimiques, physiques et enzymatiques (Carole L. Vignola, 2002).

I.2.1.2. Les glucides :

Dans le lait, les glucides sont représentés essentiellement par le lactose ou galactosido 1-4 glucose qui est synthétisé dans la glande mammaire. C'est un disaccharide à saveur relativement peu sucré, peu soluble qui possède un groupement réducteur. Le lactose joue un rôle important dans les produits laitiers en tant que substrat de fermentation des bactéries lactiques qui transforment ses hexoses en acides lactiques (Cheftel *et al.*, 1977). Du point de vue physique on distingue :

- les glucides neutres : lactoses et polyosides contenant du lactose et du glucose.

- les glucides azotés : glucosamine -N-acétylée et galactosémine N -acétylée ; ils sont toujours liés à des glucides neutres-

- les glucides acides: ils sont toujours liés à des glucides neutres ou azotés (Alais, 1984).

I.2.1.3. Les lipides :

Le lait de vache contient environ 35 g/l de lipide (Cheftel *et al.*, 1977). Les lipides constituent l'essentiel de la matière grasse du lait (supérieure à 98%), le reste est constitué de lipides polaires et de substances lipoïdiques.

Dans la phase lipidique du lait on trouve trois sortes de substances :

- les lipides neutres (matière grasse proprement dite) constitués de glycérides; dans le lait de vache cette partie occupe environ 98% de l'ensemble

- les lipides polaires : ce sont les phospholipidiques de nature complexe ; ils forment environ 1% de l'ensemble,

- les substances lipoïdiques ou « insaponifiables », insolubles dans l'eau, elles occupent moins de 1% de l'ensemble (Alais, 1984).

Les phospholipidiques ont un rôle de constituant de globules gras de stabilisant de l'émulsion et forment trois groupes principaux : Lécithines, Céphalines et Sphingomyélines (FAQ, 1995).

Les stérols sont présents à l'état libre (supérieur à 80%) ou estérifiés par des acides gras.

Ils représentent 0,3 à 0,4% de la matière grasse totale du lait dont le cholestérol en est le constituant majeur : 75 mg/l (Cheftel *et al*, 1977).

I.2.1.4. Les protéines :

Les caséines représentent 80% des protéines du lait de vache ; le reste est constitué de β -lactoglobuline (10%) d' α -lactalbumine (2%) et de petites quantités d'un grand nombre de protéines diverses : enzymes immunoglobulines (Cheftel *et al*, 1977).

La caséine comprend environ 50% d' α -caséine, 30% de β -caséine, 15% de K caséine et 5% de λ -caséine. La β - lactoglobuline est abondante dans le lactosérum du lait de vache à 2 à 3 g/l mais quasiment absente dans le lait humain (Cheftel *et al*, 1977).

I.2.1.5. Les matières minérales :

Elles sont représentées principalement par des citrates, les chlorures et les phosphates. Dans le lait, toutes les matières minérales ne sont pas en solution. Une partie d'entre elles est associée aux protéines. Ces deux formes sont dans un état d'équilibre qui contribue à la stabilisation des micelles de caséine.

I.2.1.6. Les vitamines :

Tableau 1 : présente les teneurs en vitamines du lait de vache (mg/l)

Vitamines	Moyennes
Vitamines hydrosolubles	
B1 (thiamine)	042
B2 (riboflavine)	172
B6 (pyridoxine)	048
B12 (cobalamine)	045
Acide ascorbique	092
Acide folique	053
Acide pantothénique	36
Inositol	160
<u>Biotine</u>	036
Choline	170
C (acide ascorbique)	8
Vitamines liposolubles	
A	37
Carotène	021
D (cholécalférol)	0008
E (tocophérol)	11
K	03

(Alais, 1985)

I.2.2. Les constituants à activités biologiques du lait :

Le lait contient de nombreuses enzymes ; certaines se trouvent concentrées dans la couche de surface des globules gras (réductase, phosphatase), d'autres précipitent avec la caséine à pH 4,6 : protéase, catalase, lipase... (Alais, 1984). Les lipases sont responsables du rancissement tandis que la lactoperoxydase possède une activité bactéricide (FAO, 1995). Selon Alais (1984) le lait contient environ 0,07 g de peroxydase par litre soit 0,2% du total protéique.

La lactoperoxydase augmente la durée de conservation du lait frais.

Les hormones présentes dans le lait sont : oestrogène, prolactine, corticostéroïde et prostaglandine (FAO, 1995). Les acides organiques sont : acide citrique (1,7 g/l) point de départ des substances aromatisantes ; l'acide neuraminique qui assure une part de la stabilité de la caséine (FAO, 1995).

I.3. Caractéristiques physico-chimique du lait :

Les principales propriétés physico-chimiques utilisées dans l'industrie laitière sont la masse volumique et la densité, le point de congélation, le point d'ébullition et l'acidité (AMIOT *et al*, 2002).

I.3.1. Masse volumique :

Selon POINTURIER(2003), la masse volumique d'un liquide est définie par le quotient de la masse d'une certaine quantité de ce liquide divisée par son volume. Elle est habituellement notée ρ et s'exprime en Kg.m^{-3} dans le système métrique. Comme la masse volumique dépend étroitement de la température, il est nécessaire de préciser à quelle température (T) elle est déterminée .

La masse volumique du lait entier à 20°C et en moyenne de 1030 Kg.m^{-3}

I.3.2. La densité :

La densité d'un liquide est une grandeur sans dimension qui désigne le rapport entre la masse d'un volume donné du liquide considéré et la masse du même volume d'eau on a : $d_{T1/T2} =$

Comme la masse volumique de l'eau à 4°C est pratiquement égale à 1000 Kg.m^{-3} , la densité du lait à 20°C par rapport à l'eau à 4°C est d'environ 1.030 ($d_{20/4}$). Il convient de signaler que le terme anglais «density» prête à confusion puisqu'il désigne la masse volumique et non la densité (POINTURIER, 2003).

I.3.3. Point de congélation :

(NEVILLE et JENSEN, 1995) ont pu montrer que le point de congélation du lait est légèrement inférieur à celui de l'eau pure puisque la présence de solides

solubilisés abaisse le point de congélation. Cette propriété physique est mesurée pour déterminer s'il y a addition d'eau au lait.

Sa valeur moyenne se situe entre - 0.54 et - 0.55°C, celle-ci est également la température de congélation du sérum sanguin. De légères fluctuations dues aux saisons peuvent être constatées.

Le mouillage élève le point de congélation vers 0°C, puisque le nombre de molécules, autres que celles d'eau, et d'ions par litre diminue. D'une manière générale tous les traitements du lait ou les modifications de sa composition qui font varier leurs quantités entraînent un changement du point de congélation (MATHIEU, 1999).

I.3.4. Point d'ébullition :

D'après (AMIOT *et al*, 2002), on définit le point d'ébullition comme la température atteinte lorsque la pression de vapeur de la substance ou de la solution est égale à la pression appliquée. Ainsi comme pour le point de congélation, le point d'ébullition subit l'influence de la présence des solides solubilisés. Il est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, soit 100.5°C.

I.3.5. Acidité du lait :

Selon (JEAN et DIJON, 1993), l'acidité du lait résulte de l'acidité naturelle, due à la caséine, aux groupes phosphate, au dioxyde de carbone et aux acides organiques et de l'acidité développée, due à l'acide lactique formé dans la fermentation lactique.

L'acidité titrable du lait est déterminée par dosage par une solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénolphtaléine. Bien que l'acide lactique ne soit pas le seul acide présent, l'acidité titrable peut être exprimée en grammes d'acide lactique par litre de lait ou en degré Dornic (°D). 1°D = 0.1 g d'acide lactique par litre de lait.

Un lait cru au ramassage doit avoir une acidité ≤ 21 °D. Un lait dont l'acidité est ≥ 27 °D coagule au chauffage ; un lait dont l'acidité est ≥ 70 °D coagule à froid.

I.4. Qualité organoleptique du lait :

I.4.1. La couleur :

Le lait est de couleur blanc mat, qui est due en grande partie à la matière grasse, aux pigments de carotène (la vache transforme le β -carotène en vitamine A qui passe directement dans le lait (FREDOT, 2005).

REUMONT (2009) explique que dans le lait, deux composants, les lipides sous forme de globules de matière grasse et les protéines sous forme de micelles de caséines diffractent la lumière. Ces agrégats dispersent les rayons lumineux sans les absorber et le rayonnement qu'ils renvoient, est identique en composition au rayonnement solaire, à savoir une lumière blanche.

I.4.2. L'odeur :

Selon VIERLING (2003), l'odeur caractéristique du lait provient du fait que la matière grasse qu'il contient fixe des odeurs animales. Elles sont liées à l'ambiance de la traite, à l'alimentation (les fourrages à base d'ensilage favorisent la flore butyrique, le lait prend alors une forte odeur), à la conservation (l'acidification du lait à l'aide de l'acide lactique lui donne une odeur aigrelette).

I.4.3. La saveur :

La saveur du lait normal frais est agréable. Celle du lait acidifié est fraîche et un peu piquante. Les laits chauffés (pasteurisés, bouillis ou stérilisés) ont un goût légèrement différent de celui du lait cru. Les laits de rétention et de mammites ont une saveur salée plus ou moins accentuée. Il en est parfois de même du colostrum. L'alimentation des vaches laitières à l'aide de certaines plantes de fourrages ensilés, etc. peut transmettre au lait des saveurs anormales en particulier un goût amer. La saveur amère peut aussi apparaître dans le lait par suite de la pullulation de certains germes d'origine extra-mammaire (THIEULIN et VUILLAUME, 1967).

I.4.4. La viscosité :

RHEOTEST (2010) a montré que la viscosité du lait est une propriété complexe qui est particulièrement affectée par les particules colloïdes émulsifiées et

dissoutes. La teneur en graisse et en caséine possède l'influence la plus importante sur la viscosité du lait. La viscosité dépend également de paramètres technologiques.

La viscosité est une caractéristique importante de la qualité du lait, étant donné qu'une relation intime existe entre les propriétés rhéologiques et la perception de la qualité par le consommateur. Ainsi, un consommateur d'Europe centrale évalue de manière très positive le lait concentré à forte consistance (filandreux). Il associe la teneur élevée des composants du lait à la viscosité élevée.

I.5. Qualité microbiologique du lait

Le lait contient un nombre variable de cellules ; celles-ci correspondent à la fois à des constituants normaux comme les globules blancs, mais également à des éléments d'origine exogène que sont la plupart des micro-organismes contaminants (Gripon *et al*, 1975).

De très nombreuses variétés de micro-organismes peuvent contaminer le lait : bactéries, moisissures, levures. L'importance et la nature des contaminants dépendent de l'état sanitaire de l'animal, mais également des conditions hygiéniques observées lors de la traite, de la collecte et de la température de conservation du lait. Un lait est considéré comme peu contaminé s'il renferme quelques centaines à quelques milliers de germes par millilitre, un lait fortement pollué peut en contenir plusieurs centaines de milliers à plusieurs millions par ml. Dans cette microflore contaminante, les bactéries sont dominantes et conditionnent le plus directement la qualité hygiénique ainsi que l'aptitude à la conservation et à la transformation de la matière première (Gripon J. C et al, 1982).

I.5.1. Bactéries :

Les bactéries sont des micro-organismes unicellulaires dont les dimensions sont de l'ordre de 0,5 à 1,5 micromètre (u). Leur forme peut être oblongue (Bacilles), Sphérique (Cocci) ou incurvée (Spirilles) ; certaines sont mobiles grâce à des flagelles, mais la plupart sont inertes. Les bactéries sont très largement répandues dans la nature, on les rencontre particulièrement dans le sol, l'eau, l'air et sur les êtres vivants.

Les bactéries, comme tous les êtres vivants, ont des besoins en énergie pour couvrir leur croissance. Les nutriments indispensables (azote, carbone, oxygène, minéraux, vitamine) existent tous dans le lait ; le lait et la plupart des produits laitiers sont donc des milieux très favorables à leur prolifération rapide. Le développement bactérien s'accompagne de transformations variées du substrat dépendant en particulier de l'activité métabolique propre à la flore dominante; les principales catégories de bactéries sont les suivantes :

I.5.1.1. Bactéries acidifiantes :

L'acidification lactique est caractéristique du lait et des produits laitiers ; le processus se développe naturellement dans le lait cru sous l'influence des bactéries lactiques contaminant le lait et est exploité dans la fabrication des produits laitiers fermiers; Il intervient également par ensemencement dirigé dans les transformations industrielles.

La principale conséquence de l'acidification est un accroissement de la teneur en acide lactique du milieu consécutif à la fermentation du lactose. La quantité d'acide formé peut être mesurée facilement par titrimétrie en le neutralisant par de la soude; la concentration mesurée s'exprime en pourcentage d'acide lactique ou par rapport à des échelles structurées particulières comme l'échelle Dornic. Dans ce système, l'acidité du lait frais est de 16° D, toute acidification ultérieure accroît cette valeur de un degré Dornic chaque fois que la teneur en acide lactique augmente de un décigramme par litre.

Lorsque le développement de l'acidification est suffisant, le milieu acquiert une protection vis-à-vis d'autres bactéries d'altération du lait dont les bactéries productrice de gaz et les bactéries protéolytiques. De ce fait, le principe de l'acidification est largement exploité dans les procédés de conservation des aliments et en particulier pour les fromages et les laits fermentés (Lenoir J., 1963).

I.5.1.2. Bactéries productrices de gaz :

Ces bactéries, qui ne correspondent pas à un groupe taxonomique homogène, ont la propriété de transformer le lactose ou ses dérivés en métabolites variés et notamment en composés gazeux. Les bactéries coliformes et les bactéries butyriques sont les plus représentées dans le lait, elles sont responsables de gonflements

accidentels, générateurs de saveurs et de textures indésirables (Lambert et Menassa,1983).

I.5.1.3. Bactéries protéolytiques :

Ces bactéries dégradent les protéines et induisent souvent le développement de saveurs défectueuses (goûts fécaux - goûts amers) lorsque la contamination est massive et la prolifération n'est pas contrôlée. A concentration faible et/ou lorsque le développement est maîtrisé, les bactéries protéolytiques contribuent de manière non négligeable à la protéolyse des fromages lors de l'affinage (Ramet J.P,1984).

I.5.1.4. Bactéries Lipolytiques :

Ces bactéries transforment les matières grasses du lait et provoquent directement, ou indirectement, l'apparition de goûts et d'odeurs désagréables : saveurs rances, oxydées, etc. Elles se rencontrent en particulier dans les laits stockés pendant une longue période à basse température (Eck A et Gillis J.C ,1998).

I.5.2. Levures et moisissures :

Levures et moisissures sont des contaminants habituels du lait et des produits laitiers; toutefois leur caractère fortement' aérobic limite leurs proliférations aux interfaces des substrats avec l'atmosphère. Le développement équilibré de levures et de moisissures,ensemencées de manières naturelles et/ou dirigées sur de nombreux types de fromages, contribue efficacement par leurs activités enzymatiques élevées et variées à la protéolyse et à la lipolyse de la pâte au cours de l'affinage (Eck A et Gillis J.C ,1998).

III.1. Définition de fromage

Le fromage est un aliment obtenu à partir de lait coagulé ou de produits laitiers, comme la crème, puis d'un égouttage suivi ou non de fermentation et éventuellement d'affinage.

(fromages affinés). Le fromage est fabriqué à partir de lait de vache principalement, mais aussi de brebis, de chèvre, de bufflonne ou d'autres mammifères. Le lait est acidifié, généralement à l'aide d'une culture bactérienne. Une enzyme, la présure, ou un substitut comme de l'acide acétique ou du vinaigre, est ensuite adjointe afin de provoquer la coagulation et former le lait caillé et le petit-lait. Certains fromages comportent de la moisissure, sur la croûte externe et/ou à l'intérieur, et même des larves vivantes dans certaines régions (David B. Fankhauser, 2007)

Une autre définition a été adoptée par la convention de Stresa :

Le mot fromage est réservé au produit fermenté ou non, obtenu par égouttage après coagulation du lait, de la crème, du lait partiellement ou totalement écrémé, ou de leur mélange, ainsi qu'au produit obtenu par concentration partielle du lactosérum ou du babeurre, à l'exclusion, dans tous les cas, de toute addition de matière grasse étrangère du lait. (JEAN-LUC EVETTE, 1975)

Le code de principe FAO/OMS (Norme A-6/1978 modifiée en 1990) définit également le fromage d'une manière assez proche de celle de la convention de Stresa :

Le fromage est le produit frais ou affiné, solide ou semi- solide obtenu : - par coagulation du lait, lait écrémé, lait partiellement écrémé, seul ou en combinaison, grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation. (JEAN-LUC EVETTE, 1975)

La définition générale fait état de la coagulation du lait et de l'égouttage de ce coagulum, le caillé. La variété des moyens employés pour la fabrication et l'affinage permet de classer les produits obtenus en un certain nombre de types. (JEAN-LUC EVETTE, 1975)

III.2. Classification des fromages

La majorité des fromages ont une croûte, c'est-à-dire une couche protectrice extérieure qui se forme naturellement. On classe donc généralement les fromages en fonction des propriétés de leur pâte. On identifie cinq grandes catégories :

III.2.1. Pâte molle

Les fromages à pâte molle sont des fromages dont la pâte n'est ni pressée ni cuite.

Leur texture est crémeuse, onctueuse et fondante parce que leur taux d'humidité varie entre 50 % et 60 % et qu'ils contiennent habituellement entre 20 % et 26 % de matières grasses. Ce pourcentage est plus élevé dans le cas des fromages de type double crème ou triple crème, qui sont fabriqués avec du lait additionné de crème. (André Eck et Jean-Claude Gillis, 2006)

Les fromages à pâte molle se divisent en deux catégories :

III.2.1.1 Pâtes molles à croûte fleurie

Ce sont les fromages de type Camembert d'ici ou Brie d'ici, au goût délicat. Ils sont fabriqués en laissant le lait caillé s'égoutter dans des moules pendant quelques heures avant de le saler.

Puis, onensemence habituellement sa surface extérieure avec un champignon (le *penicillium candidum*) qui donne au fromage sa croûte blanche et duveteuse caractéristique appelée

« fleur ». Le fromage est ensuite mis en affinage pour une période d'environ un mois au cours de laquelle la texture et la couleur de la pâte deviendront de plus en plus uniformes. (André Eck et Jean-Claude Gillis, 2006)

III.2.1. 2 Pâtes molles à croûte lavée

On trouve dans cette catégorie des fromages comme l'Empereur et le Champlain. Le principe de fabrication est semblable sauf que le lait caillé est découpé avant d'être moulé, ce qui permet un meilleur égouttage. Résultat : une pâte plus compacte, mais encore moelleuse. Le fromage passe de deux à quatre mois en affinage. Il est lavé et brossé à plusieurs reprises avec une saumure à laquelle on ajoute parfois un alcool. Le terme « croûte mixte » désigne un fromage qu'on a lavé en début d'affinage pour ensuite laisser travailler les flores microbiennes de la salle d'affinage. (André Eck et Jean-Claude Gillis, 2006)

III.2.2 Pâte semi-ferme

Avec un taux d'humidité de 45 % à 50 %, ces fromages présentent une pâte plus ferme et plus compacte qu'on obtient en pressant mécaniquement le lait caillé pour en extraire davantage de petit-lait (lactosérum). (André Eck et Jean-Claude Gillis, 2006)

Dans certains cas, pour intensifier l'égouttage, on chauffe légèrement la pâte. Cette catégorie comprend une très vaste gamme de fromages, qui varient énormément par la méthode de fabrication ainsi que par le mode et la durée de l'affinage. (André Eck et Jean-Claude Gillis, 2006)

En gros, on distingue ces deux pâtes semi-fermes :

III.2.2.1 Pâte semi-ferme affinée dans la masse

Pour obtenir cette texture appétissante, on divise d'abord la pâte et on l'égoutte grâce à une forte pression mécanique. Ensuite, la pâte est chauffée pour en réduire l'humidité. Puis, le fromage est affiné dans la masse, c'est-à-dire que le processus de maturation de la pâte s'amorce au centre pour se terminer en bordure. Certains fromages de cette catégorie développent une croûte relativement ferme qui est lavée ou brossée périodiquement. D'autres sont recouverts d'une légère pellicule protectrice de plastique ou de paraffine. (André Eck et Jean-Claude Gillis, 2006)

III.2.2.2 Pâte semi-ferme affinée en surface

Après avoir été pressée mécaniquement, la pâte de ces fromages est affinée en surface, c'est-à-dire que le processus de maturation progresse de l'extérieur vers l'intérieur du fromage. Cette opération délicate s'effectue en chambre froide, où les fromages sont retournés et lavés périodiquement à l'aide d'une solution d'eau salée. (André Eck et Jean-Claude Gillis, 2006)

III.2.2.3. Pâte ferme

Ici, la pâte est égouttée et pressée pour en retirer le plus de petit-lait (lactosérum) possible avant d'être cuite ou semi-cuite. Le taux d'humidité se situe entre 35 et 45 %. Quelques fromages à pâte ferme (comme les fromages en grains, le Cheddar frais ou le Brick) ne subissent pas d'affinage, ce qui explique leur goût peu développé. Les autres sont affinés dans la masse durant trois à six mois. Il se crée à l'intérieur de certains de ces fromages des « yeux » dus à la formation de gaz avant le raffermissement de la pâte. (André Eck et Jean-Claude Gillis, 2006)

III.2.2.4. Pâte persillée

Les fromages à pâte persillée sont plus communément appelés « bleus » à cause des veines bleuâtres ou verdâtres qui sillonnent la pâte.

Leur fabrication est semblable à celle des pâtes molles ou demi-fermes non cuites, sauf sur un point important : on incorpore au lait caillé un champignon (le *penicillium glaucum roqueforti* ou le *penicillium candidum*) pour permettre le développement de moisissures dans la pâte.

L'affinage, qui dure plusieurs mois, se fait en milieu humide. Afin de faciliter la circulation de l'air dans la pâte et de favoriser le développement des veines de moisissures, on transperce les meules avec de longues aiguilles. (André Eck et Jean-Claude Gillis, 2006)

III.2.2.5 Pâte fraîche

Cette pâte s'obtient simplement par le lait laissé à l'air libre qui caille spontanément. Le caillé est ensuite déposé dans un petit panier troué, la « faisselle », d'où s'égoutte le lactosérum, ce qui donne la forme finale. L'ajout de ferments acidifie le lait et le transforme en un caillé ferme, friable, perméable et fragile. Les fromages frais ont un taux d'humidité supérieur à 60 %; leur pâte, plus ou moins dense, varie de liquide à onctueuse en passant par soyeuse. Ces fromages se consomment rapidement après leur fabrication. Les cheddars frais et le ricotta font partie de cette catégorie de pâte. (André Eck et Jean-Claude Gillis, 2006)

III.3. Valeur nutritionnelle

Les fromages sont fabriqués à partir de matières premières d'origine laitière. À partir du lait, élément de base, les fromages vont être caillés, égouttés, pressés,ensemencés...

Les fromages ont des valeurs nutritionnelles spécifiques dépendant de leur processus de fabrication.

III.3.1. Le fromage a-t-il la même valeur nutritionnelle que le lait ?

- Au cours des différentes étapes de fabrication des fromages, la quasi-totalité du lactose disparaît, car il est éliminé avec le lactosérum lors de l'égouttage et/ou transformé en acide lactique (par le caillage ou l'affinage). (Yolande Noël, G. Mazerolles, R. Grappin, 2000)
- La teneur en lactose des fromages est donc réduite dans les fromages à pâte fraîche ou les fondus, et à l'état de traces dans les fromages à pâtes molles et pressées.
 - L'affinage concentre les macronutriments et micronutriments du lait. En effet, durant l'étape d'affinage, la teneur en eau diminue et les différents nutriments du fromage sont de ce fait concentrés.

Tous les fromages n'utilisent pas les mêmes procédés de fabrication, c'est pourquoi ils n'ont pas les mêmes valeurs nutritionnelles. Les teneurs en protéines, calcium, lipides et sel sont particulièrement variables.

III.3.2 Les apports nutritionnels et énergétiques des fromages

Le fromage est connu pour être une source importante de calcium. Il apporte aussi des vitamines, des minéraux, des oligoéléments, des protéines de bonne qualité nutritionnelle, selon les types de fromages, les teneurs en calcium, mais aussi en lipides varient.

- une part de camembert permet de couvrir 15 % des apports nutritionnels conseillés en calcium et 13 % en protéine ;
- une part d'emmental permet de couvrir 35 % des apports nutritionnels conseillés en calcium et 16 % en protéines ;
- une part de bûche de chèvre permet de couvrir 4 % des apports nutritionnels conseillés en calcium et 11 % en protéines ;
- une part de fromage bleu permet de couvrir 20 % des apports nutritionnels conseillés en calcium et 12 % en protéines. (Yolande Noël, G. Mazerolles, R. Grappin, 2000)

III.3.2.1. Teneur de calcium en fromage

Les fromages constituent une excellente source de calcium. C'est même le premier contributeur en calcium dans l'alimentation des adultes. Leur teneur en calcium varie en fonction de la teneur en eau (humidité) et du mode de fabrication.

Les procédés influençant la teneur en calcium sont :

- **le caillage** : le caillé présuré est plus riche en calcium que le caillé obtenu par fermentation lactique ;
- **l'égouttage** : plus l'égouttage du caillé est lent, plus la teneur en calcium est basse. (Yolande Noël, G. Mazerolles, R. Grappin, 2000)

Tableau : 04 Exemples de teneur en calcium en fonction du procédé de fabrication

Fromages	Exemples	Teneur en calcium mg pour 100 g	Procédé expliquant la teneur
Pâte molle à croûte fleurie	Camembert, brie	450 à 500	Égouttage lent
Pâte molle à croûte lavée	Munster, livarot	300 à 600	Égouttage lent
Pâte persillée	Fourme d'Ambert, roquefort	600	Égouttage rapide
Pâte pressée non cuite	Édam, gouda	700 à 800	Égouttage rapide
Pâte pressée cuite	Comté, emmental	900 à 1000	Égouttage rapide
Fromage fondu	Crème de gruyère, cancoillotte	200 à 600	Addition de lait
Fromage frais		100	Caillage lactique

III.3.2.2. Teneur en protéine des fromages

Le taux de protéines diffère d'un fromage à un autre en fonction du procédé de fabrication. Il dépend notamment de la durée de l'affinage. Plus l'affinage est long, plus la teneur en eau diminue et la concentration des différents nutriments du fromage (dont les protéines) est augmentée.

Les fromages les plus riches en protéines sont les pâtes pressées cuites (emmental) et les pâtes molles (camembert). (Yolande Noël, G. Mazerolles, R. Grappin, 2000)

Tableau : 05 Exemples de teneur en protéines en fonction du type de fromage

	Camembert	Emmental	Fromage à pâte persillée	Chèvre	Fromage frais	Fromage fondu
Protéines (g/100 g)	23	29,4	19,9	19,3	7,8	12,4 ⁽¹⁾

Les protéines du fromage – de haute valeur biologique – sont parfaitement assimilables. En effet, elles contiennent l'ensemble des acides aminés essentiels (acides aminés que

l'organisme ne peut synthétiser et qui doivent être apportés par l'alimentation) d'une part ; et d'autre part leur coefficient de digestibilité est élevé (proche de 95 %). Elles contribuent ainsi aux apports en acides aminés essentiels quotidiens. (Yolande Noël, G. Mazerolles, R. Grappin, 2000)

III.3.2.3. Teneur en lipide des fromages

Les lipides donnent au fromage toute son onctuosité et participent aussi à la formation des arômes.

Tous les fromages n'ont pas la même teneur en matière grasse. Elle dépend, comme les teneurs en calcium et protéines, des procédés de fabrication. Les pâtes pressées sont les fromages les plus riches en lipides. (Yolande Noël, G. Mazerolles, R. Grappin, 2000)

Tableau : 06 Exemples de teneur en lipides en fonction du type de fromage

	Camembert	Emmental	Fromage à pâte persillée	Chèvre	Fromage frais	Fromage fondu (45-50% MG)
Lipides (g/100 g)	20	28,6	29,7	24,2	3,18	22,4

III.3.2.4. Teneur en minéraux et en oligo-éléments des fromages

Les fromages ont une teneur élevée en minéraux et oligo-éléments :

- **calcium** : 500 mg pour 100 g en moyenne. Moins de 100 mg/100 g pour les fromages frais à plus de 1000 mg/100 g pour certains fromages à pâte cuite . Le calcium des fromages est particulièrement bien absorbé et biodisponible ;
- **zinc** (2 à 10 mg pour 100 g) : il permet à notre système antioxydant de neutraliser les radicaux libres produits en permanence par l'environnement (polluants, tabac, exposition solaire) ;
- **phosphore** : les teneurs en phosphore suivent généralement celles du calcium, dans un rapport calcium/phosphore d'environ 1,4 (identique à celui du lait), favorable à l'utilisation du calcium ;
- **potassium** : il exerce un rôle physiologique important dans la plupart des fonctions de l'organisme (cardiaque, rénale, musculaire...) ;

- **sodium** : les teneurs varient entre 30 et 1600 mg/100 g. Les fromages frais n'apportent que peu de sodium. Le salage est indispensable à la fabrication de tous les fromages affinés pour la formation de la croûte, le goût, le maintien de l'humidité et la sécurité alimentaire (contrôle du développement bactérien). (Yolande Noël, G. Mazerolles, R. Grappin, 2000)

III.3.2.5. Teneurs en vitamines des fromages

Les fromages ont une teneur intéressante en vitamines (A, B2, B9, B12...). La teneur en vitamines du groupe B varie d'un fromage à l'autre. Elle résulte de deux facteurs opposés : la perte consécutive à l'égouttage et l'enrichissement consécutif à l'affinage (via les ferments). La plupart des fromages apporte des quantités intéressantes de folates (vitamine B9). Les fromages ont également des teneurs intéressantes en rétinol (vitamine A). Les fromages sont les 1^{ers} contributeurs des apports en B2 et les 4^{èmes} contributeurs des apports en B9 chez les adultes. (Yolande Noël, G. Mazerolles, R. Grappin, 2000)

III.4. Aspect organoleptique

III.4.1. Propriétés rhéologiques et texturales :

A l'issue d'une étude réalisée sur divers fromages : (DAVIS, 1937), a conclu qu'en général le fromage est un corps viscoplastéoélastique et des différences existent d'un fromage à l'autre. En ce qui concerne la texture, ce sont surtout les paramètres : dureté, fermeté, friabilité, consistance... qui sont évaluées (ECK, 1987).

III.4.2. Aspect et couleur :

Les caractéristiques qui relèvent du sens de la vue pourraient être regroupées sous le terme général d'apparence du fromage qui constitue bien évidemment, une caractéristique importante de l'attrait exercé par le produit. Ainsi aspect et couleur sont avant tout des propriétés sensorielles de l'aliment (ECK, 1987).

III.4.3. Arôme et saveur :

La flaveur des fromages apparaît au cours de l'affinage, à la suite d'une série de mécanismes pour la plupart enzymatiques qui transforment les différents constituants du caillé en composants et / ou sapides (ECK, 1987).

III.5. Fromages à pâtes molle type camembert :

III.5.1. Définition :

Le fromage camembert est une appellation d'origine non protégée et devenue générique qui désigne des fromages industriels à pâte molle à croûte fleurie fabriqués avec des laits de vache mais aussi de chèvre ou de brebis

La définition légale du camembert est la suivante : fromage à caillé non divisé, de 105 à 110 millimètre de diamètre, à pâte non malaxée et légèrement salée, à moisissures superficielles renfermant au moins 40 grammes de matière grasse pour 100 grammes de fromage sec et dont le poids total de matière sèche ne doit pas être inférieur à 110 grammes. (Gérard Roger-Gervais, 2005)

III.5.2 Valeur nutritionnelle

Tableau 07 : Valeur nutritionnelle moyenne du camembert au lait cru

Eau	Energie (Kcal)	Glucide (g)	Lipides (g)	Protéines (g)	Calcium (mg)	Magnésium (mg)	Potassium (mg)	Sodium (mg)	Zinc (mg)	Vitamine A (µg)	Phosphore (mg)	Cuivre (µg)
54,9	278	0,1	21,9	20	235	15	150	802	3,78	246	286	210

(Centre d'information sur la qualité des aliments (CIQUAL), 2008).

III.5.3. Description de la technologie de fabrication du camembert à l'unité de Sidi Saada

III.5.3.1. Réception du lait

Le lait destiné à la fabrication du camembert est un lait cru, frais, récolté dans les localités de la wilaya de Relizane.

III.5.3.2. Standardisation

Elle consiste à la normalisation de la composition du lait en matière grasse, déterminant ainsi la quantité du gras de fromage. Elle s'effectue par l'entremise d'une écrémeuse ou le lait est ramené à 25-26% de matière grasse.

III.5.3.3. Pasteurisation

Elle est réalisée dans le but d'améliorer la qualité microbiologique du lait tout en détruisant les germes pathogènes et en réduisant la charge en germes banaux.

Le barème du traitement thermique utilisé est de 75°C pendant 30 secondes

III.5.3.4. Maturation

Le lait est stocké dans des tanks un niveau du service atelier fromagerie, puis il subit un réchauffage à 37-38°C avec adjonctions d'ingrédients suivants :

- Levains mésophiles 40%
- Levains thermophiles 60%
- Chlorure de calcium 0.08 g/l
- Penicillium super actif, penicillium neige, anti mucor SAM2, Geotricum candidum 17.

III.5.3.5. Coagulation

La présure utilisée est d'origine animale et se présente sous forme d'une poudre jaunâtre (2.5%).

La coagulation a lieu dans des bassines ou le lait arrive à une température de 35 à 36°C avec une acidité de 21 à 22°D.

Une fois l'emprésurage effectué il faut attendre que la floculation se produise pour déterminer le temps de coagulation

- **Temps de prise**

Le temps de prise marque le début de la coagulation détecté par le fromage grâce à une méthode empirique qui consiste à introduire le doigt dans le lait emprésuré et le soulever doucement, s'il y a apparition de petits grumeaux sur le doigt, donc le lait a pris (8 à 10 min).

- **Temps de coagulation**

Il est déterminé en multipliant le temps de prise du lait par trois

III.5.3.6. Tranchage

Le coagulum ainsi formé est alors découpé cubes de 2-2.5 cm à l'aide d'une tranche caillé, le caillé est laissé se reposer dans le sérum pendant 22 minutes pour permettre la remontée du

sérum en effectuant de temps à autre un brassage des grains visant à accélérer l'exsudation du sérum tout en empêchant les grains d'adhérer entre eux et de former ainsi des amas emprisonnant le liquide.

III.5.3.7. moulage-égouttage

Après avoir évacué le lactosérum par soutirage, le caillé subit un moulage qui se fait dans des moules de format < petit modèle >. Pour améliorer l'égouttage du caillé, deux retournements sont effectués.

- Premier retournement : 1 h 30, l'acidité 40°D.
- Deuxième retournement : 3 h, l'acidité 60°D.

L'égouttage est activé durant une nuit dans une salle dont le gradient de température diminue de 18 à 16°C.

III.5.3.8. Salage

Le lendemain, les fromages sont démoulés et placés dans des claies de salage et plongés dans un bain de saumures durant 30 à 40 min.

Caractéristique de la saumure :

- PH : 4.8
- Concentration en sel : 1.8% de NaCl/ 100g de fromage
- Température : 11-12°C

III.5.3.9. Ressuyage

Cette phase constitue un complément d'égouttage, les fromages une fois salés passant au compartiment de ressuyage pendant environ 6 heures dans les conditions d'ambiance suivantes :

- Température : 14 à 15 °C
- Humidité relative : 85 à 87 %

III.5.3.10. Affinage

Les fromages sont placés dans un hâloir durant dix jours dont les conditions d'ambiance réglés à température variable de 11 à 13 °C et d'hygrométrie de 95% et sont ensuite pulvérisés par une suspension de spores lyophilisées de *penicillium candidum*.

Les fromages sont retournés une fois tous les trois jours en vue de permettre une bonne poussée des pénicilliums, c'est à partir du 5^{eme} jour d'affinage que le penicillium commence à envahir la surface de fromages

III.5.3.11. Séchage

A la veille du conditionnement, le fromage affiné passe au compartiment de séchage régler à une température de 10°C et une humidité de 85%

III.5.3.12. Conditionnement

Le lendemain le fromage est prêt pour le conditionnement dans des papiers cellulosiques et des boites en carton

III.5.3.13. Stockage

A la fin, le produit passe à la salle de stockage à une température de 8 °C et une humidité relative de 85 % puis le produit est commercialisé.

Figure n° 01 : diagramme de fabrication du fromage à pâte molle type camembert (Unité fromagerie de Sidi SAADA)

	Réception du lait cru	Acidité : 16-18 °D
	Stockage du lait dans les tanks	T° : 4 à 6°C
	Standardisation	MG : 25 à 26 %
- Levains mésophiles 40% - Levains thermophiles 60 % - Chlorure de calcium 0.08 g/l - Pénicillium super actif, Pénicillium neige, anti mucor SAM2, géotricum condidum 17, levures NVA	Pasteurisation	75°C / 30 sec
	Stockage du lait dans les tanks	T° : 4 à 6°C
	Maturation	.
	Emprésurage	Présure : 2.5% / 100 l
	Coagulation	30 – 40 min
Grain de 2-2.5 cm	Tranchage	.
	Synérèse	
30 à 40 % de sérum	Soutirage	Lactosérum : 13-16 °D
	Moulage	
	Egouttage	Lactosérum : 16-18 °D
1 ^{er} retournement 1h30 après après moulage l'acidité du caillé : 40°D	Les retournements	2 ^{eme} retournement 3h après moulage l'acidité du caillé : 60°D
	Démoulage	1.8% de NaCl/ 100g de de fromage.
	Salage	30 à 40 min
T° : 14 à 15°C HR : 85 à 87 %	Ressuyage	
HR : 90 à 95 %	Affinage	T° : 11 à 13°C
	Séchage	T° : 10à 11°C
	Stockage	

IV.1 Définition

Le sel de table, sel alimentaire ou sel de cuisine, est composé essentiellement de chlorure de sodium. Il se présente sous différentes formes : gros sel (ou sel gros), sel fin, fleur de sel. Le sel de qualité alimentaire est un produit cristallin se composant principalement de chlorure de sodium, provenant de marais salants, de sel gemme ou de saumures provenant de la dissolution de sel gemme (Philippe Meyer, 1982), le sel doit répondre aux normes suivantes :

Chlorure de sodium : pas moins de 97 % de l'extrait sec, non compris les additifs ;

Cuivre : pas plus de 2 mg/kg ;

Plomb : pas plus de 2 mg/kg ;

Arsenic : pas plus de 0,5 mg/kg ;

Cadmium : pas plus de 0,5 mg/kg ;

Mercurure : pas plus de 0,1 mg/kg. (Décret n° 2007-588 du 24 avril 2007)

IV.2 Typologie

IV.2.1. Sel naturel

Le sel naturel n'est pas raffiné et contient encore tous ses minéraux naturels. Les sels naturels ont donc des propriétés gustatives et un aspect différent suivant la quantité de minéraux qu'ils contiennent. Ainsi, la fleur de sel ou le sel de mer récolté à la main ont une saveur unique qui change d'une région à une autre. La fleur de sel ou le sel des marais salants ou le sel gemme non raffinés rentrent dans cette catégorie. Le sel non raffiné de mer est plus sain car plus riche en magnésium (sous forme de chlorure de magnésium) ainsi qu'en oligo-éléments et en fer. (Albin Michel, 2012)

Cependant, les sels naturels peuvent ne pas contenir suffisamment d'iode pour empêcher les maladies dues à des insuffisances d'iode comme le goitre.

IV.2.2. Sel raffiné

Le raffinage permet d'obtenir un sel de la couleur blanche jusqu'ici fréquemment préférée par le consommateur. Il est alors composé de $NaCl$ pratiquement pur (99,9 %), ceci au détriment de ses qualités alimentaires. Le sel du type raffiné reste le plus employé dans l'alimentation. Environ 7 % du sel raffiné est aussi utilisé comme additif, mais la plus grande partie est destinée aux usages industriels

(fabrication du papier, réglage de la teinte des textiles et des tissus, production de savons et détergents). Le sel a une forte valeur marchande.

Aujourd'hui, la majeure partie du sel raffiné est préparée à partir du sel gemme extrait des mines de sel. Après que le sel brut a été remonté des mines, on le raffine pour l'épurer et pour faciliter son stockage. La purification comporte habituellement une phase de recristallisation. Durant cette phase, une solution de saumure est traitée avec des produits chimiques qui précipitent les impuretés (en grande partie des sels de magnésium et de calcium). Des étapes multiples d'évaporation permettent alors de rassembler les cristaux purs de chlorure de sodium, qui sont séchés au four ou en autoclave. (Albin Michel, 2012)

IV.2.2.1. Adjuvants divers, rajout d'iode et fluoration

Des agents anti-agglomérants et de l'iodure de potassium sont généralement ajoutés au moment de la phase de séchage. Ces agents sont des produits chimiques hygroscopiques qui absorbent l'humidité évitant le colmatage des cristaux de sel. Les agents anti-agglomérants utilisés sont le phosphate, les carbonates de calcium ou de magnésium, les sels d'acide gras (sels acides), l'oxyde de magnésium, le bioxyde de silicium, l'aluminosilicate de sodium et le silicate tricalcique d'alumino-calcium.

Depuis quelques années les industriels du secteur enrichissent ou complètent leur sel avec de l'iode et du fluor. L'iode sert à combattre les goitres et à diminuer le crétinisme, le fluor contribue à prémunir des caries en renforçant l'émail. Toutefois, l'excès d'iode et de fluor conduit aussi à de graves maladies. (Albin Michel, 2012)

IV.2.2.2. Sel de table

Le sel de table est un sel raffiné contenant à 95 % ou plus du chlorure de sodium presque pur, souvent iodé et fluoré. Il contient habituellement des substances qui empêchent le colmatage des cristaux (des agents anti-agglomérants) comme le silicoaluminate de sodium (le nom commun est Tixolex) et une quantité infime de sucre inverti pour empêcher le sel de tourner en une couleur jaune une fois exposé à la lumière du soleil, et pour empêcher une perte d'iode par vaporisation.

Le sel de table est principalement utilisé en cuisine et à table comme condiment, souvent associé au poivre. Le sel de table est maintenant employé partout dans le monde. (Albin Michel, 2012)

IV.3. Composition du sel

La molécule dite de sel est constituée de NaCl (40 % de Na (sodium) et 60 % de Cl (chlore) due à sa structure cristalline). Selon la norme adoptée en 1985 par le Codex Alimentarius, le sel de table doit

être constitué de 97 % au minimum de NaCl, le reste étant des molécules parasites récupérées lors de la récolte du sel dans les marais salants (principalement de l'iode et du fluor).

L'iode qui peut être rencontré dans le sel est un composé indispensable à la vie et en ingérant 4 g d'un sel dit iodé (qui contient 0,015 % d'iode), on consomme 0,6 mg/jour d'iode soit la dose recommandée. De même le fluor est aussi essentiel à la vie et en consommant 4g de sel (qui contient 0,025 % en moyenne de fluor) on consomme 1 mg de fluor, soit la dose journalière recommandée.

Les cristaux de sel se présentent sous plusieurs formes :

- Gros sel : pour un apport salé précis, croquant
- Sel fin : pour un apport salé diffus, dilué
- Fleur de sel : pour un apport raffiné, nuancé, délicat

Le sel fin pénètre les aliments en profondeur, tandis que le gros sel, parfois déliquescent, se répartit sur toute la surface de certaines préparations. Le gros sel est plutôt là pour donner la touche salée croquante à vos plats en fin de cuisson ou au moment de servir. Il est aussi nécessaire pour saler l'eau de cuisson des aliments. La fleur de sel donne une note délicate quand elle est consommée avec des radis ou un poisson au court bouillon. (Michèle Barrière, 2011)

IV.3.1. Cristal de sel:

Un cristal est un solide de matière homogène présentant une structure atomique ordonnée et définie, et une forme extérieure limitée par des surfaces lisses, planes, disposées symétriquement.

La molécule Na-Cl de deux atomes n'existe pas telle quelle. Le sel étant un cristal, c'est une multitude d'atome de sodium et de chlore qui s'organisent pour former une structure stable.

En solution, NaCl se dissout, suivant l'équation : $\text{NaCl(s)} \rightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$ La solution est alors ionique, ce qui explique le passage aisé du courant électrique (du aux électrons périphériques) (Michèle Barrière, 2011)

IV.4. Effet du sel dans les aliments

Le sel destiné à l'alimentation humaine répond aux préoccupations d'alimentation de conservation et de prévention :

- alimentation : le sel est un aliment qui donne du goût aux aliments.
- conservation : le sel est un aliment qui permet de conserver de nombreux aliments.

- prévention : le sel est un aliment choisi par les pouvoirs publics pour être le vecteur des apports minéraux en iode et en fluor.

Le livre blanc du chlore nous informe que : sans le sel, nous serons condamnés à mourir de déshydratation un organisme qui fonctionne bien à besoin de plusieurs grammes de sel par jour. Dans les industries agroalimentaires, le sel a plusieurs fonctions. Il peut être:

IV.4.1. Exhauteurs de goût :

C'est sa fonction la plus connue et la plus fréquente. Il renforce la saveur et fait ressortir le goût naturel des aliments. Le sel enlève la fadeur du pain, l'amertume et l'aigreur des fromages et il donne aux charcuteries leur goût particulier (Labouret, 2002).

IV.4.2. Révélateur de couleur :

Cette fonction est surtout ressentie dans les industries de charcuterie où l'usage d'énormes quantités de sels nitrités donne aux produits de charcuterie (pâté, jambon, saucisson...) leur couleur rose et stable très appréciée des consommateurs (Labouret, 2002).

IV.4.3. Régulateur de fermentation :

Au cours de la fabrication de certains produits, le sel règle la vitesse de fermentation. Cette vitesse varie graduellement avec le taux de concentration en sel dans le *Lanhouin* par exemple (Dossou-Yovo, 2002). Le sel permet aussi d'assurer la constance de la qualité de ces produits fermentés.

IV.4.4. Conservateur :

L'utilisation du sel pour la conservation des aliments remonte à des siècles. Afin de ralentir la prolifération des microorganismes d'altération, nos grands parents l'utilisaient déjà pour la conservation des viandes et poissons. Le sel n'est pas à proprement parler un antiseptique car il ne détruit pas, ou détruit très peu les bactéries ; il freine ou stoppe la croissance de la plupart d'entre elles à des concentrations suffisantes (Clinquart, 2005). D'après (Mescle, 2002), il permettrait de diminuer l'intensité des traitements physiques et de limiter les modifications organoleptique et nutritionnelle. Ce qui signifie qu'il améliore les qualités nutritionnelle et organoleptique des produits conservés.

IV. 5 .Utilisation en fromagerie

Le sel joue un rôle d'agent de sapidité et comme conservateur dans la fabrication de certains fromages. Son hygroscopie facilite le drainage lors de la phase libre du caillé et complète l'égouttage naturel. Il permet l'affinage en intervenant dans le développement des micro-organismes et l'activité des enzymes. (Richoux R., JR Kerjean JR., 2003)

Il existe différentes méthodes pour saler le fromage :

IV.5.1. Modalités du salage

IV.5.1.1.Salage à sec en surface

- Le salage à sel sec s'effectue par un apport manuel ou automatisé de sel en surface des fromages. Il peut prendre différentes formes :
 - Un salage avec frottage des fromages dans un but à la fois de salage et abrasif (beaufort, comté, gruyère, abondance) ;
 - Un salage au sel fin par saupoudrage d'un film de sel en surface des fromages, essentiellement des pâtes molles et des bleus acides ;
 - Un roulage des fromages sur un tapis de sel fin, éventuellement mélangé à des additifs de présentation tels que de la « cendre » pour certains fromages traditionnels au lait de chèvre. (Richoux R., JR Kerjean JR., 2003)

IV.5.1.2. Salage à sec dans la masse

Le salage à sec peut également se faire dans la masse dans des technologies de type cheddar, cantal. Cette technique consiste à mélanger intimement du sel sec au fromage découpé en cossettes de taille variable.

Dans ce cas, la taille des cossettes, l'humidité du fromage, les durées de maturation avant et après salage, et bien entendu la quantité de sel apportée, sont parmi les paramètres déterminant de la prise de sel. (Richoux R., JR Kerjean JR., 2003)

IV.5.1.3. Salage en saumure

Le salage en saumure, ou saumurage, consiste en l'immersion des fromages dans une solution concentrée en chlorure de sodium. La différence de concentration en chlorure de sodium entre la phase aqueuse du fromage et celle de la saumure provoque une diffusion du sel dans la pâte et, inversement, une migration de la phase aqueuse du fromage vers la saumure. Les paramètres qui régissent la prise de sel sont liés aux caractéristiques des fromages (composition, forme, taille etc.), à celles de la saumure ou aux conditions de saumurage (durée, température etc.). La maîtrise de la teneur en sel des fromages saumurés passe donc notamment par le respect de la durée du saumurage, une maîtrise et un ajustement en continu de la température, un renouvellement fréquent de la saumure par une solution neuve pour maintenir une composition chimique la plus constante possible. (Richoux R., JR Kerjean JR., 2003)

IV.5.1.3.1 La saumure, un milieu en constante modification

La composition de la saumure est soumise à des modifications constantes. L'absorption du sel par le fromage d'une part, et le passage du petit-lait du fromage dans la saumure d'autre part, font que le taux de sel de la saumure diminue, une partie du sel étant retirée de la saumure. De même, une partie de l'acide lactique, des protéines et des sels minéraux passent du fromage dans la saumure, ce qui entraîne une modification du pH et des rapports du pouvoir tampon de la saumure. En outre, les substances organiques forment un milieu de croissance idéal pour les microorganismes présents dans la saumure qui, en dépit d'une concentration en sel élevée, peuvent atteindre des concentrations importantes et peuvent donc aussi influencer les propriétés de la saumure par l'activité de leur métabolisme.

IV.6. Processus pendant le séjour du fromage dans le bain de sel

IV.6.1. Diffusion de l'eau et du sel de cuisine

En raison de la teneur élevée en sel, la saumure enregistre, par rapport à la phase aqueuse du fromage, une pression osmotique très élevée. Cette différence de pression, respectivement cette différence des concentrations déclenche une diffusion de l'eau du fromage dans la saumure et du sel

de la saumure dans la phase aqueuse du fromage, pendant laquelle les petites molécules d'eau se diffusent plus rapidement que les ions du sel. Les conséquences de ce processus sont les suivantes:

- Concentration du sel près dans la zone périphérique du fromage
- Perte d'eau et renforcement de la matrice du fromage dans la zone de la croûte
- Augmentation de la fermeté de la croûte
- Diminution de la perméabilité de la croûte à l'eau et aux substances dissoutes dans la phase aqueuse de même que dans la phase gazeuse

Il faut savoir qu'à la surface du fromage se forme une zone tampon dans laquelle la concentration en sel est sensiblement plus basse que dans la saumure dans laquelle le fromage est immergé. Il s'agit d'une conséquence de l'expulsion de petit-lait de la masse fromagère. En agitant la saumure, cette couche peut être réduite et ainsi l'absorption du sel en être fortement améliorée.

IV.6.2. Processus d'échange d'ions

Pendant l'absorption du sel par le fromage a lieu, en plus du transport de substances par diffusion, un échange d'ions entre la caséine et la phase aqueuse. Les cations suivants jouent un rôle important dans cet échange: Ca^{++} , H^+ et Na^+ .

La structure de la caséine dans le jeune fromage se présente sous la forme d'un réseau étendu de micelles de caséine coagulées, liées entre elles par des ions calcium (Ca^{++}), eux-mêmes reliés à la caséine par les groupes phosphates négatifs qui la composent.

Les ions monovalents tels que H^+ et Na^+ peuvent contraindre les ions Ca^{++} à se libérer des groupes de phosphate de la caséine et prendre leur place (échange d'ions) sans cependant reprendre leur fonction (liaisons). Plus la concentration en ions H^+ et Na^+ est élevée, c'est-à-dire plus le pH est bas ou la teneur en sel de la saumure élevée, plus le calcium sera solubilisé hors de la matrice de caséine par échange d'ions et passera donc dans la saumure. En conséquent, la structure de la caséine se relâche, sa solubilité et sa capacité d'absorption d'eau augmentent. Toutefois, tant des concentrations élevées en sel (plus de 20%) que des valeurs basses du pH (moins de 5,0) réduisent la capacité de liaison d'eau et la solubilité de la caséine.

Les phénomènes d'échange d'ions sont des processus fondamentalement réversibles. Avec l'augmentation d'ions calcium dans la saumure, ceux-ci repénètrent pour ainsi dire dans la

structure de la caséine et s'y fixent – il y a échange avec les ions sodium et hydrogène.

Ces processus d'échange d'ions ont des effets sur la propriété de la croûte et de la pâte située en dessous de celle-ci: selon la teneur en sel, le pH et la teneur en calcium du bain de sel, ces effets peuvent être complètement différents.

IV.7. Paramètres importants de la saumure

IV.7.1 Teneur en sel

La concentration en sel dans le bain agit sur :

- la perte en eau du fromage,
- l'absorption du sel par le fromage,
- la capacité d'absorption de la caséine dans la zone de la croûte,
- les propriétés de la croûte,
- la microflore du bain de sel.

IV.7.1.1. Perte d'eau de la pâte du fromage

Plus la concentration en sel du bain augmente, plus la croûte se déshydrate, ce qui a pour conséquence un durcissement de celle-ci. Dans le cas d'une concentration très élevée, proche du point de saturation (>22% NaCl), ce durcissement entraîne un ralentissement de l'échange de substances entre le fromage et la saumure, alors que dans les bains de sel avec une concentration de sel de moins de 12%, le fromage absorbe de l'eau et la caséine s'hydrate.

IV.7.1.2. Absorption de sel par le fromage

Le passage du sel de la saumure dans la phase aqueuse du fromage se déroule d'autant plus rapidement que la saumure est plus concentrée. Dans le cas de concentrations très élevées en sel, le fromage est tellement déshydraté dans les bords qu'il absorbe moins de sel par rapport à sa masse.

IV.7.1.3. Capacité d'absorption de la caséine dans la zone de la croûte / propriétés de la croûte

A la suite de l'échange d'ions dans le bain de sel décrit ci-dessus, le calcium est solubilisé hors de la structure de caséine et il est remplacé par des ions Na. L'effet est semblable à celui des sels de fonte: la capacité d'absorption et de liaison d'eau de la para-caséine dans la croûte augmente. On peut aisément observer ce phénomène dans les saumures avec une faible concentration en sel (<10% NaCl) : la croûte de fromage devient molle, gluante et peut se désagréger.

IV.7.2. Température de la saumure

Les influences de la température du bain de sel sur le fromage :

- Plus la température n'est élevée, plus l'absorption du sel par le fromage se déroule rapidement. En dessous de 10°C, elle est sensiblement ralentie.
- Plus la température est élevée, plus la capacité d'absorption de la caséine augmente.
- Les basses températures favorisent la cristallisation de la matière grasse et par là même le durcissement de la meule de fromage.
- Des températures élevées favorisent la croissance des microorganismes dans la saumure.

Dans la fabrication des fromages à pâte dure et mi-dure, on recommande une température pour la saumure située entre 10 et 15°C. Dans la fabrication des fromages à pâte molle et à pâte filée, les températures sont plus élevées. En règle générale, plus l'extrait sec du fromage est élevé, plus la température du bain de sel est basse. Dans la mesure du possible, il faut éviter les grandes fluctuations de température. Elles peuvent toutefois avoir lieu dans le cas des bains de sel trop faiblement dimensionnés ou insuffisamment refroidis si le fromage n'est pas suffisamment pré-refroidi.

IV.7.3. PH de la saumure

Le pH est aussi un paramètre important du bain de sel. L'acidification de la saumure exerce un effet conservateur et inhibe le développement des germes indésirables. Il influence la perte en calcium de la croûte et par-là même les propriétés de la surface de même que l'absorption du sel par le fromage. En règle générale, le pH de la saumure devrait avoisiner le pH du fromage non salé.

- Un pH trop élevé entraîne une croûte sèche, semblable à de la corne et ayant tendance à transpirer.

- Un abaissement trop fort du pH entraîne la précipitation des protéines et une plus forte perte d'eau à la surface du fromage, ce qui se traduit également par une réduction de l'absorption de sel. De même, la croûte perd une plus grande quantité de calcium, ce qui conduit à une croûte qui sèche difficilement.

Il est à noter que les fromages avec un pH bas absorbent plus de sel et perdent moins d'eau, car l'acide lactique attire l'eau.

IV.7.4. Degré d'acidité de la saumure

Bien que ce soit en premier lieu le pH qui soit déterminant pour le développement de la croûte et non le degré d'acidité de la saumure, on surveille l'acidité du bain de sel de préférence au moyen du degré d'acidité. Cependant, on n'observe un lien étroit entre degré d'acidité, teneur en lactate et pH que dans le cas d'une teneur fixe en protéines de la saumure.

Toutefois, le degré d'acidité est, comparé à la valeur pH, un paramètre du bain de sel fiable:

- Il permet de se prononcer sur le pouvoir tampon du bain de sel qui maintient le pH à un niveau constant.
- Un degré d'acidité élevé indique en outre une concentration importante de protéines dans le bain de sel. En raison de l'effet tampon des protéines, un degré d'acidité élevé signifie (dans le cas d'un pH donné) le plus souvent une concentration relativement élevée en lactate, ce qui peut augmenter la perte d'eau du fromage.

Dans un bain de sel propre et bien ajusté (pH 5,2) pour des fromages à pâte dure, le degré d'acidité devrait se situer entre 10° et 16°SH. Dans le cas d'un bain de sel destiné à des fromages à pâte mi-dure et en particulier aux fromages à pâte molle, on observe des degrés d'acidité sensiblement plus élevés (jusqu'à 40°SH) en raison de valeurs pH plus basses et du passage plus important des protéines dans la saumure.

IV.7.5. Teneur en calcium

On attribue un rôle non négligeable à la teneur en calcium de l'eau salée. Elle influence...

- la perte d'eau dans la zone périphérique
- la fermeté de la croûte
- l'absorption du sel par la croûte

Des essais ont montré que l'augmentation de la teneur en calcium d'une saumure fraîche (19% NaCl, 15°C) de 0 à 18 g Ca/kg fait baisser la teneur en eau de 3 g/100g et la teneur en sel dans la zone de la croûte de 1,5 g/100g.

Si la teneur en calcium de la saumure est plus basse que celle de la phase aqueuse du fromage, la structure de la caséine perd du calcium (échange contre des ions sodium). La conséquence est une diminution du réseau de la para-caséine et de son pouvoir de liaison d'eau, et il se forme une croûte plus molle. Dans le cas d'une concentration de sel plus basse (par ex. <15% NaCl), cela peut même entraîner une augmentation de l'absorption de l'eau par la croûte.

Dans le cas d'une teneur élevée en calcium (plus importante que dans le petit-lait du fromage), le calcium se diffuse à l'intérieur du fromage, ce qui peut entraîner (comme c'est le cas avec les valeurs pH élevées) une croûte sèche et semblable à de la corne

IV.7.6. Teneur en métaux lourds

Si la saumure contient des quantités accrues de métaux lourds dissous comme le fer, le cuivre, le manganèse et le zinc, ceux-ci s'accumulent dans la zone la plus extérieure de la croûte du fromage, car ils se lient facilement à la caséine. Ce faisant, ils peuvent former des complexes colorés partiellement de façon intense, ce qui peut entraîner une forte coloration de la croûte; le spectre de couleurs va du brun-rouge au vert et au bleu. Les fromages avec une croûte sèche sont particulièrement sujets à ce défaut.

Les concentrations élevées de métaux lourds dans la saumure peuvent provenir :

- d'une contamination naturelle de l'eau, le plus souvent par du fer ou du manganèse
- des dégâts dus à la corrosion dans les conduites (le plus souvent fer et/ou zinc et év. cuivre)
- des dégâts dus à la corrosion dans le bain de sel.

IV.8. Statut microbiologique du bain de sel

IV.8.1. Multiplication des germes dans la saumure

Vu que les ions sodium et de chlorure du sel se lient aux molécules d'eau, il y a, en présence d'une teneur en sel croissante dans la saumure, une proportion toujours plus faible d'eau sous la forme de ce que l'on appelle eau libre. Seule cette eau libre est à disposition des microorganismes. C'est pourquoi des concentrations élevées en sel sont synonymes pour les microorganismes de sécheresse et inhibent leur croissance. (Afssa, 2010).

On mesure la concentration d'eau libre au moyen de la valeur a_w (activité de l'eau). Elle correspond à l'humidité relative de l'air qui se forme dans l'espace de tête d'un récipient lorsque l'on remplit celui-ci avec l'échantillon (par ex. la solution de sel). L'eau pure produit une humidité relative de l'air de 100%, en conséquence sa valeur a_w est de 1,0.

Les bactéries ne peuvent en général croître qu'avec des valeurs a_w supérieures à 0,92, ce qui correspond à une concentration en sel maximale d'environ 12 %. Certaines bactéries gram positives tolèrent des concentrations plus élevées, comme *Brevibacterium linens*, des microcoques et surtout *Staphylococcus aureus*, dont la croissance est encore possible à des concentrations en sel s'élevant à 17-18 %. Certains moisissures et levures sont encore plus tolérants. Cependant, au-dessus de 21 % de NaCl, ne survivent que peu de microorganismes halotolérants et ceux-ci ne représentent aucun danger pour le fromage. Les germes gram négatifs (par ex. *E. coli*) sont rarement détectés dans les échantillons de bain de sel.

Du point de vue microbiologique, les bains de sel hautement concentrés, très répandus dans la pratique (> 20% NaCl), sont donc assez stables et non problématiques, d'autant plus que la teneur en acide constitue un agent conservateur supplémentaire.

Par contre, dans les saumures avec moins de 18 % de NaCl, qui sont utilisées avec circulation de saumure, il peut y avoir une forte activité métabolique microbienne, en particulier des levures. Sans l'élimination régulière des germes (par ex. par la pasteurisation), les problèmes suivants peuvent apparaître:

- modifications sensorielles de la saumure avec des conséquences sur le fromage (par ex. amertume)
- désacidification de la saumure par des levures fermentant l'acide lactique.
- contamination du fromage par des microorganismes indésirables. (Afssa, 2010).

IV.8.2. La saumure, source de contamination bactérienne

Les bains de sel concentrés (>21% de NaCl) peuvent aussi se développer des microorganismes jusqu'à atteindre des concentrations de plusieurs millions d'UFC/ml. Il s'agit en particulier des staphylocoques (10^5 à 10^6 UFC/ml), des spores de moisissures (10^3 à 10^5 UFC/ml) et des levures (10^2 à 10^4 UFC/ml). On peut en déduire que de tels microorganismes parviennent par le biais des fromages et de l'environnement dans le bain de sel où ils peuvent survivre et se développer. Aussi, même un bain de sel très concentré peut être une source de contamination de germes indésirables. (Afssa, 2010).

IV.8.3. La saumure, source de contamination par des listérias

Comme l'ont montré Asperger et Heisteringer, les listérias peuvent survivre plusieurs jours dans la saumure. Dans un domaine de concentration de 15 à 25% de NaCl, les taux de survie sont d'autant plus élevés que la concentration de sel est élevée et la concentration en acide lactique faible. Les auteurs recommandent donc, lors de la recherche des sources de contamination, d'y inclure le bain de sel. A ce propos, l'échantillon doit être analysé dans les 24 heures ou neutralisé à l'aide de carbonate de calcium. (Afssa, 2010).

IV.9. Contamination

Les protéines du petit-lait qui passent du fromage dans la saumure lors de l'expulsion du petit-lait précipitent avec le temps et se déposent sur le fond du bain de sel sous la forme de boue. Une forte souillure de la saumure va généralement de pair avec une contamination élevée en germes (effet protecteur) et provoquent des défauts sensoriels de la saumure. Une forte souillure a aussi des effets sur le degré d'acidité et la mesure de la concentration de sel au moyen d'un densimètre (degrés Baumé). (Afssa, 2010).

IV.10. Contrôles du bain de sel

Tableau 08 **Paramètres à surveiller dans le bain de sel, fréquence de contrôle et mesures à prendre en cas d'écart**

Paramètre	Méthode	Fréquence	Mesures
Température	Thermomètre	2 x par semaine	refroidissement, contrôle de la
Teneur en sel	Densimètre	1 x par semaine	Redosage du sel
Valeur pH	pH-mètre	1 x par mois	Correction du pH
Degré d'acidité	Titrage	1 x par mois	Trop bas: correction du pH Trop élevé: nettoyage ou renouvellement partiel de la
Teneur en calcium	Laboratoire externe	1 x par an ou selon besoin	Trop bas: ajout de CaCl ₂ Trop élevé: renouvellement partiel
Cuivre	Laboratoire externe	Selon besoin	Trop élevé: renouvellement partiel de la saumure : éclaircir la cause
Zinc			
Fer			
Manganèse			
Germes halotolérants	Microbiologique	1 x par an	Trop élevé: nettoyage et év. désinfection de la saumure
Entérocoques	Microbiologique	1 x par an	Idem
Levures	Microbiologique	1 x par an	Idem
Moisissures	Microbiologique	1 x par an	Idem
Listérias		Dans le cas de résultats positifs dans le fromage	1. vider le bassin, le nettoyer et le désinfecter
Aspect	Analyse sensorielle	Avant chaque utilisation	Pas ok: nettoyage
Odeur, goût	Analyse sensorielle	Avant chaque utilisation	Pas ok: renouvellement de la saumure

IV.11. Rôles du sel pour les fromages

IV.11.1. Complément d'égouttage et formation de la croûte

L'absorption de sel en surface du fromage s'accompagne d'un flux inverse d'eau. Cette dessiccation, successive au traitement de salage, permet un complément d'égouttage et la formation d'une croûte. La croûte possède des propriétés indispensables pour le fromage. Elle lui confère la rigidité nécessaire à sa tenue lors de l'affinage. Elle constitue une barrière physique entre le fromage et l'extérieur et joue le rôle d'interface entre le fromage et l'ambiance. A ce titre, elle intervient de manière importante dans les phénomènes d'échanges de matière (vapeur d'eau, gaz carbonique, ammoniac, acides gras et autres composés volatils) qui ont un rôle déterminant sur l'affinage et la qualité des fromages. Dans le cas d'un salage de surface au sel sec, la déshydratation superficielle est très importante et la formation de la croûte est la plus intense.

L'implication du salage dans le complément d'égouttage est particulièrement importante dans les technologies mettant en œuvre un salage dans la masse (cantal, cheddar). La surface d'échange y est très importante et le salage est suivi d'une étape de pressage. (Guinee TP., O'Kennedy BT., 2007)

IV.11.2. Régulation de l'activité de l'eau: un paramètre essentiel en fromagerie

L'activité de l'eau a_w , peut être définie par la proportion d'eau disponible pour les réactions biologiques, réactions nécessaires à la croissance des bactéries par exemple. Le sel est le principal composé permettant d'abaisser l'activité de l'eau des fromages. Ainsi, l'abaissement de l' a_w du fromage par le salage constitue un levier important de sélection des microorganismes et par la suite, des différentes flores pendant la fabrication et l'affinage. Ce phénomène ne se limite pas à une protection sanitaire vis-à-vis des micro-organismes pathogènes ou d'altération, il concerne aussi les microflore d'intérêt technologique : bactéries lactiques, bactéries propioniques, microflore bactérienne et fongique de surface. Ainsi, la teneur en sel joue un rôle important notamment dans :

- La sélection d'une microflore de surface tolérante au sel composée de levures, microcoques et bactéries corynéformes sur les fromages à croûte lavée ou emmorgée. Le salage initial permet l'implantation de cette microflore utile et typique tout en inhibant les germes d'altération bactériens ou fongiques. Au cours de l'affinage de ces fromages, l'entretien d'une telle microflore est assuré

par des opérations fréquentes de salage complémentaires : sous forme de lavages à l'aide de saumures peu concentrées ou par l'application de sel sec.

- La régulation de la croissance des moisissures internes dans les fromages à pâte persillée. L'adéquation entre la teneur en sel et la sensibilité de la souche de *Penicillium roqueforti* est ainsi déterminante sur l'aspect et la saveur des bleus. Plus généralement, la teneur en sel conditionne l'équilibre de l'écosystème complexe (levures, moisissures, microcoques, lactobacilles hétéro fermentaires facultatifs) des pâtes persillées.

- La réduction de la production gazeuse par de nombreuses bactéries sensibles au sel :
Bactéries propioniques, clostridies etc
La répression de la croissance et/ou de l'activité gazogène de ces bactéries confère au salage une fonction fondamentale de contrôle des défauts organoleptiques et de présentation (ouverture, lainure, etc.).

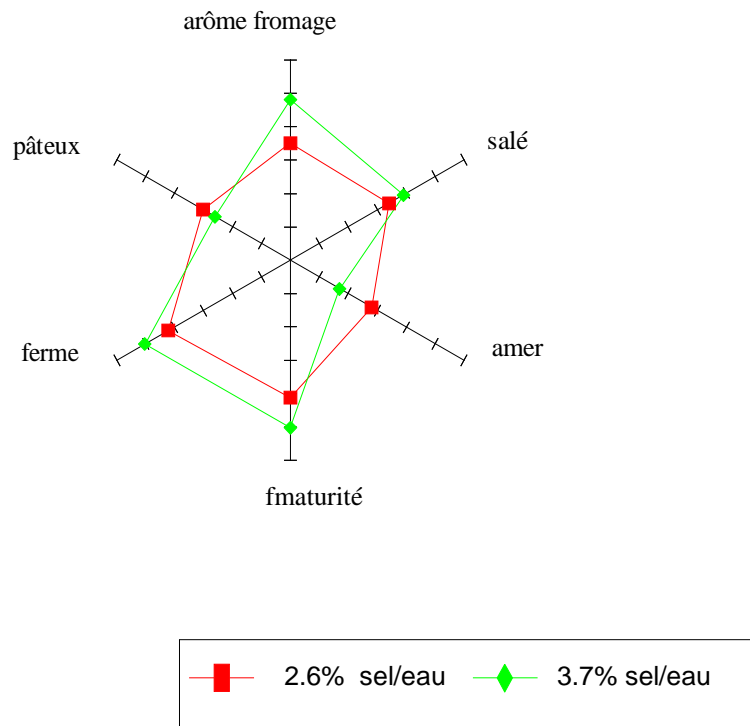
Soulignons également que la réduction de l'*aw* et la présence d'ions sodium apportés par le salage se répercutent sur l'activité des diverses enzymes qui concourent à l'affinage de la pâte du fromage. (Guinee TP., O'Kennedy BT., 2007)

IV.11. 3. Sel et qualité organoleptique

IV.11.3.1. Sel et texture des fromages

Un des nombreux rôles du sel en fromagerie est son effet sur la texture des fromages. Par exemple, la figure suivante présentée ci-dessous montre que la teneur en sel est corrélée positivement à la perception de fermeté du fromage). La teneur en sel a également un rôle sur la sensation « pâteuse ». (Guinee TP., O'Kennedy BT., 2007)

Figure 02. Effet de la teneur en sel sur le fromage



IV.11.3.2. Sel et aspect visuel

Par son action sur le croûtage et la sélection des microflore de surface, la teneur en sel conditionne aussi l'aspect extérieur du fromage. Il s'agit d'un point important puisque l'aspect est le premier critère d'appréciation du produit par le consommateur. Ainsi, le salage intervient arôme fromage salé amer maturité ferme pâteux significativement dans la forme (« détalonnage »),

La couleur (équilibre entre les populations de bactéries pigmentées) et la consistance de la morgue (croûtage humide ou sec, poisseux, etc.), l'aspect tourmenté de la croûte ou la présence de tâches colorées d'origine microbienne, désirées ou non.

La teneur en sel influence également l'aspect interne, notamment en terme d'ouverture (forme, nombre, répartition) à la fois pour des questions rhéologiques et microbiologiques (sensibilité au sel des bactéries productrices de gaz). (Guinee TP., O'Kennedy BT., 2007)

IV.11.3.4. Sel et goût des fromages

Dans les fromages, le sel a des effets directs et indirects sur les caractéristiques sensorielles. Concernant les effets directs, ils résultent de l'effet propre du chlorure de sodium sur la saveur : le goût salé mais également les autres saveurs et arômes. Les effets indirects sont quant à eux les conséquences des effets technologiques et microbiologiques.

Le sel joue un rôle de masqueur et d'exhausteur de saveurs ou arômes. Le chlorure de sodium est notamment connu pour atténuer la saveur amère

Il existe des interactions complexes entre les saveurs salées et acides qui dépendent à la fois du type d'acide et des concentrations en sel et en acide. Le chlorure de sodium peut provoquer des sensations de type « piquant ».

La figure 02 présentée au paragraphe précédent illustre l'impact d'une réduction de la teneur en sel sur le profil sensoriel du fromage : on constate que l'arôme fromage est positivement corrélé avec la teneur en sel. , L'augmentation de la teneur en sel réduit la perception de l'amertume. Les modifications de la teneur en sel sont à effectuer avec prudence puisqu'en terme de goût les consommateurs non entraînés peuvent différencier des fromages dont l'écart de teneur en sel est de 0,3-0,4 g pour 100 g. Par exemple, sur un fromage type roquefort, une réduction de 15 % de la teneur en sel serait théoriquement perceptible.

Notons une influence de la composition, de la structure et de la texture des produits laitiers sur le transfert du sel vers la salive puis sur la perception du salé. En conclusion, soulignons que

la saveur salée fait partie intégrante de la typicité des fromages. (Guinee TP., O’Kennedy BT., 2007)

IV.11.4. Sel et qualité microbiologique

Le sel agit comme un inhibiteur de croissance et d’activité des microorganismes. Le sel est de ce fait considéré comme le principal composé abaissant l’activité de l’eau (a_w) des fromages

Dans le fromage, le sel permet de contrôler la croissance des bactéries pathogènes telles que Salmonelles, *Listeria monocytogenese*, Staphylocoques coagulase positive, *E.coli* producteurs de toxines et aussi de flores d’altération telles que les *Pseudomonas*, *E.coli* et *Mucor*.

La croissance des microorganismes dépend de fortes interactions entre l’ a_w , le pH, la température et le potentiel d’oxydo-réduction. Selon la composition du produit, la réduction du taux de sel peut entraîner une multiplication des microorganismes et impacter la durée de vie des produits. L’idée est ici de démontrer l’impact d’une réduction du taux de sel sur la croissance des pathogènes. (Guinee TP., O’Kennedy BT., 2007)

Méthodologie

1. But

L'objectif de mon stage pratique au niveau de la fromagerie de Sidi Saada est de connaître l'influence de la variation du taux de sel sur les qualités physico-chimiques, microbiologiques et organoleptique des fromages à pâte molle type camembert.

2. Protocole expérimental :

Pour pouvoir connaître l'influence de la variation du taux de sel sur les qualités physico-chimiques, microbiologiques et organoleptique des fromages, nous avons préparé 4 saumures à différentes concentrations, ensuite nous avons immergé nos échantillons dans les saumures préparés durant une période de 30 minutes.

Tableau 9 : Les caractéristiques des différentes saumures préparées :

Les saumures	Concentration de NaCL (g/l)	Densité (°D)	Température (°C)	Temps de séjour (Minutes)
Saumure 1	154	1,1008	12	30
Saumure 2	191	1,1240	12	30
Saumure 3	230	1,1478	12	30
Saumure témoin	275	1,1780	12	30

Tableau 10 : Le taux de sel pour chaque échantillon par 250g de fromage:

C 1	C 2	C 3	Témoin
1,80g	2,85g	3,32g	5,09g

Analyses expérimentales

I. Les analyses physico-chimiques

I.1. Mesure de PH

La mesure de PH est réalisé avec un PH mètre

Mode opératoire

On introduit la cathode de PH-mètre dans la pâte, après stabilisation on fait la lecture directement sur l'écran de PH mètre

I.2. La matière grasse

Elle se trouve dans le lait sous forme d'une émulsion de petits globules spécifiques ou légèrement ovoïde dans le diamètre varie de 2 à 10 μm selon la race de la vache qui produit le lait (Veisseyre, 1975).

Méthodologie

On pèse 3 grammes de fromage broyé (sans croûte) dans le godet du butyromètre :

- On ajoute de l'acide sulfurique (H_2SO_4 , $d= 1,525$) jusqu'au niveau supérieur du godet.
- On place ensuite le butyromètre dans un bain marie à $67^\circ C$ jusqu'à la dissolution complète du fromage
- On ajoute 01 ml d'alcool iso-Amylique et on complète par l'acide sulfurique jusqu'à la graduation supérieur du butyromètre.
- On place le butyromètre dans la centrifugeuse pendant 5 minutes.

Le taux de matière grasse est lu directement sur le butyromètre.

I.3. Mesure du taux de sel (NaCl) :

-Mode opératoire :

Préparation de l'échantillon (prélevé selon la norme FIL) : Avant l'analyse, la croûte ou la surface moisie doit être enlevée pour obtenir un échantillon représentatif du fromage tel qu'il est habituellement consommé. L'échantillon doit être moulu au moyen du moulin à râper ou de tout appareil approprié et soigneusement mélangé. L'échantillon ainsi préparé doit être conservé dans un récipient étanche à l'air jusqu'à l'analyse, qui doit être effectuée le jour même.

- **Dosage :**
- On Pèse au milligramme près dans une fiole d'Erlenmeyer environ 2g de fromage.
- On ajoute exactement 25 ml de solution de nitrate d'argent 0,1 et on agite.
- On ajoute 25 ml d'acide nitrique concentré en suite, On chauffe à l'ébullition
- On ajoute 10 ml de solution de permanganate et on maintien à douce ébullition.

Quand le mélange se décolore, On ajoute du permanganate (5 à 10 ml supplémentaire suffisent). Si l'on a versé trop de permanganate (la couleur ne disparaît brune ne disparaît pas), Alors il faut qu'on additionne d'une petite quantité d'acide oxalique ou de glucose.

- On ajoute 100 ml d'eau et 5 ml de la solution de sulfate ferrique ammoniacal et on mélange soigneusement.
- On titre immédiatement l'excès de nitrate d'argent au moyen du thiocyanate 0,1 N jusqu'à ce que la solution présente une couleur brun rouge persistant environ une demi-minute.
- **Calcul des résultats :**
Taux de sel % = $0,585 (V1 - V2) / p$

Méthodologie

V1= nombre de millilitres de solution de nitrate d'argent 0,1000 N.

V2= nombre de millilitres de solution de thiocyanate d'ammonium 0,1000 N.

P= poids (en gramme) de fromage prélevé pour l'analyse.

I.4. L'extrait sec total

Mode opératoire

Après élimination de la croûte fleurie du fromage, on pèse 5 grammes de prise d'essai soigneusement broyé, qu'on introduit dans une étuve à 103°C pendant trois (03) heures, Après refroidissement on effectue une deuxième pesée de l'échantillon dans une balance analytique.

Expression des résultats

La teneur en matière sèche exprimée en pourcentage de la masse du produit est donnée comme suit :

M₀ : masse en gramme de la capsule vide.

M₁ : masse en gramme de la capsule avec son contenu après la dernière pesée

Le résultat est exprimé de la manière suivante :

$$\frac{M_1 - M_0}{M} \times 100$$

I.5. Mesure de poids

On pèse le fromage à l'aide d'une balance analytique, les résultats s'affichent sur l'écran.

II. Les analyses microbiologiques

II .1. Dénombrement des coliformes fécaux et totaux

Milieu de culture : gélose désoxycolate à 1%

D
i
Incubation
u
A
t
i
p
o
a
n
r
t
i

Méthodologie

Compléter ensuite chaque boîte avec environ 20 ml de gélose du Désoxycolate à 1% puis refroidie à 45 ± 1 °C.

Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de bien se mélanger à la gélose utilisée.

- **Incubation**

- une série de boîtes sera incubée à 37°C, pendant 24 à 48 h et servira à la recherche de coliformes totaux
- l'autre série sera incubée à 44°C pendant 24 à 48 h et servira à la recherche de coliformes fécaux

- **Lecture**

Il est impossible de trouver plus de coliformes fécaux que de coliformes totaux.

Repère les colonies suspectes à savoir de taille moyenne, lisse, pigmentées en jaune.

II.2. Recherche de staphylococcus aureus

- **Méthode Baird Parker**

- **Milieu de culture** : gélose Baird Parker + jaune d'œuf + tellurite de potassium

- **D**

- **Incubation**

On prend le flacon de Baird Parker qui à déjà fondu et refroidie au bain marie à 45°C, ajouter dans chaque flacon un jaune d'œuf et tellurite de potassium dans des boîtes pétri et introduire 0.1 ml de chaque dilution dans chacune des boites Pétri.

- **Incubation**

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

- **Lecture**

Les boîtes seront considérées comme positives, les boîtes contenant des colonies caractéristiques à savoir des colonies noires, brillantes, convexes entourées d'une zone de transparence qui peut être translucide

Après 24 heures, il peut y apparaitre dans cette zone transparente, un anneau opalescent immédiatement au contact des colonies.

II.3. Recherche et dénombrement de Clostridium sulfito réducteur

- **Milieu de culture :** VF (viande fois)

- **Ensemencement**

L

D'abord à un chauffage à 80°C pendant 8 à 10 minutes, puis à refroidissement immédiat sous l'eau de robinet.

A partir de ces dilutions, porter aseptiquement 1 ml de chaque dilution en double dans 2 tubes à vis stériles de 16 mm de diamètre, puis ajouter environ 15 ml de gélose VF prête à l'emploi, dans chaque tube. Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes.

- **Incubation :**

s

Ces tubes seront ainsi incubés à 37°C pendant 16, 24 ou au plus tard 48 heures.

c

- **Lecture**

n

La première lecture doit se faire impérativement à 16 heures car :

t

- D'une part les colonies de Clostridium Sulfito-réducteurs sont envahissantes auquel cas on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant alors l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse est à refaire.

n

- D'autre part, il faut absolument repérer toute colonie noire ayant poussé en masse et d'un diamètre supérieur à 0.5 mm.

l

Dans le cas où il n'y a pas de colonie caractéristique il faudra ré-incuber les tubes et effectuer une deuxième lecture au bout de 24 heures voire 48 heures

s

II.4. Dénombrement des streptocoques lactiques :

i

Le milieu de dénombrement convenant le plus particulièrement à la culture des streptocoques lactiques est le milieu M17 (LEVEAU et al, 1991). Un volume de 0,1 d'inoculum est étalé à la surface du milieu M17 et incubé à 30°C pendant 48 heures pour les mésophiles, et à 42°C pendant 48 heures pour les thermophiles.

i

o

n

s

II.5. Dénombrement des Lactobacilles :

Selon (GUIRAUD, 2003), le milieu de culture d'isolement de base des Lactobacilles est le MRS. Un volume de 0,1ml est étalé à la surface du milieu. L'incubation se prépare en anaérobiose dans des jarres par l'utilisation de l'anaerocult (**Anaerocult® MERK**), à 30°C pendant 48heures pour les mésophiles et à 42°C pour les thermophiles pendant 48 heures.

III. Test organoleptique :

Les jurés qui ont participé aux tests de dégustation sont en nombre de (10) et sont habitués au goût du fromage camembert. Les pénalistes sont des ingénieurs et techniciens travaillant dans la structure de sidi saàda.

Les appréciations sont notées sur une échelle de 1 à 8 points, prenant en considération les caractéristiques suivants :

- **Aspect** : traduit la forme ainsi que le taux de poussé de mycélium au niveau de la croûte des produits.
- **Texture**
- **Degré d'affinage** : traduit le degré d'amollissement de la pâte.
- **Odeur** : traduit l'appréciation olfactive des flaveurs dégagées par le produit.
- **Amertume** : traduit l'appréciation du goût amer résultant soit des acides aminés amers libérés au cours de l'hydrolyse excessive des protéines ou bien d'un mauvais salage.
- **Salinité** : traduit l'estimation gustative du taux de sel dans le fromage
- **Acidité** : se rapporte à l'évaluation gustative de l'acide lactique développé par les bactéries lactiques dans les produits.

III.1. Calculs statistiques :

Les résultats organoleptiques vont subir une analyse de variance mono-factorielle en randomisation totale, suivis d'une comparaison des moyennes deux à deux selon le test non paramétrique de FRIDMAN.

Résultats et discussions

I. Analyses physico-chimiques des pâtes molles expérimentales type camembert:

Tableau N° 11 : La corrélation entre la concentration des saumures et la teneur en sel

Les échantillons	Concentration des saumures g/l	Teneur en sel du fromage de 250g
C1	154 g/L	1,80
C2	191 g/L	2,85
C3	230 g/L	3,32
Témoin	275 g/L	5,09

I.2. L'humidité, l'extrait sec total et le poids :

On remarque lors des mesures effectués sur les échantillons au cours de l'affinage que l'humidité a suivi un mouvement baissier graduel et différentiel de sa valeur .ceci s'explique par la perte d'eau qui est causé par l'action du NaCl, cette perte d'eau se constate aussi sur le poids des échantillons qui ont perdu environ 10 % de leurs poids initiales

Tableau N° 12 : Evolution de l'EST, l'humidité et le poids durant l'affinage

Temps d'affinage	C3			C2			C1			T		
	EST	H	Poids	EST	H	Poids	EST	H	Poids	EST	H	Poids
J1	44,35	55,65	290	43,65	56,35	294	42,05	57,95	305	45,34	54,66	286
J+4	49,02	50,98	262	47,88	52,12	283	44,92	55,08	285	49,11	50,89	265
J+8	50,02	49,98	257	49,40	50,60	275	46,88	53,12	274	50,44	49,66	252
J+12	51,20	48,80	252	50,02	49,98	255	48,18	51,78	267	52,54	47,46	248

Résultats et discussions

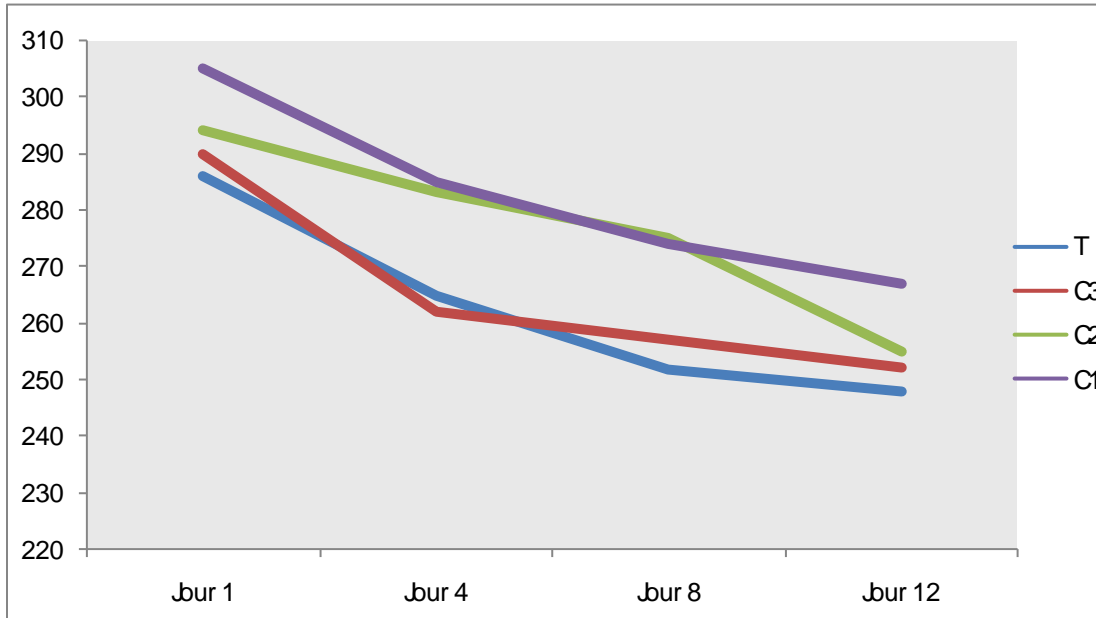


Figure n°3: Evolution du poids au cours de l'affinage

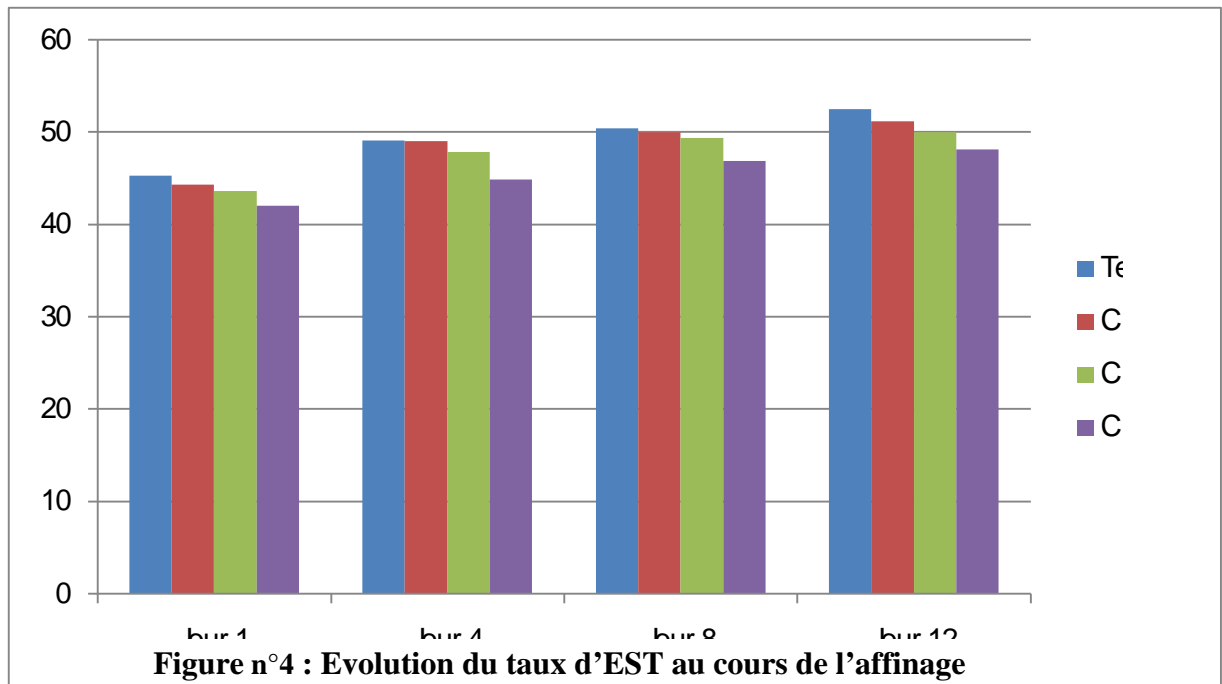


Figure n°4 : Evolution du taux d'EST au cours de l'affinage

Résultats et discussions

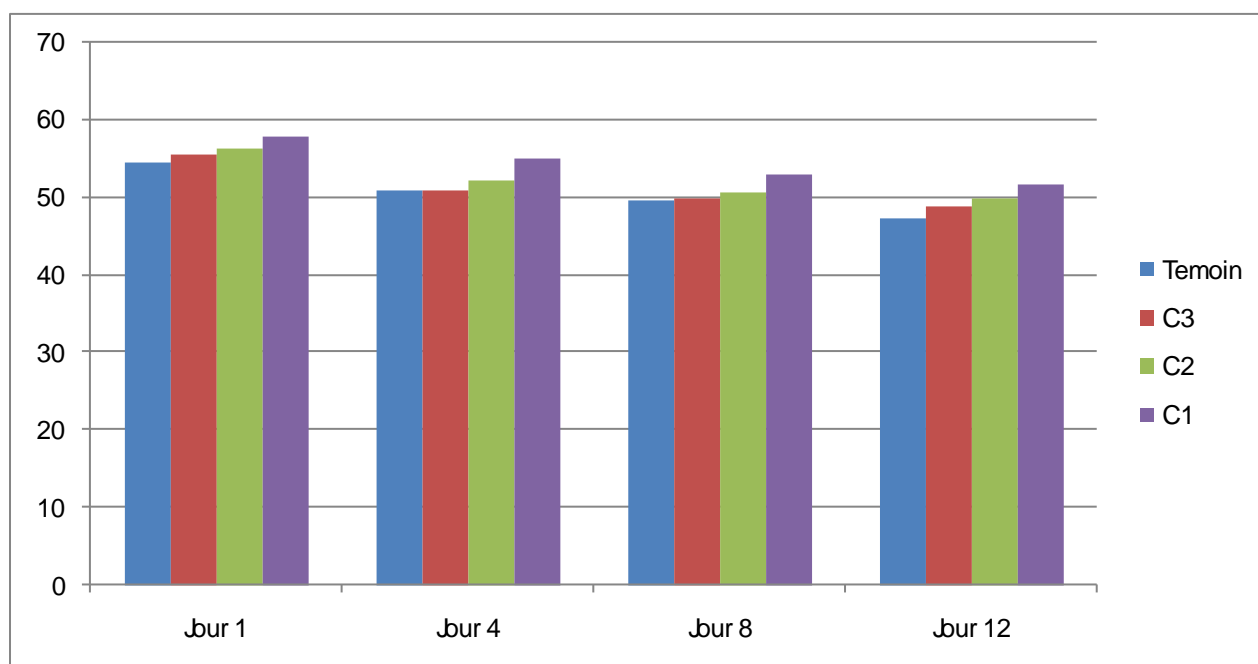


Figure n°5 : Evolution du taux d'humidité au cours de l'affinage

1.2 .PH

Tableau N° 13 : Evolution du pH des camemberts expérimentaux durant l'affinage

Durée d'affinage	C1	C2	C3	Témoin
J1	4,88	4,80	4,81	4,77
J+4	5,09	4,86	4,85	4,81
J+8	5,31	5,01	4,93	4,83
J+12	5,40	5,03	4,97	4,92

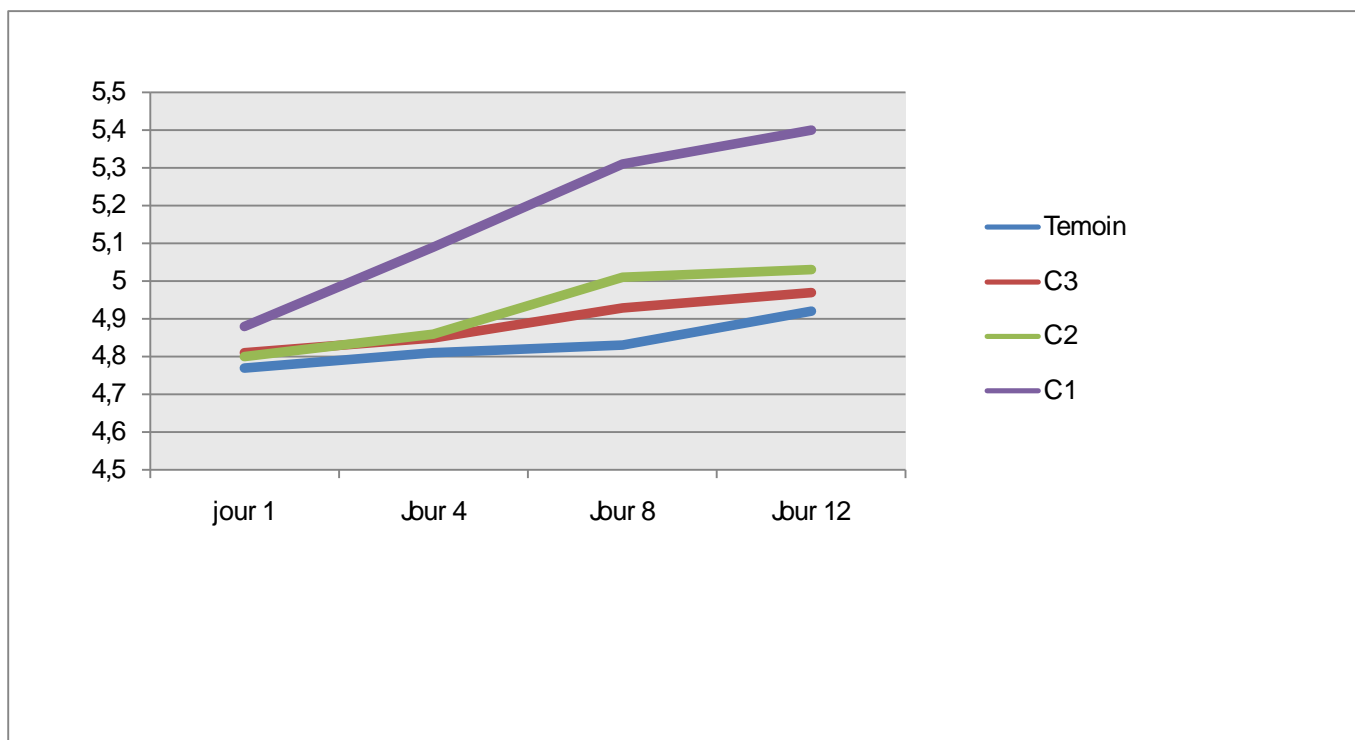


Figure n°6 : Evolution du PH au cours de l’affinage

L'évolution de la valeur du pH de notre pâte fromagère au cours de l'affinage a suivi une évolution ascendante dans tous les échantillons expérimentaux. Cette ascendance a été différentielle selon les concentrations en sel des fromages, et elle a été plus remarquée lors du 3^{ème} et 4^{ème} jour d'affinage

II. Analyses microbiologiques des pâtes molles expérimentales types camembert :

Durant nos analyses qui ont eu lieu durant l'affinage on a dénombré la flore lactique qui est représentée par les streptocoques et les lactobacilles ainsi que la flore de contamination qui est représentée par les coliformes fécaux et les coliformes totaux.

II.1. La flore de contamination :

Tableau N° 14 : Evolution moyenne du nombre de germes pathogène des pâtes molles expérimentales type camembert au cours de l'affinage

Résultats et discussions

	Facteurs	C1	C2	C3	T
J+12	Coliformes	39000	30000	25000	13000
	Coliformes fécaux	Abs	90	140	240
	Staphylocoques	Abs	Abs	Abs	Abs
	clostridium sulfito-réducteurs	Abs	Abs	Abs	Abs
J+8	Coliformes	8000	3000	1000	1000
	coliformes fécaux	700	300	200	100
	Staphylocoques	Abs	Abs	Abs	Abs
	clostridium sulfito-réducteurs	Abs	Abs	Abs	Abs
J+4	Coliformes	1200	900	700	600
	Coliformes fécaux	400	200	100	Abs
	Staphylocoques	Abs	Abs	Abs	Abs
	clostridium sulfito-réducteurs	Abs	Abs	Abs	Abs
J1	Coliformes	10^3	$6 \cdot 10^2$	$3 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^2$
	Coliformes fécaux	$3 \cdot 10^2$	10^2	$1 \cdot 10^2$	Abs
	Staphylocoques	Abs	Abs	Abs	Abs
	clostridium sulfito-réducteurs	Abs	Abs	Abs	Abs

Résultats et discussions

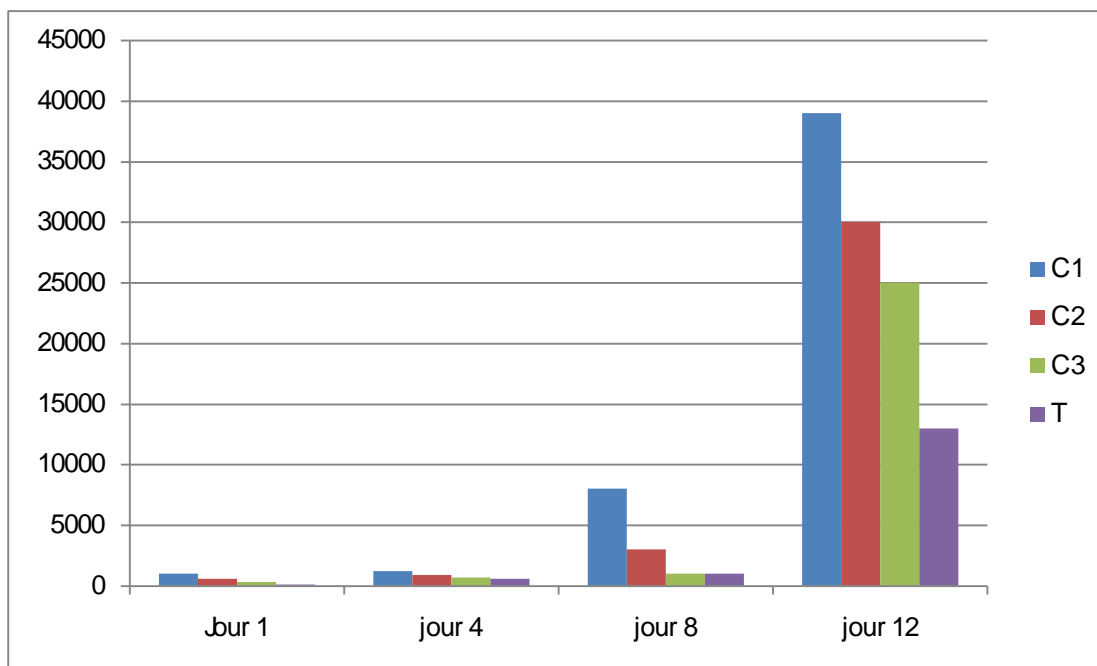


Figure 07 : Evolution des coliformes Totaux au cours de l’affinage.

Nous constatons que la teneur élevée en sel a constitué une barrière empêchant la contamination cela a été plus remarqué dans l’échantillon témoin que dans les trois lots expérimentaux. Notons que l’action du sel dans le C1 et C2 a été remarquée à partir du 8^{eme} et 12^{eme} jour d’affinage

II.2. la flore lactique :

Les bactéries lactiques réalisent la fermentation lactique, c'est-à-dire une réaction de transformation du lactose en acide lactique qui peut jouer un rôle dans l’abaissement du Ph. Elles contribuent avec les enzymes coagulantes à modifier les caractéristiques physicochimiques du milieu ainsi qu’à la texture particulière de chaque type de fromage. Elles se développent donc en milieu acide.

Les bactéries lactiques interviennent essentiellement dans l’affinage :

les molécules produites par les bactéries lactiques lors de l’affinage participent à la saveur,

Résultats et discussions

aux arômes des fromages. Les enzymes bactériennes participent également à la protéolyse qui a lieu pendant l'étape d'affinage de la pâte.

Tableau N° 15 Evolution de la flore lactique au cours de l'affinage

	Facteurs	C1	C2	C3	T	
J1	<i>Lactobacilles</i>	12.10 ⁵	6.10 ⁵	4.10 ⁵	10 ⁵	thermophile
		73.10 ⁵	43.10 ⁵	39.10 ⁵	32.10 ⁵	mésophile
	Streptocoques	85.10 ⁷	69.10 ⁵	58.10 ⁵	55.10 ⁵	mésophile
		21.10 ⁵	10.10 ⁵	8.10 ⁵	3.10 ⁵	thermophile
J+4	<i>Lactobacilles</i>	83.10 ⁷	55.10 ⁷	50.10 ⁷	26.10 ⁷	mésophile
		31.10 ⁷	24.10 ⁷	17.10 ⁷	13.10 ⁷	thermophile
	streptocoques	91.10 ⁷	74.10 ⁷	67.10 ⁷	7.10 ⁷	mésophile
		71.10 ⁷	63.10 ⁷	51.10 ⁷	6.10 ⁷	thermophile
J+8	<i>Lactobacilles</i>	167.10 ⁵	222.10 ⁵	215.10 ⁵	111.10 ⁵	mésophile
		122.10 ⁵	69.10 ⁵	81.10 ⁵	35.10 ⁵	thermophile
	streptocoques	131.10 ⁵	189.10 ⁵	253.10 ⁵	147.10 ⁵	mésophile
		152.10 ⁵	135.10 ⁵	115.10 ⁵	68.10 ⁵	thermophile
J+12	<i>Lactobacilles</i>	159.10 ³	142.10 ³	115.10 ³	86.10 ³	mésophile
		101.10 ³	83.10 ³	59.10 ³	35.10 ³	thermophile
	streptocoques	223.10 ³	168.10 ³	131.10 ³	112.10 ³	mésophile
		148.10 ³	102.10 ³	82.10 ³	69.10 ³	thermophile

III. Analyses organoleptiques des pâtes molles expérimentales type camembert :

III.1 Tableau 16 : Résultats du test de dégustation des camemberts expérimentaux en fin d'affinage :

Analyses organoleptiques	Témoïn	C 1	C2	C3
Texture	4	6	3	6
	7	3,5	2	2
	4	3,5	5	2
	5	4	2	6
	7	6	4,5	4,5
	6	4	5	5
	5	6	3	5
	5	6	3	6
	5	3,5	4	4
	6	4,5	3	4,5
Sommes des rangs	54	47	34,5	45
Degré d'affinage	7	4	5	5
	4	4,5	8	2
	6	5	4,5	5,5
	6,5	5	6	3
	5	2	6	5
	5	5	4	5
	6	6	6	5
	4	5	3	4
	6	6	2,5	4
	6	5	6	3
Sommes des rangs	55	47,5	51	38
Acidité	4	4	4	6
	5	5	2,5	3
	3	4	4	4
	5	4	3	3
	4	5	2	4
	6	4	4	5
	5	4	4	4
	4	5	5	5
	3,5	4	2	4
	5	3	3,5	5
Sommes des rangs	44,5	40	33,5	42
Odeur	5	5	4	5
	5	2,5	4	6
	5	5	3	5
	6	4	2	6
	7	4	5	5
	6	3	3	6
	6	5	5	7
	4	3	3	5
	4	3	1	7
	4	3	1	6
Sommes des rangs	52	37	31	58
Croûte	6	5	6	5
	4	3	6	4

Résultats et Discussions

	5	4	4	3
	5	5	5	4
	4	5	5	5
	4	4	6	4
	6	3	4	5
	6	2	3	4
	5	3	2	4
	5	2	5	2
Sommes des rangs	50	36	46	40
Salinité	8	3	5	4
	5	7	3	3
	6	6	3	3
	5	5	6	3
	6	4	4	3
	7	5	4	5
	5	3	4	3
	7	5	3	5
	6	6	4,5	4
	7	7	5	5
Sommes des rangs	57	51	41,5	38
Amertume	5	6	4	7
	4	4	1	3
	3	5	4	4
	2	4	5	4
	5	4	2	5
	7	5	4	7
	5	5	3	4
	4	4	2	4
	5	4	4	6
	4	2	3	7
Sommes des rangs	44	43	32	51

Notre analyse organoleptique sur les pâtes fromagères nous a permis de détecter des qualités sensorielles variantes selon leurs teneurs en sel, de manière générale ces qualités étaient satisfaisantes et appréciables par les panélistes qui ont fait une dégustation en se basant sur 8 critères (l'allure générale de la croûte, degré d'affinage, odeur, texture, acidité, aspect, amertume et la salinité).

En ce qui concerne la texture de nos échantillons expérimentaux, elle a été très satisfaisante dans le témoin (54points) que dans les autres échantillons qui ont présenté des textures plus ou moins acceptables avec valeurs de (47, 34.5, 45) pour le C1, C2 et le C3 respectivement.

Résultats et Discussions

En ce qui concerne la salinité, elle a été bien meilleur dans notre échantillon témoin (somme des rangs 57) par comparaison aux autres essais qui ont une somme des rangs de (51, 41.5, 38)

Par ailleurs la croûte du camembert témoin a été mieux appréciée (50 somme des rangs) par comparaison aux autres échantillons qui ont eu des sommes des rangs de (36, 46, 40)

Notre échantillon témoin ayant un taux de sel de 5,09g a eu l'affinage le mieux apprécié en enregistrant une valeur de 55 points, cependant notre 3^{eme} lot a enregistré une valeur de 38 points seulement.

L'odeur du C3 a enregistré une valeur appréciable de 58 points par contre l'odeur des échantillons expérimentaux C1 et C2 étaient moyennement faibles en enregistrant des valeurs 37 et 31 respectivement.

Concernant l'amertume, notre échantillon C3 a été le mieux apprécié par les panélistes (51 points somme des rangs) contrairement aux essais témoin, C1, C2 qui ont eu une amertume moins appréciable.

L'acidité de l'échantillon C2 était très élevée, les panelistes lui ont accordé une note de 33,5 seulement, par contre l'acidité était bonne pour notre échantillon témoin qui a eu une somme des rangs de 44,5. Les échantillons C1 et C3 ont une acidité plus ou moins acceptable

Résultats et Discussions

Tableau 17: Evolution organoleptique des fromages à pâte molle à différentes concentrations de sel (NaCl) en fin d'affinage.

(Somme des rangs n=10)

Facteurs Critères	Taux de sel				Analyse de variance
	5,09g (Témoin)	3,32 g (C3)	2,85g (C2)	1,80 g (C1)	
Texture	54	47	34,5	45	*
Degré d'affinage	55	47,5	51	38	*
Acidité	44,5	40	33,5	41	*
Odeur	58	37	31	51	**
Salinité	57	51	41,5	36	**
Amertume	44	51	32	43	*
<i>Croûte</i>	50	36	46	40	NS

n : nombre de panélistes.

NS : non Significatif.

* : Significatif.

** : hautement significatif.

Les choix des panélistes peuvent être classés de la manière suivante :

T (5,09g NaCl), C3 (3,32g NaCl), C1 (1,80g NaCl), C2 (2,85g NaCl).

Conclusion générale

L'objectif de notre stage pratique est d'essayer de fabriquer des fromages à pâte molle type camembert ayant des caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques et organoleptiques meilleures ou similaires à ceux fabriqués au niveau de la fromagerie de Sidi Saada tout en essayant de minimiser la teneur en sel présente dans le fromage qui est présente en excès dans nos aliments et qui peut être nocive pour la santé humaine.

La baisse de la teneur en sel a eu des impacts sur les qualités physicochimiques ce qui nous a permis de constater une augmentation dans les poids des échantillons expérimentaux qui est causé par l'augmentation de la teneur en eau et la baisse du taux d'extrait sec total.

Cette baisse en teneur de sel a fait augmenter les valeurs de pH ce qui a limité la croissance des bactéries lactiques (streptocoques et lactobacilles).

Par contre la diminution de la teneur en sel n'a pas trop influencé la prolifération bactérienne et la flore de contamination des échantillons expérimentaux (C1, C2, C3) qui sont restés dans les normes admises avec des valeurs proche du témoin.

En ce qui concerne l'analyse organoleptique, les panélistes ont choisi le lot expérimental témoin comme le meilleur des lots, cependant ils ont considéré les 3 autres lots expérimentaux (C1, C2, C3) comme des produits acceptables qui ont des qualités sensorielles satisfaisantes.

Cette étude nous a permis de connaître les relations étroites qui existent entre les qualités physico-chimiques, microbiologiques et organoleptiques, cette relation fait que l'on ne peut pas baisser les teneurs en sel sans influencer ces qualités. D'une manière générale l'échantillon témoin est considéré comme le meilleur des fromages malgré sa teneur en sel (5,09g) qui est excessive.

D'autres études ont été faites par des chercheurs qui ont eu comme objectif de diminuer la concentration du NaCl et de le remplacer par le KCl. L'utilisation du KCl apparaît être doublement avantageuse car elle permet de réduire le sodium, tout en augmentant l'apport en potassium. Cet élément nutritif est généralement en carence dans la diète humaine et aussi reconnu pour réduire la pression artérielle. (Do tsch et al., Geleijnse et al., 2003).

Références bibliographiques

- Carole L. Vignola, 2002. Science et technologie du lait, transformation du lait, 349-354.
- JEAN C., et DIJON C., (1993) Au fil du lait, ISBN 2-86621-172-3.
- AMIOT J., FOURNER S., LEBEUF Y., PAQUIN P., SIMPSON R et TURGEON H, 2002)
- CHEFTEL Jean-Claude ; CHEFTEL Henri ; Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments ; TEC & DOC – LAVOISIER ; 1977.
- POINTURIER H., (2003) La gestion matière dans l'industrie laitière, Tec et Doc, Lavoisier, France: 64 (388 pages).
- GUIRAUD J.P, 2003. Microbiologie Alimentaire. Dunod. Paris. 651p.
- FREDOT E., (2005): Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Tec et Doc, Lavoisier:10-14 (397 pages).
- REUMONT P., (2009): Licencié Kinésithérapie, <http://www.medisport.be>.
- VIERLING E., (2003) : Aliment et boisson-Filière et produit, 2ème édition, doin éditeurs, centre régional de la documentation pédagogique d'Aquitaine:11(270 pages).
- Le Codex Alimentarius (CODEX STAN 206-1999)
- THIEULIN G. et VUILLAUME R., (1967)
- RHEOTEST M., (2010) Rhéomètre RHEOTEST® RN et viscosimètre à capillaire RHEOTEST® LK – Produits alimentaires et aromatisants <http://www.rheoest.de/download/nahrungs.fr.pdf>
- VIGNOLA, 2002. Transformation du lait, science et technologie du lait.1p.
- Michel A. Wattiaux, l'Institut Babcock pour la Recherche et le Développement International du Secteur Laitier
- David B. Fankhauser, « Fankhauser's Cheese » , 2007.
- JEAN-LUC EVETTE, la fromagerie, 1975
- Le code de principe FAO/OMS (Norme A-6/1978 modifiée en 1990)
- Kindstedt, P. S., Larose, K. L., Gilmore, J. A., Davis, L. (1996). Distribution of salt and moisture in Mozzarella cheese with soft surface defect. *Journal of Dairy Science*, 79, 2278-2283.
- ECK.A, 1987 « le fromage » 2^{ème} Edition, technique et documentation (LAVOISIER) (P :62-70,259-278, 20-23)
- Gérard Roger-Gervais, « L'esprit du camembert », 2005
- (Centre d'information sur la qualité des aliments (CIQUAL), 2008
- Philippe Meyer, *L'Homme et le sel*, Fayard, 1982, p. 47
- Jean-Claude Hocquet, *Le Sel et le pouvoir. De l'an mil à la Révolution française*, Albin Michel, 2012, 520 p.

Références bibliographiques

- Michèle Barrière, « Le sel », *Historia*, novembre 2011, p. 18
- LABOURET P., 2002, *Le sel : Bienfaits et méfaits.*
- DOSSOU-YOVO P., 2002, *Justification biochimique de l'amélioration de procédés traditionnels de production du Lanhouin au Bénin.* Thèse de Doctorat ès Science technique, soutenue à Astrakhan, Russie
- CLINQUART A., 2005, *Les techniques de conservation des aliments,* Université de Liège, Faculté de Médecine vétérinaire (secteur Technologie), 25 pp.
- MESCLE J-F., 2002, Additifs conservateurs (antibactériens, antifongiques), in *Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires*, 191-205, Multon J-L , Tec & Doc Lavoisier, Paris, dernière édition.
- Richoux R., JR Kerjean JR., 2003. Manuel du Salage en fromagerie - Théorie et Pratique, édition, Atla-Arilait, 69 pages
- TP Guinee, BT O'Kennedy 2007 Reducing salt in cheese – in Reducing salts in foods, ed Woodhead, Lnd, 316
- Afssa, 2010. Avis de l' Afssa relatif aux conséquences sur les flores microbiennes d'une réduction en taux de sel dans les aliments. Saisine 2008-SA-0173
- André Eck et Jean-Claude Gillis, *Le fromage*, TEC & DOC lavoisier, 2006,
- Yolande Noël, G. Mazerolles, R. Grappin, « La caractérisation des fromages vers une approche globale, intégrée, multi-variables et modulable : Industrie laitière », *Industries alimentaires et agricoles*, vol. 117, n° 12, 2000

Chapitre 1

Présentation de l'unité Sidi Saâda

Chapitre 2

Le lait

Chapitre 3

Le fromage

Méthodologie

Résultats et discussion

Conclusion

Références

bibliographiques

Introduction

Chapitre 4

Le sel

Table des matières

Introduction générale

Partie Bibliographique

Chapitre I : Présentation de l'unité de Sidi Saada

I.1. Complexe laitier de SIDI SAADA.....	1
I.1.1. Identification	1
I. 2. Situation géographique.....	1
I.3. Historique	1
I.4. Statut de l'entreprise.....	2
I. 5. Infrastructures	2
I.6. Produits fabriqués	2
I.7. Capacités et conditions de stockage de l'entreprise	2
I.8. Description de l'atelier de fabrication de la pâte molle type camembert	2

Chapitre II : Le lait

II.1. 1-Définition du lait :.....	4
II.2.Composition du lait <i>de vache</i>	4
II.2.1. Principaux constituants du lait	5
II.2.1.1. Eau	5
II. 2.1.2. Les glucides	5
II.2.1.3. Les lipides	5
II.2.1.4. Les protéines	6
II.2.1.5. La matière minérale	6
II. 2.1.6. Les vitamines :	7
II.3. Les constituants à activités biologiques du lait	8
II. 3.1. Masse volumique	8
II.3.2. La densité	8
II. 3.3. Point de congélation	8
II. 3.4. Point d'ébullition	9
II. 3.5. Acidité du lait	9
II. 4. Qualité organoleptique du lait :	10
II. 4.1. La couleur	10
II. 4.2. L'odeur	10
II. 4.3. La saveur	10
II. 4.4. La viscosité	10
II. 5. Qualité microbiologique du lait	11
I. 5.1. Bactéries :	11
II 5.1.1. Bactéries acidifiantes	12

Table des matières

II 5.1.2. Bactéries productrices de gaz	12
II 5.1.3. Bactéries protéolytiques.....	13
II 5.1.4. Bactéries Lipolytiques	13
II 5.2. Levures et moisissures.....	13
Chapitre III : Le fromage	
III.1. Définition de fromage.....	14
III.2. Classification des fromages	14
III.2.1. Pâte molle.....	15
III.2.1.1 Pâtes molles à croûte fleurie.....	15
III.2.1.2. Pâtes molles à croûte lavée	15
III.2.2. Pâte semi-ferme	15
III.2.2.1. Pâte semi-ferme affinée dans la masse	16
III.2.2.2. Pâte semi-ferme affinée en surface.....	16
III.2.2.4. Pâte persillée.....	16
III.2.2.5. Pâte fraîche	17
III.3. Valeur nutritionnelle	17
III.3.1. Le fromage a-t-il la même valeur nutritionnelle que le lait.....	17
III.3.2 Les apports nutritionnels et énergétiques des fromages.....	18
III.3.2.1. Teneur de calcium en fromage	18
III.3.2.2. Teneur en protéine des fromages.....	19
III.3.2.3. Teneur en lipide des fromages.....	20
III.3.2.4. Teneur en minéraux et en oligo-éléments des fromages.....	20
III.4. Aspect organoleptique.....	21
III.4.1. Propriétés rhéologiques et texturales.....	21
III.4.2. Aspect et couleur.....	21
III.4.3. Arôme et saveur.....	21
III.5. Fromages à pâtes molle type camembert	22
III.5.1. Définition	22
III.5.2. Valeur nutritionnelle.....	22
III.5.3. Description de la technologie de fabrication du camembert à l'unité de Sidi Saada.....	22
III.5.3.1. Réception du lait	22
III.5.3.2. Standardisation	22
III.5.3.3. Pasteurisation	23
III.5.3.4. Maturation	23
III.5.3.5. Coagulation	23
III.5.3.6. Tranchage.....	23
III.5.3.7. Moulage- égouttage.....	24
III.5.3.8. Salage	24

Table des matières

III.5.3.9.	Ressuyage
.....24	
III.5.3.10.	Affinage
.....24	
III.5.3.11.	Séchage
.....25	
III.5.3.12.	Conditionnement
.....25	
III.5.3.13. Stockage.....	25
Chapitre IV : Le sel	
IV.7.1.1. Perte d'eau de la pâte du fromage	
IV.1 Définition	27
IV.2 Typologie.....	27
IV.2.1. Sel naturel.....	27
IV.2.2. Sel raffiné.....	27
IV.2.2.1. Adjuvants divers, rajout d'iode et fluoration.....	28
IV.2.2.2. Sel de table.....	28
IV.3. Composition du sel	28
IV.3.1. Cristal de sel	29
IV.4. Effet du sel dans les aliments	29
IV.4.1. Exhausteurs de goût.....	30
IV.4.2. Révélateur de couleur	30
IV.4.3. Régulateur de fermentation	30
IV.4.4. Conservateur	30
IV. 5 .Utilisation en fromagerie.....	30
IV.5.1. Modalités du salage.....	31
IV.5.1.1. Salage à sec en surface.....	31
IV.5.1.2. Salage à sec dans la masse.....	31
IV.5.1.3. Salage en saumure.....	31
IV.5.1.3.1 La saumure, un milieu en constante modification.....	32
IV.6. Processus pendant le séjour du fromage dans le bain de sel.....	32
IV.6.1. Diffusion de l'eau et du sel de cuisine.....	32
IV.6.2. Processus d'échange d'ions.....	33
IV.7. Paramètres importants de la saumure.....	34
IV.7.1 Tenu en sel.....	34
IV.7.1.2. Absorption de sel par le fromage.....	34
IV.7.1.3. Capacité d'absorption de la caséine dans la zone de la croûte / propriétés de la croûte.....	35
IV.7.2. Température de la saumure.....	35
IV.7.3. PH de la saumure.....	35
IV.7.4. Degré d'acidité de la saumure.....	36
IV.7.5. Teneur en calcium.....	37
IV.7.6. Teneur en métaux lourds.....	37
IV.8. Statut microbiologique du bain de sel.....	38
IV.8.1. Multiplication des germes dans la saumure.....	38
IV.8.2. La saumure, source de contamination bactérienne.....	39
IV.8.3. La saumure, source de contamination par des listérias.....	39
IV.9. Contamination.....	39

Table des matières

IV.10 .Contrôles du bain de sel.....	39
IV.11. Rôles du sel pour les fromages.....	41
IV.11.1. Complément d'égouttage et formation de la croûte.....	41
IV.11.2. Régulation de l'activité de l'eau: un paramètre essentiel en fromagerie.....	41
IV.11. 3. Sel et qualité organoleptique.....	42
IV.11.3.1. Sel et texture des fromages.....	42
IV.11.3.2. Sel et aspect visuel.....	44
IV.11.3.4. Sel et goût des fromages.....	44
IV.11.4. Sel et qualité microbiologique	45

Méthodologie

1. BUT.....	46
2. Protocole expérimental.....	46
3. Analyses expérimentales.....	46
3.1 Analyses physico-chimiques.....	46
3.1.1 PH.....	46
3.1.2. Matière grasse.....	46
3.1.3. Mesure du taux de sel (NaCl).....	47
3.1.4 .L'extrait sec total.....	47
3.1.5. Mesure de poids	48
3.2 Analyses microbiologiques.....	48
3.2.1. Dénombrement des coliformes fécaux et totaux	48
3.2.2. Recherche de staphylococcus aureus	49
3.2.3. Recherche et dénombrement de Clostridium sulfito réducteur	50
3.2.4. Dénombrement des streptocoques lactiques	50
3.2.5. Dénombrement des Lactobacilles	50
3.3. Test organoleptique.....	51
3.4. Calculs statiques.....	51

Résultats et discussion

I. Analyses physico-chimiques des pâtes molles expérimentales type camembert.....	52
I.2. L'humidité, l'extrait sec total et le poids.....	52
I.3. pH.....	54
II. Analyses microbiologiques des pâtes molles expérimentales types camembert.....	55
II.1. La flore de contamination.....	56
II.2. la flore lactique.....	57
III. Analyses organoleptiques des pâtes molles expérimentales type camembert.....	59
Conclusion générale.....	63

Référence bibliographique