

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

Université SAAD DAHLEB de BLIDA  
Faculté des sciences agro-vétérinaires et biologiques  
Département d'agronomie

**Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de master  
académique**

Option : Nutrition et contrôle des aliments

Thème

**Contrôle de la qualité d'une spécialité fromagère et l'étude  
de l'effet bactériostatique des sels de fonte vis-à-vis  
de Staphylococcus aureus**

Présenté par :  
M<sup>lle</sup> ZOUAOUI Hadjer

Soutenu le : 26/06/2013

Devant le jury :

<b>Président</b> : Mr. MEGATLI S.	MCB	USDB
<b>Examineur</b> : Mr. BOUSBIA N.	MCB	USDB
<b>Examinatrice</b> : M <sup>me</sup> CHAKNANE F.	MCB	USDB
<b>Examineur</b> : Mr. RAMDANE S.	MAA	USDB
<b>Examinatrice</b> : M <sup>me</sup> IDRES A.	MAA	USDB
<b>Promotrice</b> : M <sup>me</sup> DEFFAIRI D.	MAA	USDB

**Promotion : 2012 – 2013**

## Remerciements

Louange à « Dieu » le tout puissant de nous avoir permis de réaliser dans de très bonnes conditions, ce modeste travail en tonifiant toute l'énergie dont il a bien voulu nous investir.

« Remercier » est un devoir en fin de mémoire car sans le dévouement, la rigueur, les qualités scientifiques et l'aide morale de plusieurs personnes, nous n'aurions pu mener à bout notre travail. Nous tenons donc à remercier toutes les personnes qui nous ont aidées de près ou de loin dans l'élaboration de ce mémoire. Qu'ils trouvent ici toute notre reconnaissance, notre confiance et notre amitié.

Tout d'abord à notre promotrice Mme Deffairi D. maitre assistante A qui a accepté de nous encadrer pour la réalisation de ce travail, pour ses encouragements et ses conseils scientifiques qu'elle a su nous prodiguer.

Nous tenons également à remercier très sincèrement Mr Megatli S. maitre de conférences au département de chimie université SAAD DAHLEB de Blida pour nous avoir fait l'honneur de présider le respectueux jury.

Nos remerciements s'adressent aussi à Mr Bousbia N., Mme Idres A. et Mme Chaknane F. qui ont consacré une partie de leur temps à examiner notre travail.

Nous remercions également :

\* l'équipe du laboratoire de l'industrie Groupe GOUMIDI, Mourad, Sarah et Khaled qui nous ont été d'un grand soutien et qui nous ont apporté tout ce qui est nécessaire pour la réalisation de nos analyses, et nous ont permis de travailler dans un environnement scientifique de qualité.

\* Mr Goumidi R. le propriétaire de l'industrie Groupe GOUMIDI ainsi que Mr Boufekrane le chef de la production dans l'industrie Groupe GOUMIDI qui nous ont fait bénéficier de leur compétence scientifique.

\*Mr Ramdane S. et Mme Guendouz A. chef de département d'agronomie à l'université de Blida pour leurs précieux conseils, gentillesse et disponibilité.

## Dédicaces

*Je dédie mon mémoire de fin d'étude*

À

**Mon très cher père , et ma très chère mère**

*en témoignage de ma reconnaissance envers le soutien, les sacrifices et tous les efforts qu'ils ont fait pour mon éducation ainsi que ma formation*

À

**Mes chers frères , et mes chères sœurs**

*Asma, Rafik, Meriem et Abdelbasset pour leur affection, compréhension et patience*

À

**Mes beaux frères**

*Laarbi et Chaabane*

À

**Ma chère nièce**

*Maria, que dieu te protège*

À

**Toute ma famille**

*Mes grands-parents, mes tantes et oncles, cousins et cousines*

À

**Mon cher grand-père Muhamed**

*Que dieu ait pitié de son âme*

À

**Mes amies**

*Imene, Chahira, Nesrine, Ismahane, Karima, Samia et Fifi*

À

**Ma chère amie**

*Nadia, qui a toujours été à mes côtés sans oublier sa famille*



## Résumé

Notre travail a consisté au contrôle de la qualité d'une spécialité fromagère fondue « Bravo-cheese » produite au sein de l'industrie du groupe Goumidi. Puis, la combinaison des sels de fonte utilisée dans sa technologie a été étudiée à différentes concentrations vis-à-vis de *Staphylococcus aureus*, afin de déterminer l'aptitude des sels de fonte à l'inhiber et de déterminer la concentration minimale inhibitrice.

Les résultats du contrôle de la qualité sont jugés satisfaisants du fait de leur conformité aux différentes normes. L'étude de l'effet bactériostatique a révélé une action inhibitrice à l'égard de *Staphylococcus aureus* à la concentration 3%.

## Mots clé

Concentration minimale inhibitrice, contrôle microbiologique, contrôle physico-chimique, effet bactériostatique, sels de fonte, spécialité fromagère fondue.

## **Abstract**

### **The control of the quality of a specialty cheese and the study of a bacteriostatic effect of emulsifying salts against *Staphylococcus aureus***

Our work was to control the quality of a specialty cheese « Bravo-cheese » produced within the group of Goumidi industry. Then, the combination of emulsifying salts used in his technology was studied at different concentrations against *Staphylococcus aureus*, to determine the ability of emulsifying salts to inhibit it and determine the minimum inhibitory concentration.

The results of the quality control are satisfactory because of their compliance with various standards. The study of bacteriostatic effect showed an inhibitory action against *Staphylococcus aureus* at a concentration 3 %.

## **Keywords**

Bacteriostatic effect, Emulsifying salts, microbiological control, minimum inhibitory concentration, physico-chemical control, specialty cheese.

## نوعية تحضير العنقودية الذهبية

المذبية	للبكتيريا	التأثير	النوعية لتحضير
قوميدي "برافو شيز" هذا	تركيبه	الأولية	التحضير
هذا التحضير	تكنولوجيا	ميكروبيولوجية	النهائي. التشكيلة
تنبيطها	تحديد	المذي	دراستها تراكيذ
		العنقودية الذهبية	تحديد تركيز .
النهائي مرضية		الأولية للتحضير	النوعية
المذي ظهرت		للبكتيريا للتشكيلة	المعايير.
		التأثير	العنقودية الذهبية
		التركيز 3 %.	

## الرئيسية

تركيز، مذبية، تحضير، فيزيوكيميائية، ميكروبيولوجي

## **Abréviations**

**°F** : degré français

**µs** : micro-siemens

**AFNOR** : Association française de normalisation

**BCPL** : bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol

**BGT** : Bouillon Glucosé Tamponné

**CMI** : concentration minimale inhibitrice

**ESD** : extrait sec dégraissé

**EST** : extrait sec total

**FAO** : Food agriculture organization

**ISO** : international organization for standardization

**JORA** : Journal officiel de la république algérienne

**MG** : matière grasse

**NPP** : nombre le plus probable

**PCA** : Plat-Count-Agar

**pH** : potentiel hydrogène

**TH** : titre hydrométrique

**UHT** : ultra haute température

**VRBL** : cristal violet, rouge neutre, bile, lactose



## Liste des figures

N° des figures	Titre des figures	Page
<b>Figure 1</b>	Schéma général de la fabrication des fromages (Roudaut et Lefrancq, 2005)	04
<b>Figure 2</b>	Principales voies de la fabrication du fromage fondu (Boutonnier, 2002)	12
<b>Figure 3</b>	Action de la combinaison des sels de fonte sur <i>Staphylococcus aureus</i>	40

## Liste des tableaux

<b>N° du tableau</b>	<b>Titre des tableaux</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau I</b>	Résultats de quelques paramètres physico-chimiques de l'eau de process	34
<b>Tableau II</b>	Résultats de quelques paramètres physicochimiques de l'ensemble des poudres	35
<b>Tableau III</b>	Résultats de quelques paramètres physico-chimiques du cheddar, de la pâte pressée ainsi que de la matière grasse végétale	36
<b>Tableau IV</b>	Résultats de quelques paramètres physico-chimiques du produit fini	36
<b>Tableau V</b>	Résultats du contrôle microbiologique de l'eau de process	37
<b>Tableau VI</b>	Résultats du contrôle microbiologique des matières premières	38
<b>Tableau VII</b>	Résultats du contrôle microbiologique du produit fini	38

# Sommaire

<b>INTRODUCTION</b> .....	01
 <b>Partie I : Etude bibliographique</b>	
<b>I. LE FROMAGE</b>	
I. 1 Définition .....	03
I. 2 Composition et intérêt nutritionnel.....	03
I. 3 Principes généraux de la fabrication.....	03
<b>II. LA SPECIALITE FROMAGERE FONDUE</b>	
II. 1 Définition.....	05
II. 2 Matières premières et additifs de fonte.....	05
II. 3 La spécialité fromagère de qualité.....	10
II. 4 Technologie de la fonte et contrôle de la qualité.....	11
 <b>Partie II : Etude expérimentale</b>	
<b>MATERIEL ET METHODES</b>	
<b>I. Matériel</b>	
I. 1 Matériel non biologique .....	18
I. 2 Matériel biologique .....	18
<b>II. Méthodes</b>	
II. 1 Contrôle de la qualité de la spécialité fromagère fondue.....	18
II. 1. 1 Méthode de prélèvement et échantillonnage .....	18
II. 2. 2 Contrôle physico-chimique .....	19
II. 2. 2. 1 Matières premières.....	19
II. 2. 2. 2 Produit fini.....	24
II. 2. 3 Contrôle microbiologique .....	24
II. 2. 3. 1 Préparation des dilutions.....	24
II. 2. 3. 2 Matières premières .....	25
II. 2. 3. 3 Produit fini.....	31
II. 2 L'étude de l'effet bactériostatique des sels de fonte sur <i>Staphylococcus aureus</i> .....	31
II. 2. 1 Préparation de la souche .....	31
II. 2. 2 Préparation des sels de fonte .....	32

## **RESULTATS ET DISCUSSIONS**

I. Résultats du contrôle de la qualité .....	34
I. 1 Contrôle physico-chimique.....	34
I. 1. 1 Matières premières .....	34
I. 1. 2 Produit fini .....	36
I. 2 Contrôle microbiologique .....	37
I. 2. 1 Matières premières .....	37
I. 2. 2 Produit fini.....	38
II. Résultats de l'effet bactériostatique des sels de fonte .....	39
<b>CONCLUSION</b> .....	43

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## **ANNEXES**

## **Introduction**

Le fromage a toujours été une valeur sûre de l'alimentation humaine. C'est le résultat d'une transformation du lait très ancienne puisque des écrits témoignent de sa fabrication quelque trois mille ans avant notre ère en basse Mésopotamie (Boutonnier, 2000). Source précieuse de protéines, le fromage est une forme de conservation des deux constituants insolubles du lait, la caséine et la matière grasse. Ils sont obtenus par coagulation du lait suivie d'un égouttage (Meyer, 1999).

Cependant, la coagulation du lait et l'égouttage du caillé qui en résulte n'offrent qu'une stabilité relative et variable selon les fromages. Afin de prolonger la durée de vie du fromage, plusieurs procédés ont été développés. Tout comme le fromage fondu, les spécialités fromagères fondues préparées à partir de fromages présentant des défauts (Froc, 2007), est une préparation plus récente qui a permis une stabilisation bien plus poussée des protéines laitières tout en conservant plus au moins au produit fini l'aspect d'un fromage (Boutonnier, 2000).

Toute fois, tous les pays du monde ont besoin de faire un contrôle alimentaire pour garantir que les aliments sont sains, de bonne qualité. Ce contrôle alimentaire comporte toutes les activités entreprises pour assurer la qualité, la sécurité sanitaire des aliments à toutes les étapes, depuis la production primaire, la transformation, le stockage, jusqu'à la commercialisation et la consommation (FAO, 2001).

Afin de garantir la sécurité et la bonne qualité d'une spécialité fromagère produite en Algérie par l'industrie du groupe Goumidi « Bravo cheese », s'incère notre étude dont le but est de réaliser un contrôle physico-chimique et microbiologique des matières premières rentrant dans la composition de cette spécialité fromagère ainsi qu'au produit fini.

La combinaison des sels de fonte (S9, Pz6 et C spécial) utilisée dans la technologie de cette spécialité fromagère va faire l'objet d'une étude de l'effet bactériostatique à différentes concentrations vis-à-vis de *Staphylococcus aureus* afin de :

- Déterminer l'aptitude de cette combinaison à inhiber *Staphylococcus aureus* ;
- Déterminer la concentration minimale inhibitrice.

## **I. Le fromage**

### **I. 1 Définition**

Le mot « fromage » dénomme un produit à base de lait, il a pour origine le latin *forma* qui signifie « former » ou « mouler », mais il découle aussi de *formatica* ou *formaticus*, « fait au moule » (Froc, 2007).

La dénomination « fromage » selon (le décret n° 2000-62 du 27/04/2007) est réservée au produit fermenté ou non, affiné ou non, obtenu à partir des matières d'origine exclusivement laitière suivantes : lait, lait partiellement ou totalement écrémé, crème, matière grasse, babeurre, utilisées seules ou en mélange et coagulées en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la partie aqueuse. La teneur minimale en matière sèche doit être de 23 g pour 100 g de fromage (Gret, 2011).

Selon Mahaut et *al.* (2003), le fromage résulte de la concentration des éléments majeurs du lait (protéines, matières grasses) sous l'action de l'acidification et/ou d'une enzyme (le plus souvent, la présure).

### **I. 2 Composition et intérêt nutritionnel**

Les fromages présentent un intérêt nutritionnel important, ils apportent des protéines d'excellente valeur biologique (du fait de leur teneur en acides aminés essentiels et de leur digestibilité très élevée) et surtout du calcium. Ils apportent aussi des lipides, des glucides, ainsi que des vitamines A, D, B2 (Eck et Gillis, 1997 ; Molinier, 2007).

La teneur en protéine varie de 10 à 30 % dans les fromages, ce sont les aliments les plus riches en protéines, en particulier les fromages à pâte pressée dont la teneur en protéines (30 %) dépasse celle de la viande (20 %) (Eck et Gillis, 1997).

Tout comme le calcium du lait, le calcium des fromages est bien assimilé par l'organisme humain en raison des proportions respectives de calcium et de phosphore qu'ils apportent et de la présence concomitante de protéines qui en favorisent l'absorption intestinale (Eck et Gillis, 1997).

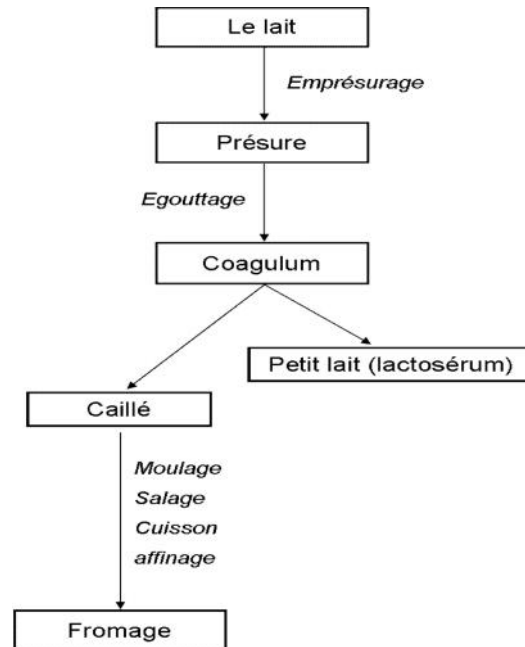
Les vitamines sont en quantité variable (Mahaut et *al.*, 2003) :

- Les vitamines liposolubles (essentiellement A et D) sont apportées par les lipides ;
- Les vitamines hydrosolubles (B<sub>2</sub>, PP, B<sub>6</sub>, acide pantothénique) sont synthétisées par les microflores bactériennes et fongiques.

### **I. 3 Principes généraux de fabrication**

Le fromage est le produit obtenu par coagulation du lait suivie d'un égouttage du coagulum. Il est essentiellement constitué d'un gel de caséine retenant les globules gras et une partie plus au moins importante de la phase aqueuse du lait (FAO, 1995).

Les grandes étapes de fabrication du fromage d'après Roudaut et Lefrancq (2005) sont représentées dans la figure 1.



**Figure 1** : schéma général de la fabrication des fromages (Roudaut et Lefrancq, 2005).

Selon Vignola (2002), la transformation du lait en fromage comporte, pour la plus grande partie des fromages, trois étapes principales :

**La coagulation** est la transformation de la fraction protéique du lait qui passe de l'état liquide à l'état de gel (Drogul et *al.*, 2004). Elle se fait par deux manières : à l'aide d'un acide ou à l'aide de présure, il en résulte la formation d'une masse coagulée appelée « caillé » et un liquide restant appelé « le petit-lait » (Ebing et Rutgers, 2006).

**L'égouttage** appelée aussi ressuyage, il permet d'éliminer le petit lait encore présent dans le caillé et de fixer la teneur en eau du fromage (Fournier, 2007).

**L'affinage** est le maintien du fromage pendant un certain temps dans les conditions nécessaires pour que s'opèrent les changements biochimiques et physiques caractéristiques du fromage (Vierling, 2008). Selon Ebing et Rutgers (2006), les protéines et les graisses se décomposent partiellement au cours de l'affinage du fromage qui change de structure et de goût. Plus le fromage vieillit, plus il a de goût.

## **II. La spécialité fromagère fondue**

### **II. 1 Définition**

La dénomination « spécialité fromagère fondue » est réservée aux produits laitiers autres que les fromages fondus, dont la teneur minimale en matière sèche est de 25 g pour 100 g de produit, préparés à partir de fromage et d'autres produits laitiers. Ce produit est obtenu par des techniques de traitement qui incluent la fonte et conduisent à l'émulsification des matières premières et doit avoir subi, au cours de sa fabrication, une température d'au moins 70°C pendant 30 secondes ou toute autre combinaison de durée et de température d'effet équivalent (JORF, 2007).

Dans les préparations fromagères, le mot « préparation » d'après Froc (2007), signifie qu'il ne s'agit pas d'un fromage seul, mais d'une matière hétérogène, dont souvent plusieurs fromages et dérivés forment la base. Il s'agit, dans leur majorité, de produits liés à la récupération ou valorisation de restes de fromages « passés » ou accidentés.

Les spécialités fromagères fondue sont des produits obtenus par le mélange de fromages de différentes origines et à différents stades d'affinage avec des sels de fonte ; ce mélange est broyé puis chauffé sous vide partiel et agitation constante, jusqu'à obtention d'une masse homogène qui est conditionnée dans un emballage protecteur. D'autres ingrédients d'origine laitière et non laitière peuvent être additionnés au mélange (Paquet, 1988 ; Guinée et *al.*, 2004).

### **II. 2 Matières premières et additifs de fonte**

Les spécialités fromagères sont fabriquées à partir de : matières premières lactiques et non lactiques, caséines ou caséinates, lactosérum, matières grasses d'origine végétale, poudre de lait écrémé, amidon, sels de fonte, additifs... (Caric, 2000 ; Fox et *al.*, 2000 ; Huang et *al.*, 2010).

#### **II. 2. 1 Matières premières lactiques**

##### **a. Les fromages**

Les spécialités fromagères fondues sont les produits laitiers dans lesquels le fromage est l'ingrédient laitier majoritairement utilisé comme matière première (Commission codex alimentarius, 2004).

Une sélection adaptée des fromages naturels est primordiale pour la fabrication d'une spécialité fromagère de qualité. Leur choix est généralement orienté sur des caractéristiques et des propriétés de base dont les principales sont : le goût, la composition, la disponibilité, le coût (Chambre et Daurelles, 1997).



Dans certains pays, d'après Eck et Gillis (2006) la spécialité fromagère fondue est faite à partir d'une seule variété de fromage à différents degrés d'affinage.

Parmi les fromages naturels les plus utilisés, on peut citer le Cheddar au Royaume-Uni et en Australie ; l'Emmental en Europe occidentale ainsi que le Gruyère et la Mozzarella aux USA et au Canada. En se basant sur la flaveur, la maturité, la consistance, la texture et l'acidité (Chambre et Daurelles, 1997).

### **b. La caséine**

Le terme caséine désigne, en réalité, un mélange hétérogène de protéines phosphorylées, spécifiques du lait. C'est un complexe protéique à caractère acide en raison de sa richesse en acides aspartique et glutamique et en ions phosphates (Jouan, 2002). La caséine est utilisée principalement pour ses qualités nutritionnelles et fonctionnelles, elle est un ingrédient important dans la fabrication des fromages fondus (Bauer et *al.*, 2010).

### **c. La poudre de lait écrémé**

La poudre de lait est obtenue par l'élimination de l'eau contenue dans le lait, pour la poudre de lait écrémé, la teneur maximale en matière grasse laitière est de 1,5%, la teneur maximale en eau est de 5%, et la teneur minimale en protéines du lait dans l'extrait sec dégraissé est de 34% (FAO, 2001). Dans l'industrie fromagère, la matière grasse du lait frais est trop élevée pour obtenir des fromages ayant une teneur en matière grasse moyenne, d'où la nécessité d'écrémer partiellement ou totalement la matière première (Ramet, 1993). Le même auteur rapporte que l'ajout de la poudre de lait permet de renforcer l'extrait sec du lait, de raffermir considérablement le gel et améliorer la transformation du lait en fromage sans pour autant modifier sensiblement la qualité organoleptique du produit fini.

### **d. Le lactosérum**

Le lactosérum, plus simplement appelé sérum ou petit-lait, est la phase aqueuse qui est séparée du caillé lors de la fabrication du fromage. Elle comprend la plus grande partie de l'eau du lait ainsi que toutes les substances solubles telles que le lactose, les protéines solubles ou sériques, les sels minéraux et organiques solubles, les composés azotés non protéiques et finalement des traces de matières grasses. Selon le type de coagulation employée, lactique ou présure, on distingue le lactosérum acide et le lactosérum doux, dont les compositions sont différentes principalement au niveau des sels (Bauer et *al.*, 2010).

Selon Eck et Gillis (1997), le lactosérum présente un intérêt particulier car il permet de réguler les excédents et apporte des constituants notamment protéiques non dégradés par l'affinage.

Les mêmes auteurs rajoutent que le lactosérum doux issu de la fabrication de pâtes pressées cuites est fréquemment utilisé, mais, il est préférable de le déminéraliser au préalable pour éviter la présence de goûts salins trop marqués. L'apport de protéines de sérum est possible, mais à de faibles taux ne devant en général pas excéder 5% (de la formule).

#### **e. La préfonte**

Il s'agit de fromage fondu de récupération provenant de différents niveaux de la production. Le crémage est beaucoup plus rapide en présence de préfonte, son rôle régulateur de processus de fonte se justifie surtout dans le cas de fabrication des produits tartinables. Elle est particulièrement intéressante dans le cas des traitements UHT pour lesquels la pâte est extrêmement fluide après stérilisation (Boutonnier, 2000).

### **II. 2. 2 Matières premières non laitières**

#### **a. La matière grasse végétale**

D'après Bouchman (2000), les matières grasses végétales sont plus économiques que les matières grasses laitières, elles présentent en outre l'avantage d'une absence de cholestérol et d'une grande pauvreté en acides gras saturés. Selon Eck et Gillis (1997), il a été démontré expérimentalement que la cholestérolémie (facteur de risque le plus constant et le plus solidement relié à la fréquence des maladies cardiovasculaires) est sous la dépendance de la consommation de graisses saturées en excès par rapport aux graisses polyinsaturées, de là à rendre le fromage aliment riche en graisses saturées, responsable, au moins en partie, des anomalies du cholestérol sanguin.

Vierling (2008) propose aux sujets à tube digestif fragile de prendre de spécialités fromagères dans lesquelles, les matières grasses laitières ont été remplacées par des matières grasses végétales, riches en esters d'acides gras mono et polyinsaturés. Ces sujets doivent éviter les fromages à base de matière grasse laitière (du fait de la transformation des triglycérides et du cholestérol au cours de l'affinage par les enzymes et la flore microbienne, ce qui engendre des produits de dégradation « Acides gras mono et diglycérides, Méthylcétones, Alcools secondaires » irritants pour les muqueuses).

#### **b. L'amidon modifié (appelé aussi agent de texture)**

L'amidon est la principale forme sous laquelle les plantes accumulent des réserves énergétiques pour une utilisation future. Il est aussi la principale source alimentaire énergétique pour l'homme (Cecil, 1993).

L'amidon est largement utilisé dans l'industrie agroalimentaire car il présente de nombreuses fonctionnalités : épaississant, gélifiant, liant, émulsifiant, fixateur d'eau. Transformé en glucose par hydrolyse, l'amidon devient édulcorant, anticristallisant, colorant, acidifiant. Les sirops de glucoses entrent dans la composition des boissons

sucrées, des confiseries et des produits laitiers où ils contribuent à la texture, la couleur et l'arôme de l'aliment (Sindic et *al.*, 2010).

Selon Dupin et *al.* (1992), l'instabilité de certains amidons, en milieu acide, aux températures élevées ou encore sous l'effet de cisaillement, limite l'éventail de leur emploi en technologie alimentaire. Pour pallier tout ou partie de ces inconvénients, les amidons natifs peuvent être modifiés soit hydrothermiquement, soit chimiquement.

### **c. L'eau**

L'humidité des fromages étant généralement faible et puisque l'on incorpore des poudres, il est absolument nécessaire d'apporter de l'eau au mélange. Celle-ci permet de solubiliser et de disperser les protéines et d'émulsionner par conséquent la matière grasse libre. Cette eau doit être de qualité alimentaire, c'est-à-dire avec une faible teneur en microorganismes et en contaminants chimiques tels que les nitrates (Marshall, 1990 ; Berger et *al.*, 1993 ; Gliguem et *al.*, 2009).

### **d. Les protéines végétales**

Un bon nombre de personnes sont incapables de digérer les produits laitiers à cause d'une allergie à une protéine laitière (la caséine) (Wilson, 2006). Des études ont été entreprises sur le remplacement de la caséine dans les spécialités fromagères par différents types de protéines végétales ; les protéines de soja, des arachides et le gluten de blé. Ces dernières ont une capacité élevée d'absorption d'eau et génèrent une consistance épaisse et un peu fluide (Kim et *al.*, 1992 ; Ortega-Fleitas et *al.*, 2001).

Récemment, une méta-analyse de 38 tests effectués sous contrôle médical a mis en évidence que le remplacement des protéines animales par des protéines végétales de soja par exemple réduisait de façon significative la concentration plasmatique en triglycérides, en cholestérol total et en mauvais cholestérol (LDL), sans affecter le bon cholestérol (HDL) (McArdle et *al.*, 2004).

## **II. 2. 3 Les sels de fonte**

### **A. Définition**

Les sels de fontes sont des additifs technologiques majeurs utilisés dans la technologie de fonte, et agissent comme émulsifiants permettant de donner au produit fini une texture homogène. Sans eux, les différents composants : caséine, matière grasse et l'eau se sépareraient après arrêt du brassage (Luquet, 1990).

D'après Eck et Gillis (1997), les sels de sodium, de l'acide phosphorique et de l'acide citrique sont les plus utilisés dans la fabrication du fromage fondu.

**a. Les phosphates :** on distingue (Eck et Gillis, 1997) :

- Les monophosphates (orthophosphates) qui sont alcalin et constituent d'excellents tampons pour le pH ;
- Les diphosphates qui présentent un pouvoir de crémage considérable ;
- Les polyphosphates supérieurs qui ont un faible pouvoir de crémage mais sont d'excellents séquestrants du calcium.

En effet, une fois introduits dans les fromages, les polyphosphates séquestrent le  $Ca^{+2}$ , puis s'hydrolysent en présence des matières premières laitières en devenant diphosphates et orthophosphates. Les diphosphates obtenus favorisent le crémage qui se poursuit après la fonte si le refroidissement est lent, et même pendant le stockage (Eck et Gillis, 1997).

*Nb :* Les polyphosphates s'ils augmentent le phosphore alimentaire, sont considérés néanmoins comme sans conséquences toxicologiques (Vierling, 2008).

**b. Les citrates :**

Ce sont de bons séquestrants du calcium mais ils n'ont aucune action structurante au cours du crémage ce qui ne permet pas l'obtention d'une pâte fondue à tartiner (Eck et Gillis, 1997).

## **B. Propriétés des sels de fonte**

Les principales propriétés pour lesquelles sont utilisés sont :

**a. Le pouvoir complexant ou chélatant**

Il peut être défini comme l'aptitude à fixer des cations métalliques pour former des complexes solubles. Les polyphosphates permettent de retenir un composant métallique, le calcium, du système protéique et restent en solution après cette complexation. Leur aptitude de chélater le calcium s'accroît avec leur degré d'ionisation (fonction du pH) et longueur de chaîne. Après avoir extrait le  $Ca^{+2}$ , les protéines sont déverrouillées et sous une forme favorable à leur hydratation, elles vont jouer le rôle d'émulsifiants à l'interface du globule gras par leurs propriétés amphiphiles et permettre la formation de l'émulsion (Eck et Gillis, 1997).

**b. Le pouvoir tampon**

L'ajustement du pH constitue une étape importante dans le procédé de fabrication. La plage du pH tolérée se situe entre 5,2 et 6,2 en dehors de laquelle, les qualités de texture et de consistance ne peuvent pas être atteintes (Eck et Gillis, 1997). En effet, les sels de fonte permettent, par leur pouvoir tampon, d'ajuster le pH du produit à la bonne valeur (Chambre et Daurelles, 1997).

### **c. L'effet bactériostatique**

L'influence des polyphosphates sur la conservation reste toujours un sujet de recherche, il ne s'agit pas d'un effet bactéricide (les polyphosphates ne détruisent pas les micro-organismes) mais plutôt qu'ils possèdent des facultés bactériostatiques qui peuvent ralentir très nettement la multiplication des micro-organismes (Lee et *al.*, 2004 ; Borch et Lyken, 2007).

Certains de ces sels possèdent l'effet bactériostatique, c'est le cas surtout des polyphosphates et des orthophosphates qui peuvent inhiber très nettement la multiplication de plusieurs espèces de *Salmonella*, des bactéries à Gram positif y compris *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Clostridium sporogenes* et *Clostridium botulinum* (Loessner et *al.*, 1997). Cet effet s'explique par le fait que les parois et les membranes cellulaires de nombreux micro-organismes sont stabilisées par des ions  $Ca^{+2}$  qui ne sont plus disponibles après leur liaison avec les anions (les orthophosphates et les citrates) ce qui déstabilise l'enveloppe de ces micro-organismes (Eck et Gillis, 1997 ; Boutonnier, 2002).

## **II. 3 La spécialité fromagère de qualité**

La norme ISO 9000 (2000) définit la qualité comme « l'aptitude d'un ensemble de caractéristiques intrinsèques à satisfaire des exigences » (Branger et *al.*, 2007). AFNOR l'a défini comme « l'aptitude d'un produit ou d'un service à satisfaire exactement les besoins des utilisateurs en optimisant la perception de l'offre et en minimisant les défauts ou les erreurs » (Caronne, 2005).

D'après Bourouche et Le Bars (1996), une spécialité fromagère fondue de qualité apporte des qualités de présentation (absence de croûte, portions individuelles), de régularité, de conservation (texture stable), d'hygiène (absence de germes pathogènes), ainsi que des possibilités de fonte et de diversification dans la consistance (de la pâte tartinable jusqu'au bloc tranchable).

La spécialité fromagère fondue doit subir une série d'analyses rigoureuses et répétées selon trois plans : physico-chimique, bactériologique et organoleptique, et cela, doit se faire sur les matières premières, au cours de la fabrication et sur le produit fini (Boutonnier, 2002).

Le contrôle de la spécialité fromagère fondue doit avoir pour objectif l'assurance de la qualité tant sur le plan bactériologique (la bonne manipulation, l'hygiène, le respect de la température....) que physico-chimique (le respect de la matière sèche, de la matière grasse, du poids net, du pH....) (Boutonnier, 2002).

## **II. 4 Technologie de la fonte et contrôle de la qualité**

Les spécialités fromagères fondues bénéficient de la même technologie que celle mise en œuvre pour les fromages fondus (figure 2). La réglementation est toutefois moins exigeante pour les spécialités en ce qui concerne la teneur minimale en matière sèche, et plus souple pour l'introduction d'ingrédients comme la gélatine, dans la limite de 10% du produit fini pour la totalité des ingrédients ajoutés. Les spécialités fromagères peuvent être foisonnées, ou aromatisées dans la limite de 30% du produit fini (Ministère Français de l'Economie et des Finances, 2012).

Les dénominations « spécialité laitière » ou « préparation laitière » peuvent être utilisées en cas d'emploi de matière non laitière (amidon, gélatine...) à condition que cet ajout reste dans une proportion inférieure à la quantité maximale nécessaire pour obtenir l'effet technologique désiré dans le produit fini (Ministère Français de l'Economie et des Finances, 2012).

Selon (Eck et Gillis, 1997), les principales étapes de fabrication du fromage fondu sont :

### **II. 4. 1 La sélection des matières premières**

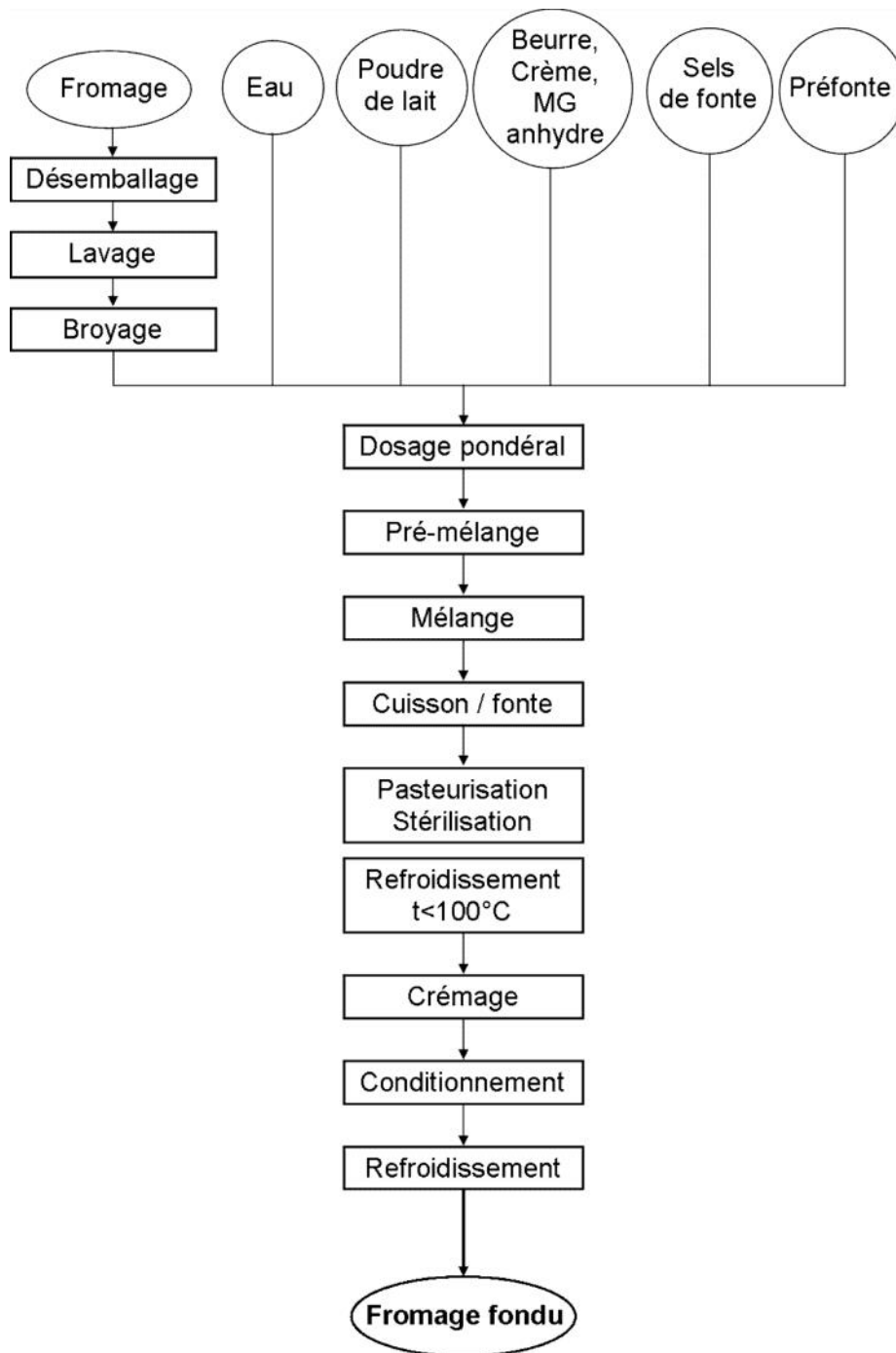
La sélection des matières premières est fonction de la formule du produit qu'on veut obtenir. Toutes ces matières premières feront l'objet d'un contrôle rigoureux avant utilisation quant à leur composition physico-chimique et bactériologique et leurs caractéristiques organoleptiques (Eck et Gillis, 1997).

D'après Boutonnier (2002), Les contrôles de qualité qui doivent se faire dès l'arrivée des matières premières sur le lieu de fabrication sont :

- *Contrôle physico-chimique* : pH, extrait sec et matière grasse. Il est également souhaitable de réaliser une analyse de la teneur en caséine relative, notamment pour les fromages affinés et de vérifier l'absence de contaminants.
- *Contrôle organoleptique* : aspect externe et interne, texture, couleur et flaveur.
- *Contrôle bactériologique* : estimation de la charge microbienne initiale en germes totaux et sporulés.

### **II. 4. 2 Ecroutage, découpage et broyage des fromages**

La dureté des fromages, particulièrement ceux à pâte dure ou demi dure peut entraîner des difficultés de fonte et une présence dans le produit fini de particules non fondues, c'est pour cette raison que ces fromages sont écroutés, traditionnellement, par un raclage ou un brossage ou par des jets d'eau chaude sous pression, ensuite, ils sont soumis à un broyage qui est une étape importante, car il est indispensable de dissocier



**Figure 2 :** Principales voies de la fabrication du fromage fondu (Boutonnier, 2002).

finement les fromages, pour obtenir un fromage fondu homogène (Guinée et *al.*, 2004 ; Eck et Gillis, 2006).

Dans certains cas, la matière première fromagère peut même être laminée pour la transformer en très fines brisures (Eck et Gillis, 1997).

### **II. 4. 3 Préparation de la formule**

Cette opération consiste à un mélange des différents types de fromages et autres produits laitiers et non laitiers (Luquet, 1990). Ce mélange est rajouté de l'eau et des sels de fonte, puis est effectué un prébroyage de l'ensemble pendant quelques minutes pour obtenir un mélange prêt à être fondu (Eck et Gillis, 1997).

La réhydratation des poudres avant le mélange est favorable à l'obtention d'un mélange homogène facilitant l'action des sels de fonte (Eck et Gillis, 1997).

Pour assurer une bonne qualité du produit fini, plusieurs paramètres doivent être suivis (Boutonnier, 2002) : au niveau de cette phase, il faut respecter les proportions des ingrédients par un contrôle de leurs masses, l'homogénéité de la pâte, mesure du pH et de la teneur en eau et si c'est possible de la teneur en matière grasse.

### **II. 4. 4 La fonte proprement dite (cuisson)**

La fonte ou la cuisson est l'étape clef de la fabrication de la spécialité fromagère fondue. C'est une opération essentielle, elle permet non seulement d'obtenir une masse fondue homogène, mais aussi de favoriser l'action des sels de fonte. En fonction du produit fini désiré, cette étape est réalisée par plusieurs techniques (Luquet, 1990 ; Eck et Gillis, 1997 ; Gauchéron, 2004) :

- Pétrins traditionnels à simple ou double cuves et chauffage par injection directe de vapeur pour une simple pasteurisation à 90-95°C ;
- Pétrins du même type mais conçus pour une stérilisation à 120-125°C ;
- Pétrins suivis d'une cuve de lancement aboutissant à un stérilisateur de type UHT à 135-145°C (permet de stériliser le produit tout en préservant ses qualités organoleptiques).

Les phénomènes biochimiques de la fonte s'expliquent par :

#### ***a) La peptisation***

Après avoir broyé les matières premières fromagères et dès la mise en contact avec l'eau et les sels de fonte, la déstructuration commence et se poursuit et s'accroît lors du traitement thermique ; les sels de fonte chélatent la  $Ca^{+2}$  lié aux protéines et transforment ainsi le paracaséinate de calcium en paracaséinate de sodium soluble, puis, les chaînes peptidiques sont en partie dissociées ; c'est le stade de la peptisation. En effet, le mélange passe dans le bac de lancement puis arrive à la cuve



de préchauffage avec une température de 60-65°C où il sera soumis à une pression sous vide pour atteindre 80-85°C. Grâce à une deuxième pompe, le produit est stérilisé entre 135-140°C par injection de vapeur, puis refroidit jusqu'à 95°C avant d'être renvoyé au bac de crémage (Eck et Gillis, 1997 ; Schaffer et *al.*, 2001).

### ***b) Le crémage***

Le crémage est un phénomène physico-chimique qui correspond à un épaississement ou un gonflement de la pâte fromagère et à sa viscosité, au cours de cette étape deux phénomènes peuvent être observés (Eck et Gillis, 2006) :

- *Hydratation* : est expliquée par la fixation des anions polyvalents des sels de fonte sur les substances protéiques au cours de la peptisation augmentant ainsi leur caractère hydrophile, donc d'autres liaisons se forment en présence de molécules qui grossissent, en absorbant des quantités importantes des protéines en fait augmenter leur solubilité ;

- *Émulsification* : la formation des liaisons ioniques inter et intra-protéiques entraîne la gélification du réseau protéique qui se poursuit au cours de la phase de refroidissement.

L'évolution de la viscosité au cours de cette phase particulièrement surveillée de façon à arrêter la réaction au stade optimal recherché. La spécialité fromagère fondue chaude (70-80°C) structurée peut alors être conditionnée (Eck et Gillis, 1997). Le temps, la température de la fonte et de la pasteurisation ou de la stérilisation, la vitesse de brassage, la qualité et la quantité de préfonte ajoutée pendant le crémage doivent aussi être surveillés (Boutonnier, 2002). Pour obtenir un produit avec goût, aspect, consistance il est absolument nécessaire d'assurer la corrélation des facteurs aussi importants tels que l'ajout de l'eau avant et après la fonte ; la température et la durée de la fonte ; l'agitation pendant la fonte et l'acidité (Miron et *al.*, 2006).

## **II. 4. 5 Conditionnement**

Le conditionnement est un processus très complexe, il est réalisé actuellement au moyens des machines automatiques à des cadences très rapides. Pour les portions de la spécialité fromagère fondue, il s'effectue dans une feuille en aluminium vernis sur les deux faces, la feuille est perforée par pression sur la machine sous forme d'une coquille qui, après remplissage avec la pâte fondue reçoit un couvercle avant l'accomplissement du scellage (Boutonnier, 2000).

Selon le même auteur, les paramètres à suivre au niveau de cette étape sont : la température de conditionnement, absence de fils de la spécialité fromagère, pliage et étanchéité des soudures pour les emballages souples, suivi des masses, de l'étiquetage et du bandé-rôlage.

## **II. 4. 6 Refroidissement et stockage**

Le refroidissement s'impose de manière à interrompre le processus de crémage plus au moins intense, et de conserver au produit une structure courte indispensable à l'obtention d'une tartinabilité satisfaisante (Boutonnier, 2000).

La conservation se fait dans des entrepôts dont la température se situant autour de 10-15°C s'avère suffisante pour éviter la poursuite du crémage, mais pas assez basse pour entraîner la formation de condensats sur les emballages (Eck et Gillis, 2006).

Certaines précautions doivent être prises au cours de la conservation des spécialités fromagères fondues, l'écrasement par surcharge et le mouillage surtout lorsqu'il s'agit de boîtes en carton doivent être évité ainsi que les changements de température brusque notamment par le passage du froid au chaud, ce qui provoque la détérioration particulièrement des emballages en carton (Luquet, 1990).

Un contrôle de qualité général doit s'effectuer au produit fini (Boutonnier, 2002) :

- Contrôle physico-chimique ;
- Contrôle bactériologique ;
- Contrôle organoleptique (brillance, couleur, absence de trous, de cristaux, de particules non fondus, consistance, olfaction...);
- Test de fonctionnalité (stabilité à la chaleur...).

La qualité du produit fini est conditionnée premièrement par la qualité de la matière première avec une directe influence sur l'aspect, le goût, la consistance et la conservation du produit. Pour choisir les matières premières pour les fromages fondus, il est nécessaire de prendre en compte les caractéristiques suivantes (Miron et *al.*, 2006):

- L'assortiment des sels de fonte ajoutés ;
- Le degré de maturation et la contenance en caséine des fromages;
- Les caractéristiques physicochimiques et organoleptiques des matières premières.

La présente étude menée du mois de Mars jusqu'au mois de Mai avait pour objectif le contrôle de la qualité de la spécialité fromagère fondue « Bravo cheese », ainsi que l'étude de l'effet bactériostatique de ses sels de fonte (S9 – Pz6 – C spécial) à différentes concentrations sur *Staphylococcus aureus*, dont le but est la détermination de l'aptitude des sels de fonte à l'inhibition de *Staphylococcus aureus* ainsi que la concentration minimale inhibitrice.

## **I. Matériel**

### **I. 1 Matériel non biologique (annexe I)**

### **I. 2 Matériel biologique**

La souche utilisée pour l'étude de l'effet bactériostatique est : *Staphylococcus aureus* (annexe II). Qui nous a été gracieusement donnée par le laboratoire de l'hôpital FABORD sur une gélose nutritive. Cette souche est référencée (ATCC 25923 / 04 604).

La poudre de lait, le cheddar, la pâte pressée, l'amidon, le lactosérum, la caséine et la matière grasse végétale constituent les matières premières de la spécialité fromagère fondue.

## **II. Méthodes**

### **II. 1 Contrôle de la qualité de la spécialité fromagère**

#### **II. 1. 1 Méthode de prélèvement et échantillonnage**

Le prélèvement est effectué sur les matières premières et le produit fini.

#### **a. Matières premières :**

- L'eau de process provient de l'atelier de production où des précautions d'asepsie ont été prises lors du prélèvement :
  - Rinçage des mains à l'alcool dilué ;
  - Stériliser le robinet par flambage et laisser l'eau couler 2 à 3 minutes ;
  - Les échantillons sont recueillis dans des flacons stériles de 100 ml (8 prélèvements sont effectués dont 4 sont destinés aux analyses physico-chimiques et 4 pour le contrôle microbiologique) ;
  - Les flacons sont étiquetés comportant la date et les références du prélèvement.
- Le cheddar, la pâte pressée, la matière grasse végétale, la poudre de lait, le lactosérum en poudre, l'amidon ainsi que la caséine sont ramenés dans des flacons stériles.

**Remarque :** le prélèvement de l'échantillon doit être effectué dans des conditions d'asepsie rigoureuses pour éviter toute sorte de contamination.

## **b. Produit fini :**

Ramener les portions emballées du produit fini pour les différentes analyses physico-chimiques et microbiologiques.

## **II. 1. 2 Contrôle physico-chimique**

Le contrôle physico-chimique a pour avantage de signaler les erreurs de fabrication afin de trouver les solutions possibles à appliquer. Il s'effectue sur les matières premières (l'eau de process, le cheddar, la pâte pressée, la matière grasse végétale, la poudre de lait, le lactosérum en poudre, l'amidon ainsi que la caséine en poudre) et sur le produit fini.

### **II. 1. 2. 1 Matières premières**

#### **A. L'eau de process**

Les paramètres physico-chimiques à contrôler pour l'eau de process sont :

##### **a. Mesure du pH**

###### **❖ Principe**

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (calomel – KCl saturé) plongeant dans une même solution est fonction linéaire du pH de celle-ci. Selon la loi de NERNST, le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions  $H^+$  présents (Gavrilovic et *al.*, 1996).

###### **❖ Mode opératoire**

- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée puis la sécher par une application délicate à l'aide d'un chiffon doux ;
- Plonger l'électrode dans un bécher contenant l'eau de process.

###### **❖ Lecture**

Noter la valeur du pH affichée sur l'appareil.

##### **b. Détermination de la dureté totale ou titre hydrométrique (TH)**

###### **❖ Principe**

La détermination de la dureté de l'eau s'effectue par une méthode complexométrique. On utilise le sel di-sodique de l'acide éthylène diaminetétracétique (EDTA). La réaction s'effectue en milieu tampon ammoniacal pour réaliser un pH de 9,2 à 9,3, avec un indicateur, le noir érichrome T, qui forme un complexe coloré à la fois avec les ions  $Ca^{+2}$  et  $Mg^{+2}$ . Une fois que ces derniers se sont complexés avec l'EDTA, l'indicateur vire du violet au bleu clair (Boeglin, 2000).

❖ **Mode opératoire**

- Prélever 100 ml de l'eau de process et ajouter quelques gouttes du tampon ammoniacal ( $K_{10}$ ) ;
- Ajouter 10 gouttes du noir érichrome T (colorant) ;
- Si la solution est violette, titrer par l'EDTA jusqu'au virage de la couleur violette vers la couleur bleu clair.

❖ **Expression des résultats**

La dureté de l'eau de process est calculée par la formule suivante :

$$TH (^{\circ}F) = V$$

**TH** : Titre Hydrométrique (Dureté).

**V** : Volume en ml de la solution EDTA ( $N=0,02$ ) nécessaire pour le titrage.

**c. Détermination de la conductivité**

❖ **Principe**

La conductivité électrique est l'aptitude d'un matériau à laisser les charges électriques se déplacer librement. Autrement dit, à permettre le passage du courant électrique. Cette conductivité est mesurée à l'aide d'un conductimètre, qui exprime la teneur globale en sels minéraux (Cambette et Ernoult, 2005).

❖ **Mode opératoire**

- Rincer la cellule du conductimètre, d'abord avec de l'eau distillée puis la plonger dans un récipient contenant de l'eau de process ;
- Faire la mesure en agitant bien la solution afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique.

❖ **Lecture**

Lire la valeur de la conductivité affichée sur le conductimètre.

**d. Dosage des ions chlorure**

❖ **Principe**

Le dosage des ions chlorure s'effectue par la méthode de MOHR dont quelques gouttes d'une solution saturée de chromate de potassium sont ajoutées à la solution de chlorure de potassium, puis est effectué le titrage de cette solution obtenue par une solution de nitrate d'argent. Le titrage est terminé quand la couleur jaune de la solution à titrer vire au rouge brique et persiste dans la solution après agitation (Cachau-Herreillat, 2007).

Le chromate de potassium sert d'indicateur, car il réagit au point de fin de réaction avec l'ion d'argent pour former un précipité rouge brique de chromate d'argent (Cheymol et Hoff, 1999).

❖ **Mode opératoire**

- Prélever 100 ml de l'eau de process et ajouter quelques gouttes du chromate de potassium ( $K_2CrO_4$ ) (la solution est jaune) ;
- Titrer par la solution de nitrate d'argent ml par ml jusqu'à l'apparition d'une couleur rouge brique.

❖ **Expression des résultats**

Le dosage des chlorures est donné par l'expression suivante :

$$Cl^- = V - 0,9 * 35.5$$

**Cl<sup>-</sup>** : est exprimée en mg/l

**V** : Volume en ml de la solution nitrate d'argent (N=0,01) nécessaire pour le titrage.

**0,9** : Volume en ml de la solution de nitrate d'argent utilisée pour le blanc (eau distillée) (témoin).

**35.5** : La masse molaire du chlorure (g/mol).

**B. Le cheddar, la pâte pressée, la poudre de lait et la matière grasse végétale**

Ces matières ont subi deux paramètres qui sont :

**a. détermination de la matière sèche (extrait sec total)**

❖ **Principe**

La détermination de la matière sèche ou extrait sec repose sur la dessiccation du produit à analyser par évaporation de l'eau (AFNOR, 1999).

❖ **Mode opératoire**

- Dans une coupelle d'aluminium sèche et tarée, peser l'échantillon à analyser (2g pour la poudre de lait et 3g pour les autres matières premières) à l'aide d'une balance analytique ;
- Introduire dans l'étuve à 103°C pendant 3 heures pour la poudre de lait et 5 heures pour les autres matières premières ;
- Faire sortir la coupelle de l'étuve et la mettre dans le dessiccateur en verre pendant 30 minutes (afin qu'elle se refroidisse et l'absorption des traces d'eau par le gel de silice).

❖ **Expression des résultats**

L'extrait sec est exprimé en % massique, et est calculé comme suit :

$$MS\% = (M_2 - M_0) / M_1 * 100$$

**MS** : Matière Sèche.

**M<sub>0</sub>** : Masse en gramme de la coupelle.

**M<sub>1</sub>** : Masse en gramme de la prise d'essai.

**M<sub>2</sub>** : Masse en gramme de la coupelle et du résidu après dessiccation.

**Remarque** : la détermination de l'extrait sec de la poudre de lait, du lactosérum en poudre et l'amidon ainsi que de la caséine permet de déterminer leur taux d'humidité (H) selon la formule suivante :  $H \% = 100 - MS \%$

## **b. Détermination de la teneur en matière grasse**

Le principe de la détermination de la matière grasse ainsi que l'expression des résultats sont les mêmes pour ces matières premières sauf le mode opératoire qui est différent.

### ❖ **Principe**

La détermination de la matière grasse se fait par centrifugation après désagrégation à chaud par l'acide sulfurique 65% ; cette méthode est appelée méthode acido-butyrométrique de Gerber pour le produit à analyser, après dégradation des protéines, adjonction d'iso amylique (alcool) pour une meilleure séparation des couches et centrifugation, le volume de graisse est mesuré dans un butyromètre gradué (Bauer et *al.*, 2010).

### ❖ **Mode opératoire**

*Pour le cheddar et la pâte pressée :*

- Peser 3 g de l'échantillon dans un bouchon du butyromètre à l'aide d'une balance analytique ;
- Fermer le col du butyromètre avec ce bouchon contenant la prise d'essai ;
- Ajouter 10 ml de l'acide sulfurique ( $d=1,522$ ) ;
- Placer le butyromètre dans un bain marie à  $T=65^{\circ}C$  muni d'une agitation automatique ;
- Retirer le butyromètre du bain marie après dissolution de l'échantillon et ajouter 1 ml de l'alcool iso amylique ;
- Ajouter de l'acide sulfurique jusqu'à 35% de l'échelle graduée du butyromètre ;
- Agiter puis remettre au bain d'eau chaude pendant 5 minutes ;
- Retirer le butyromètre du bain et centrifuger pendant 10 min à 1030tr/min ;
- Remettre dans le bain d'eau pendant 5minutes ;
- Retirer du bain puis ajuster soigneusement le gros bouchon pour bien lire la valeur jaugée tout en tenant correctement et verticalement le butyromètre.

*Pour la poudre de lait :*

- Dans un butyromètre, mettre 10 ml de l'acide sulfurique (d=1,825) ;
- Ajouter 10 ml de l'eau distillée ;
- Ajouter 2,5g de la poudre de lait et 1 ml d'alcool iso amylique puis fermer le butyromètre ;
- Agiter manuellement le butyromètre pendant environ 5 minutes et faire des retournements jusqu'à dissolution complète de la poudre ;
- Mettre dans un bain marie à T=65°C pendant 5 minutes ;
- Retirer du bain marie et centrifuger pendant 10 minutes ;
- Remettre dans le bain marie pendant 5 minutes ;
- Retirer du bain puis ajuster soigneusement le gros bouchon pour bien lire la valeur tout en tenant correctement et verticalement le butyromètre.

*Pour la matière grasse végétale :*

- Peser dans un goudet de butyromètre gradué et préalablement taré 5g de matière grasse végétale ;
- Dans un butyromètre, mettre 10 ml de l'acide sulfurique (d=1,820) ;
- Ajouter 1 ml de l'alcool iso amylique puis compléter jusqu'à 85% du butyromètre avec de l'eau distillée ;
- Agiter manuellement jusqu'à dissolution totale de la matière grasse ;
- Mettre au bain marie à T=65°C pendant 5 minutes ;
- Retirer du bain marie et centrifuger pendant 5 minutes ;
- Remettre au bain marie pendant 5 minutes ;
- Retirer du bain marie puis ajuster soigneusement le bouchon pour bien lire la valeur en tenant le butyromètre vertical.

### ❖ Expression des résultats

La teneur en matière grasse, exprimée en gramme pour 100g du produit analysé est la suivante :

$$MG \% = B - A$$

**MG :** Matière Grasse.

**A :** Lecture faite à l'extrémité inférieure de la colonne de la matière grasse.

**B :** lecture faite à l'extrémité supérieure de la colonne faite de la matière grasse.

### **C. Le lactosérum en poudre, l'amidon et la caséine en poudre**

Ces matières premières subissent un seul paramètre physico-chimique qui est la détermination de l'extrait sec total dont elle est identique à celle énoncée pour la poudre de lait.



## **II. 1. 2. 2 Produit fini**

### **a. Mesure du pH**

#### **❖ Principe**

Le principe de la mesure du pH est le même que celui énoncé pour l'eau.

#### **❖ Mode opératoire**

- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée puis la sécher par une application délicate à l'aide d'un chiffon doux ;
- Plonger l'électrode dans l'échantillon.

#### **❖ Lecture**

Noter la valeur du pH affichée sur l'appareil.

### **b. Détermination de la matière sèche et de la matière grasse**

La détermination de ces deux paramètres est identique à celle réalisée pour le cheddar et la pâte pressée.

## **II. 1. 3 Contrôle microbiologique**

Le contrôle microbiologique est effectué sur les matières premières ainsi que le produit fini.

### **II. 1. 3. 1 Préparation des dilutions**

La préparation des dilutions est une méthode à double objectif, d'une part elle définit les modalités des prises d'essai concernant les denrées alimentaires en général, qu'elles soient sous forme liquide ou solide, et d'autre part, elle définit les modalités des dilutions décimales qui s'en suivent (AFNOR, 1999).

#### **❖ Mode opératoire**

*Dans le cas des produits solides :*

- Introduire aseptiquement 25g du produit à analyser dans un sachet stérile contenant au préalable 225 ml du diluant TSE (Tryptone, sel, eau) et bien homogénéiser. Cette suspension constitue la dilution mère (DM) qui correspond à la dilution  $10^{-1}$ .
- Introduire à l'aide d'une pipette stérile 1 ml de la DM dans un tube contenant 9 ml du TSE. Cette dilution correspond à la dilution  $10^{-2}$ .
- Introduire 1 ml de la dilution  $10^{-2}$  dans un tube contenant 9 ml du TSE, cette dilution est alors  $10^{-3}$ .

*Dans le cas des produits liquides :*

L'échantillon à analyser constitue la suspension mère (SM) qui égale à 1. Pour la préparation des dilutions décimales :

- Introduire dans un tube stérile 1 ml de la SM dans un tube contenant 9 ml du TSE, cette dilution constitue la dilution  $10^{-1}$ .
- Introduire 1 ml de la dilution  $10^{-1}$  dans un tube contenant 9 ml du TSE, c'est la dilution  $10^{-2}$ .

## **II. 1. 3. 2 Matières premières**

### **A. L'eau de process**

#### **a. Recherche et dénombrement des germes mésophiles totaux**

##### **❖ Principe**

La recherche et le dénombrement des germes mésophiles totaux se fait sur gélose PCA (Agar Plat-Count) par ensemencement en profondeur ou en masse et comptage des colonies (Bourgeois et Leveau, 1980). L'incubation se fait à 22°C pour le développement des germes saprophytes présents dans l'eau et à 37°C pour le développement des germes provenant de l'homme ou des animaux pendant 72 heures (Bontoux, 1993).

##### **❖ Mode opératoire**

- Prendre deux fois 1 ml de l'eau à analyser dans deux boîtes de pétri ;
- Compléter par environ 20 ml de la gélose PCA fondue ;
- Homogénéiser par des mouvements circulaires en forme de 8 ;
- Incuber les boîtes renversées une à 22°C et l'autre à 37°C pendant 72 heures.

##### **❖ Lecture**

Les germes se présentent sous forme de colonies lenticulaires poussant en masse. Ne retenir que les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies, le résultat final est exprimé en UFC/ml (Unité Formant Colonie/ml).

#### **b. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux par la méthode du NPP**

##### **❖ Principe**

La méthode du dénombrement NPP (le nombre le plus probable) comporte deux tests dont l'un est présomptif et réservé à la recherche des coliformes totaux après incubation à 37°C, et l'autre, est confirmatif et réservé à la recherche des coliformes fécaux après incubation à 44°C (Sherwood et *al.*, 2010).

❖ **Mode opératoire**

*Le test présomptif*

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml du BCPL D/C (Bouillon Lactosé au Pourpre de bromocrésol) muni d'une cloche de Durham ;
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml du milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham ;
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml du milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham ;
- Chasser le gaz contenant dans la cloche de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum ;
- Incuber à 37°C pendant 24 heures.

❖ **Lecture**

Sont considérés positifs les tubes présentant à la fois un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche), et un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (cela est dû à la fermentation du lactose du milieu avec production de l'acide lactique par les coliformes rendant le milieu acide dont le pourpre de bromocrésol sert d'indicateur de pH). Le nombre de coliformes totaux est exprimé en coliformes/ 100 ml d'eau à analyser selon la table de MAC-GRADY.

*Le test confirmatif :*

- Repiquer les tubes positifs du test présomptif dans des tubes contenant le milieu SCHUBERT muni d'une cloche de Durham ;
- Chassez le gaz contenant dans les cloche de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum ;
- Incuber les tubes à 44°C pendant 24 heures.

❖ **Lecture**

Les tubes considérés positifs sont ceux présentant à la fois un dégagement de gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche) et la formation d'un anneau rouge après l'addition de quelques gouttes du réactif KOVACS qui témoigne la présence de l'indole produit par *Esherichia coli*. Le nombre de coliformes fécaux est exprimé en coliformes/ 100 ml d'eau à analyser selon la table de MAC-GRADY.

**c. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux**

❖ **Principe**

Les streptocoques fécaux sont dénombrés comme les coliformes par la méthode du NPP. Ils sont capables de se développer à 37°C pendant 48 heures en milieu

de ROTHE contenant l'azide de sodium (inhibiteur des microorganismes à Gram +), et sont capables de cultiver en milieu EVA-LITSKY dont l'association de l'azide de sodium au colorant d'éthyle-violet inhibe le développement des bacilles à Gram – et des microorganismes à Gram + (Bonney et *al.*, 2002).

❖ **Mode opératoire**

*Le test présomptif :*

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml du milieu de ROTHE D/C ;
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml du milieu de ROTHE D/C ;
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml du milieu de ROTHE S/C ;
- Bien mélanger le milieu et l'inoculum ;
- Incuber à 37°C pendant 24 à 48 heures.

❖ **Lecture**

Les tubes positifs sont ceux présentant un trouble microbien.

*Le test confirmatif :*

- Repiquer les tubes positifs du test présomptif dans des tubes contenant le milieu EVA-LITSKY;
- Bien mélanger le milieu et l'inoculum ;
- Incuber les tubes à 37°C pendant 24 heures.

❖ **Lecture**

Les tubes positifs présentent un trouble microbien homogène avec une pastille violette au fond. L'expression du résultat se fait selon la table de MAC-GRADY, et est exprimé en nombre de streptocoques fécaux/ 100 ml de l'eau à analyser.

#### **d. Recherche des anaérobies sulfito-réducteurs**

❖ **Principe**

Le milieu utilisé est la gélose viande-foie additionnée d'indicateur de sulfure (l'Alun de Fer) et le sulfite de sodium. Les germes anaérobies sulfito-réducteurs réduisent le sulfite en sulfure qui, en présence de fer provoque le noircissement des colonies par la formation de sulfure de fer. Les spores des anaérobies sulfito-réducteurs constituent généralement une contamination ancienne (NF T 90-415).

❖ **Mode opératoire**

- Chauffer 20 ml de l'eau à analyser à 80°C pendant 8 à 10 minutes puis, refroidir immédiatement sous l'eau de robinet ;
- Répartir les 20 ml d'eau à analyser dans 4 tubes stériles ;
- Ajouter environ 18 à 20 ml de la gélose viande-foie fondue additionnée d'Alun de Fer et de sulfite de sodium ;
- Mélanger doucement l'inoculum et le milieu en évitant les bulles d'air et l'introduction d'oxygène ;
- Laisser se solidifier sur paillasse pendant 30 minutes, puis, incubé à 37°C pendant 16 à 24 voire 48 heures.

❖ **Lecture**

Les spores des anaérobies sulfito-réducteurs sont noires poussant en masse, de 0,5 mm de diamètre.

**B. Les autres matières premières**

**a. Recherche et dénombrement des germes mésophiles totaux**

❖ **Principe**

Le dénombrement des germes mésophiles totaux permet de renseigner sur l'état de fraîcheur ou de décomposition du produit à analyser (Dupin et *al.*, 1992). Il se fait sur gélose PCA (Agar Plat-Count) par ensemencement en profondeur ou en masse et comptage des colonies lenticulaires poussant en masse (Bourgeois et Leveau, 1980).

❖ **Mode opératoire**

- A partir des dilutions décimales allant de  $10^{-3}$  à  $10^{-2}$ , introduire 1 ml dans une boîte de pétri ;
- Compléter avec 15 ml du milieu de culture PCA (Agar Plat-Count) fondu ;
- Homogénéiser par des mouvements circulaires en forme de 8 ;
- Incuber les boîtes renversées à 30°C pendant  $72 \pm 3$  heures.

❖ **Lecture**

Les germes se présentent sous forme de colonies lenticulaires poussant en masse. Ne retenir que les boîtes contenant moins de 300 colonies et plus de 15 colonies au niveau de deux dilutions successives. Le nombre N de microorganismes par g ou par ml est obtenu par la formule suivante :

$$N = \frac{C}{1,1 d}$$

**C** : La somme des colonies comptées dans les deux boîtes de dilutions successives.

**d** : La première dilution.

Arrondir à deux chiffres significatifs (microorganismes/g ou ml).

## **b. Recherche et dénombrement des coliformes par comptage des colonies**

### **❖ Principe**

Cette méthode consiste à la recherche et le dénombrement des coliformes dans les produits alimentaires par comptage des colonies obtenues en milieu solide, VRBL (Gélose Lactosée Biliée au cristal violet et au Rouge neutre) dont la présence simultanée de cristal violet et de sels biliaires assure l'inhibition des bactéries à Gram positif. La fermentation du lactose se traduit par une acidification, révélée par le virage au rouge de l'indicateur pH (rouge neutre), et par la précipitation d'acides biliaires autour des colonies (ISO, 2006). La numérotation des coliformes fécaux représente un bon indice de contamination à partir de la matière fécale de l'homme et de l'animal (Dupin et *al.*, 1992).

### **❖ Mode opératoire**

- A partir des dilutions décimales préparées, prendre 1 ml de chaque dilution dans une boîte de pétri ;
- Couler dans chacune des boîtes 15 ml de la gélose fondue VRBL ;
- Homogénéiser par des mouvements circulaires en forme de 8 et laisser se solidifier sur la paillasse ;
- Incuber les boîtes renversées à 37°C pendant 24 à 48 heures.

**Nb :** pour les coliformes fécaux, l'incubation se fait à 44°C pendant 24 à 48 heures.

### **❖ Lecture**

Les coliformes se présentent sous forme de colonies violacées. Ne compter que les boîtes contenues entre 15 et 150 colonies. Le dénombrement se fait de la même manière que pour les germes mésophiles totaux.

## **c. Recherche des *Staphylococcus aureus***

### **❖ Principe**

Le milieu utilisé pour la recherche des *Staphylococcus aureus* est celui de Baird Parker qui est un milieu sélectif par l'action du tellurite qui inhibe la plupart des bactéries à Gram -, et sa réduction en tellure noir sert d'indicateur. Ce milieu est riche du fait de la présence du jaune d'œuf qui permet la mise en évidence de la lécithinase de *Staphylococcus aureus* par opacification du milieu autour des colonies (Leyral et Vierling, 2007). Le but de la recherche des *Staphylococcus aureus*, qui produisent une entérotoxine protéique causant des intoxications alimentaires, est de savoir si le produit à analyser présente des risques pour le consommateur (Guiraud, 1998).

❖ **Mode opératoire**

- A partir des dilutions préparées allant de  $10^{-3}$  à  $10^{-1}$ , porter aseptiquement 1 ml de chaque dilution réparti en surface à raison de 3 fractions sensiblement égales dans 3 boîtes de pétri contenant le milieu Baird Parker solide ;
- Etaler à l'aide d'un même râteau l'inoculum sur toute la surface de la gélose en commençant par la dilution la plus forte.
- Incuber les boîtes à 37°C pendant 24 à 48 heures.

❖ **Lecture**

Les colonies sont noires du fait de la réduction du tellurite, entourées d'un halo clair dû la protéolyse des protéines du jaune d'œuf, et d'une zone opaque plus petite due à la lécithinase.

**d. Recherches et dénombrement des levures et moisissures**

❖ **Principe**

Le dénombrement s'effectue en milieu sélectif qui est le milieu Sabouraud au chloramphénicol pour éliminer le développement des bactéries (Figarella et Calas, 2001).

❖ **Mode opératoire**

- A partir des dilutions retenues, transférer 1 ml de chacune dans une boîte de pétri ;
- Dans chacune des boîtes de pétri, couler environ 15 ml de gélose sabouraud au chloramphénicol fondue ;
- Homogénéiser soigneusement l'inoculum et le milieu et laisser se solidifier sur paillasse ;
- Retourner les boîtes et incuber à 22°C pendant 5 jours.

**Nb :** incuber 2 boîtes de pétri contenant la gélose sabouraud au chloramphénicol dont une estensemencée par étalement par 0,1 ml du TSE. Ces deux boîtes servent d'un témoin.

❖ **Lecture**

Les colonies de levures sont rondes de couleur blanche, verte, rouge, jaune alors que celles des moisissures sont duveteuses ou filamenteuses. Ne compter que les boîtes contenant entre 15 et 150 colonies, le dénombrement se fait de la même manière que les germes mésophiles totaux.

## **e. Recherche des anaérobies sulfito-réducteurs**

### **❖ Principe**

Le principe est le même que celui énoncé pour l'eau.

### **❖ Mode opératoire**

- Chauffer les tubes contenant les dilutions  $10^{-2}$  et  $10^{-1}$  à  $80^{\circ}\text{C}$  pendant 8 à 10 minutes ;
- Refroidir les dilutions immédiatement sous l'eau de robinet ;
- Porter 1 ml de chaque dilution en double dans 2 tubes à vis stériles ;
- Ajouter environ 15 ml de la gélose viande-foie additionnée d'alun de fer et de sulfite de sodium ;
- Laisser se solidifier sur paillasse pendant 30 min puis incuber à  $37^{\circ}\text{C}$  pendant 16 à 24 voire 48 heures.

### **❖ Lecture**

Les spores des anaérobies sulfito-réducteurs sont de couleur noire poussant en profondeur.

## **II. 1. 3. 3 Produit fini**

Les germes recherchés dans le produit fini sont les même que ceux recherchés dans les matières premières.

## **II. 2 Etude de l'effet bactériostatique des sels de fonte (S9 – Pz6 - C spécial) sur *Staphylococcus aureus***

### **II. 2. 1 Préparation de la souche**

La souche de *Staphylococcus aureus* nous a été remise sur une gélose nutritive, il s'agissait d'une souche de conservation. Afin de pouvoir être cultivée sur le milieu sélectif (Baird Parker), la souche a subi une étape de revivification. D'après Doresbeke et al. (1997) et Sherwood et al. (2010) l'étape de revivification sur un milieu moins sélectif est souvent importante avant la culture sur un milieu sélectif pour les bactéries qui ont subi un stress dû aux traitements thermiques et autres ce qui rend les bactéries inactives.

### **❖ Mode opératoire**

- Stériliser une pipette Pasteur au Bec Bunsen puis la refroidir ;
- Repiquer quelques colonies de la souche contenue dans la boîte de pétri ;
- Mettre ces colonies dans un tube contenant le BGT (Bouillon Glucosé Tamponné) ;
- Incuber à  $37^{\circ}\text{C}$  pendant 24 heures.
- Après l'incubation, et à l'aide d'une pipette pasteur stérile ensemercer en strie un inoculum dans une boîte de pétri contenant une gélose nutritive ;



- Incuber à 37°C pendant 24 heures.

❖ **Lecture**

Les colonies de *Staphylococcus aureus* sont rondes de couleur crémeuse.

## **II. 2. 2 Préparation des sels de fonte**

Les sels de fonte S9, Pz6 et C spécial (voir annexe III) ont un effet bactériostatique, ils ont été mélangés pour étudier l'effet bactériostatique de leur combinaison à différentes concentrations vis-à-vis de *Staphylococcus aureus* afin de déterminer la concentration minimale inhibitrice (CMI). Cette étude a été réalisée en se reposant sur le principe de l'antibiogramme qui se fait par la méthode de dilution.

❖ **Principe**

La méthode de dilution est une technique permettant de déterminer la concentration minimale inhibitrice, elle peut être appliquée en gélose et en bouillon. En cas de gélose, des boîtes de pétri sont remplies de géloses sélectives mélangées avec des quantités différentes de l'agent inhibiteur antibactérien, puis sont examinées pour vérifier la croissance (Sherwood et *al.*, 2010).

❖ **Mode opératoire**

- Calculer les quantités des sels de fonte qui doivent être additionnées au milieu de Baird Parker suivant les différentes concentrations recommandées (allant de 2% à 3,4% selon une progression géométrique de base de 0,2 %) ;
- Peser les sels de fonte chacun à part puis les mélanger ;
- Ajouter les à la gélose Baird Parker préalablement fondue ;
- Agiter énergiquement jusqu'à dissolution complète des sels de fonte ;
- Couler 20 ml de la gélose dans les boîtes de pétri ;
- Laisser se solidifier sur paillasse ;
- Ensemencer en strie avec un inoculum à partir d'un tube contenant 2 ou 3 colonies de *Staphylococcus aureus* diluées dans le TSE ;
- Incuber à 37°C pendant 24 à 48 heures.

**Remarque :** deux boîtes de pétri sont incubées à 37°C dont une témoigne la gélose et l'autre ne contenant pas les sels de fonte témoigne la poussée de *Staphylococcus aureus*.

❖ **Expression des résultats**

L'expression des résultats se fait en suivant l'évolution de l'activité antimicrobienne des sels de fonte selon les différentes concentrations étudiées.



## I. Résultats du contrôle de la qualité

### I. 1 Contrôle physico-chimique

Le contrôle physico-chimique à été réalisé sur les matières premières (l'eau de process, le cheddar, la pâte pressée, la matière grasse végétale, la poudre de lait, le lactosérum en poudre, l'amidon ainsi que la caséine en poudre) et sur le produit fini.

#### I. 1. 1 Matières premières

##### A. L'eau de process

Les résultats de quelques paramètres physico-chimiques de l'eau de process sont portés tableau I.

**Tableau I :** Résultats de quelques paramètres physico-chimiques de l'eau de process

Paramètres	Résultats	JORA (1998)
pH	7,72	6,5 - 9
Dureté	15,5°F	20°F
Conductivité	610 $\mu$ s/cm	2800 $\mu$ s/cm
Ions chlorure	21,3 mg/l	500 mg/l

**JORA :** Journal Officiel de la République Algérienne

Les résultats de l'analyse de l'eau de process ont révélé un pH de 7,72 et une dureté de 15,5°F. Ces résultats sont conformes à la norme du JORA (1998).

Selon Vierling (2008), la dureté indique la teneur globale de l'eau en sels de calcium et de magnésium qui la rendent dure. La dureté obtenue est selon Bellin (2009) moyennement dure du fait qu'elle est comprise entre 15 et 30°F. Brémaud et *al.* (2006) rapporte qu'il n'y a aucun danger à boire une eau dure, cependant, une eau trop dure peut présenter des inconvénients d'utilisation domestique et industriel, en effet, le calcaire peut se déposer sous une forme solide sur les parois des canalisations, des chaudières. A l'inverse, une eau trop douce est une eau corrosive qui ronge les parois des canalisations favorisant la formation de fuites.

La valeur du pH est moyennement élevée du fait de l'élévation de la dureté. En 2008, Chaumeton énonce que la modification de la dureté d'une eau s'accompagne d'une modification du pH, en augmentant la dureté on élève le pH, et inversement.

La mesure de la conductivité à permis d'obtenir une valeur de 610  $\mu$ s/cm, celle-ci est conforme à la norme du JORA (1998). La conductivité d'une eau permet d'apprécier la minéralisation de celle-ci ; une eau douce accusera généralement une

conductivité basse et bien une eau dite dure affichera une conductivité élevée (Brémaud *et al.*, 2006).

La teneur en ions chlorure est de 21,3 mg/l d'où sa conformité à la norme JORA (1998).

D'après Cheftel *et al.* (1977), l'eau destinée à être mélangée à des aliments doit présenter au moins les caractères de pureté chimique d'une eau potable.

## **B. Autre matières premières**

Les résultats de la détermination de l'extrait sec total (EST), de l'humidité (H) et de la teneur en matière grasse (MG) de la poudre de lait, du lactosérum, de l'amidon et de la caséine sont portés tableau II. Ceux du cheddar, de la pâte pressée ainsi que de la matière grasse végétale sont portés tableau III.

**Tableau II:** Résultats de quelques paramètres physicochimiques de l'ensemble des poudres

<b>Matières premières</b>	<b>EST %</b>	<b>H %</b>	<b>AFNOR V 04 - 207</b>	<b>MG %</b>	<b>AFNOR V 04 - 210</b>
Poudre de lait	97,5	2,5	H 2,5 %	26	26 %
Lactosérum en poudre	98	2	H 5 %	/	/
L'amidon	97,32	2,68	H [2% - 3%]	/	/
Caséine en poudre	97,19	2,81	H [2% - 3%]	/	/

Les résultats de l'humidité obtenus pour le contrôle physico-chimique du lait et du lactosérum en poudre ainsi que de l'amidon et de la caséine en poudre sont respectivement de 2,27 %, 2 %, 2,68 % et 2,81%. Ces résultats sont jugés satisfaisants du fait de leur conformité à la norme AFNOR.

D'après le collectif international (2008), le lait en poudre est du lait déshydraté qui contient un maximum de 2,5 % d'humidité pour le lait entier. Au-delà, les microorganismes ont une plus grande chance de s'y développer (Wybauw et Leduc, 2005). Ainsi qu'une cristallisation du lactose contenu dans le lait (FAO, 1995). Ce phénomène de cristallisation se produit même pour le lactosérum en poudre si sa valeur d'humidité dépasse 5 % (Meyer, 1999).

La valeur de la teneur en matière grasse obtenue pour le lait en poudre est de 26 %, celle-ci est conforme à la norme AFNOR. D'après Vignola (2002) et le collectif international (2008), la poudre de lait entier doit contenir un minimum de 26 % de gras.

**Tableau III :** Résultats de quelques paramètres physico-chimiques du cheddar, de la pâte pressée ainsi que de la matière grasse végétale

<b>Matières premières</b>	<b>EST %</b>	<b>AFNOR V 04 - 207</b>	<b>MG %</b>	<b>AFNOR V 2706 - 1992</b>
Cheddar	60	60 - 69	34	30 - 38
Pâte pressée	53	50 - 55	29	25 - 30
M.G.V	99	95 - 99	100	100

**M.G.V :** matière grasse végétale

La détermination de l'extrait sec du cheddar et de la pâte pressée a donné respectivement les valeurs de 60 % et 53 % qui sont conformes à la norme AFNOR.

Pour la détermination de la teneur en matière grasse du cheddar, nous avons obtenu une valeur de 34 % qui est conforme à la norme AFNOR. Il en est de même pour la teneur en matière grasse de la pâte pressée qui est de 29 %.

Concernant la matière grasse végétale, nous avons obtenu une valeur de 99 % d'extrait sec et 100 % de la teneur en matière grasse. Ces résultats sont jugés conformes à la norme AFNOR.

### **I. 1. 2 Produit fini**

Le tableau IV, résume les résultats de quelques paramètres physico-chimiques du produit fini.

**Tableau IV :** Résultats de quelques paramètres physico-chimiques du produit fini

<b>Paramètres</b>	<b>Résultats</b>	<b>spécifications</b>	<b>Normes</b>
<b>Extrait sec total</b>	36,21 %	25 %	AFNOR V 04 – 282
<b>Matière grasse</b>	15 %	15 %	AFNOR 2706 – 1992
<b>M.G/E.S.T</b>	41,42 %	40	AFNOR 2706 – 1992
<b>pH</b>	5,70	5,5 – 5,7	JORA (1998)

La valeur de l'extrait sec obtenue du produit fini est de 36,21% d'où sa conformité à la norme AFNOR et à celle du Journal Officiel français (2007).

La mesure du pH a révélé une valeur de 5,7 qui est jugée satisfaisante à la norme AFNOR. La plage du pH tolérée se situe entre 5,2 et 6,2 en dehors de laquelle, les qualités de texture et de consistance ne peuvent pas être atteintes, en effet, au-dessous de 5, la texture de la spécialité fromagère est friable, au-dessus de 6,5, elle est molle (Eck et Gillis, 1997).

Concernant la teneur en matière grasse déterminée, nous avons obtenu un pourcentage de 15, cette valeur rentre dans la conformité de la norme AFNOR.

## **I. 2 Contrôle microbiologique**

### **I. 2. 1 Matières premières**

#### **A. L'eau de process**

Les résultats du contrôle microbiologiques de l'eau de process sont portés tableau V.

**Tableau V** : Résultats du contrôle microbiologique de l'eau de process

<b>Germes recherchés</b>	<b>Résultats</b>	<b>JORA (1998)</b>
Germes mésophiles totaux à 25°C	Absence	20 germes / ml
Coliformes totaux à 37°C (germes/100 ml)	Absence	10
Streptocoques fécaux à 37°C (germes/100 ml)	Absence	Absence
Anaérobies sulfito-réducteurs à 37°C (germes/20 ml)	Absence	Absence

Les résultats du contrôle microbiologiques ont révélé une absence totale des microorganismes recherchés dans l'eau, d'où leur conformité à la norme du JORA (1998). Cette absence montre la bonne qualité hygiénique et microbiologique obtenue par l'efficacité de son traitement, mais également à la fréquence et au bon déroulement du nettoyage des cuves de stockage ainsi qu'au soin particulier apporté à la propreté des canalisations et des joints (Martini, 2006).

D'après Petransxiene et Lapied (1981), une eau est dite potable lorsqu'elle n'est pas susceptible de porter atteinte à la santé de tous ce qui la consomme, et rajoutent Grosclaude (1999) qu'elle ne doit pas contenir d'organismes pathogènes en particulier de coliformes, de coliformes thermotolérants et de streptocoques fécaux dans 100 ml d'eau prélevée, elle ne doit pas contenir plus d'une spore de bactéries anaérobies sulfito-réductrices par 20 ml d'eau prélevée.

#### **B. Autres matières premières**

Le tableau VI, résume les résultats du contrôle microbiologique du cheddar, pâte pressée, matière grasse végétale, poudre de lait, lactosérum en poudre, l'amidon ainsi que la caséine en poudre.

**Tableau VI : Résultats du contrôle microbiologique des matières premières**

<b>Germes recherchés (germes/ml)</b>	<b>Résultats</b>	<b>JORA (1998)</b>
Germes mésophiles totaux à 30°C	Absence	10 <sup>2</sup>
Coliformes totaux à 37°C	Absence	10
Coliformes fécaux à 44°C	Absence	Absence
<i>Staphylococcus aureus</i> à 37°C	Absence	Absence
Anaérobies sulfito-réducteurs à 37°C	Absence	Absence
Levures et moisissures à 22°C	Absence	10

Les résultats du contrôle microbiologique des différentes matières premières ont révélé une absence totale des germes recherchés, ces résultats sont conformes à la norme du JORA (1998). Ceci est expliqué par les bonnes conditions de stockage qui assurent une bonne conservation des matières premières. Mautrait et Raoult (2009).

Selon FAO (1996), une poudre de lait de bonne qualité microbiologique ne doit pas contenir des germes pathogènes comme les staphylocoques, de toxines, et de microorganismes capables de nuire à sa conservation ou à son utilisation.

Selon Cheftel et *al.* (1977), les matières premières doivent faire l'objet d'une surveillance attentive, qui permet de refuser celles qui ne seraient pas dans un état satisfaisant.

### **I. 2. 2 Produit fini**

Les résultats du contrôle microbiologique du produit fini sont portés tableau VII.

**Tableau VII : Résultats du contrôle microbiologique du produit fini**

<b>Germes recherchés (germes/ml)</b>	<b>Résultats</b>	<b>JORA (1998)</b>
Germes mésophiles totaux à 30°C	Absence	10 <sup>2</sup>
Coliformes totaux à 37°C	Absence	10
Coliformes fécaux à 44°C	Absence	Absence
<i>Staphylococcus aureus</i> à 37°C	Absence	Absence
Anaérobies sulfito-réducteurs à 37°C	Absence	Absence
Levures et moisissures à 22°C	Absence	10

L'analyse microbiologique du produit fini a confirmé les résultats du contrôle microbiologique des matières premières ainsi que l'eau de process, vu que le produit fini ne contient aucun germe recherché d'où sa conformité à la norme du JORA (1998). Ceci peut être dû au respect d'hygiène par le personnel, qui peut être à l'origine d'une source de contamination non négligeable, ainsi qu'à l'efficacité de la stérilisation (UHT) appliquée à la spécialité fromagère qui permet l'élimination des microorganismes par leur destruction (Meyer et *al.*, 2004).

Cette absence de germes peut être expliquée aussi par la présence des sels de fonte qui, selon (Loessner et *al.*, 1997) peuvent inhiber très nettement la multiplication de plusieurs espèces de *Salmonella*, des bactéries à Gram positif y compris *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Clostridium sporogenes* et *Clostridium botulinum*.

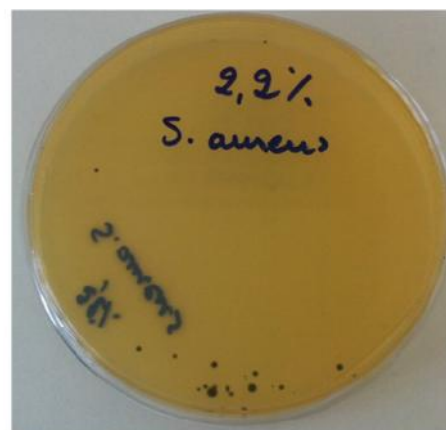
La spécialité fromagère est considérée comme un milieu acide, cela est dû au pH acide des sels de fonte ainsi que de la caséine. Cette acidité s'oppose au développement des microorganismes (Sallé, 2004).

## **II. Résultats de l'effet bactériostatique des sels de fonte**

Les résultats de l'étude de l'effet bactériostatique de la combinaison des sels de fonte (S9, Pz6 et C spécial) sur *Staphylococcus aureus* à différentes concentrations variant selon une progression géométrique de base de 0,2 % allant de 2 % à 3,4 % sont montrés dans la figure 3 (a, b, c, d, e, f, g, h).

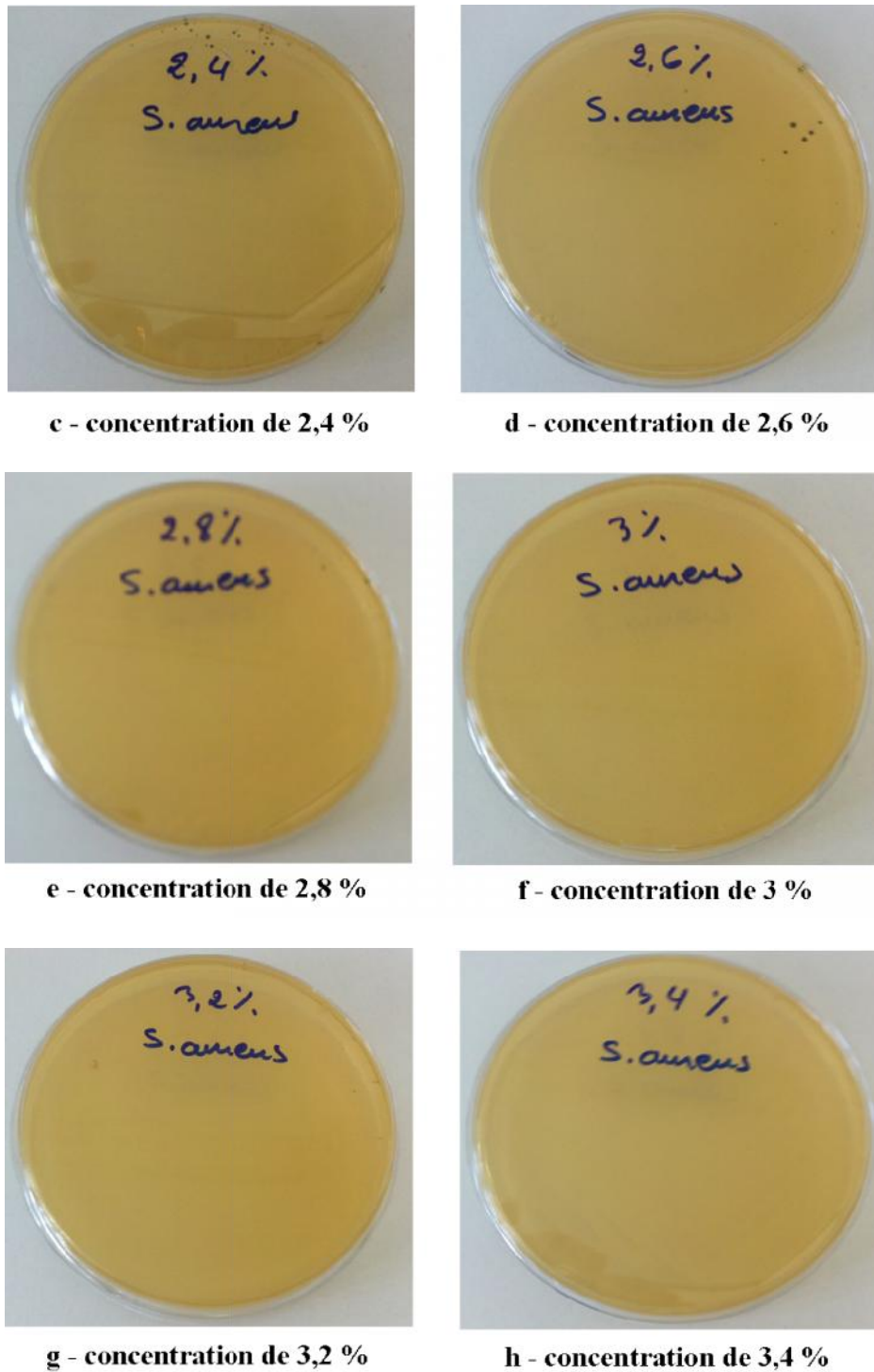


**a - concentration de 2 %**



**b - concentration de 2,2 %**





**Figure 3 :** Action de la combinaison des sels de fonte sur *Staphylococcus aureus*

Après 48 heures d'incubation de *Staphylococcus aureus* sur gélose de Baird Parker contenant les différentes concentrations de sels de fonte comme le montre la figure 3 (a, b, c, d, e, f, g, h), nous remarquons que la charge de *Staphylococcus aureus* diminue progressivement allant de 2 % jusqu'à 2,8 % des sels de fonte. Il en ressort que la combinaison de S9, Pz6 et C spécial empêche le développement de *Staphylococcus aureus* à chaque fois que leur concentration est augmentée jusqu'à

inhibition totale à la concentration de 3 %, Celle-ci est considérée comme une concentration minimale inhibitrice (CMI) puisqu'aucune croissance bactérienne n'a été observée au-delà de cette dernière. Selon Baudry et Brezellec (2006), la concentration minimale inhibitrice est définie comme étant la plus petite concentration permettant d'empêcher le développement des bactéries.

Cette étude a montré l'effet bactériostatique des sels de fonte de S9, Pz6 et C spécial qui sont des orthophosphates de sodium et des polyphosphates qui selon Loessner et *al.* (1997), peuvent inhiber très nettement la multiplication de plusieurs espèces de bactéries à Gram positif y compris *Staphylococcus aureus*, Cet effet s'explique par le fait que les parois et les membranes cellulaires de nombreux micro-organismes sont stabilisées par des ions  $Ca^{+2}$  qui ne sont plus disponibles après leur liaison avec les anions (les orthophosphates et les citrates) ce qui déstabilise l'enveloppe de ces micro-organismes (Eck et Gillis, 1997 ; Boutonnier, 2002).

## Conclusion

Garantir la sécurité sanitaire des aliments pour protéger la santé publique est un important défi dans les pays du monde. De ce fait, la réalisation d'un contrôle alimentaire demeure nécessaire, ce qui met en évidence les possibilités de réduire et de prévenir les maladies d'origine alimentaire liées à des dangers de nature biologique, chimique ou physique.

A cet effet, notre étude a porté sur le contrôle de la qualité d'une spécialité fromagère fondue, et l'étude de l'effet bactériostatique des sels de fonte (S9, Pz6 et C spécial) rentrant dans sa technologie vis-à-vis de *Staphylococcus aureus* à différentes concentrations, afin de déterminer la concentration minimale inhibitrice.

De ces études, nous pouvons ressortir les points suivants :

- Le contrôle physico-chimique de l'eau de process à savoir la mesure du pH, la dureté, la conductivité, et le dosage des ions chlorure a révélé une conformité par rapport à la norme algérienne.
- Le contrôle physico-chimique des matières premières et du produit fini à savoir la détermination de l'extrait sec et la teneur en matière grasse, a donné des résultats conformes aux normes.
- La mesure du pH de la spécialité fromagère fondue a donné une valeur conforme à la norme.
- Le contrôle microbiologique de l'eau de process qui consiste à rechercher les germes mésophiles totaux, les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques fécaux et les anaérobies sulfite-réducteurs a donné des résultats conformes à la norme algérienne.
- Le contrôle microbiologique des matières premières ainsi que du produit fini qui consiste à rechercher les germes mésophiles et les coliformes totaux, les *Staphylococcus aureus*, les levures et moisissures ainsi que les anaérobies sulfite-réducteurs a donné des résultats conformes à la norme algérienne.
- L'étude de la combinaison des sels de fonte a montré une efficacité d'inhibition de *Staphylococcus aureus*, et a permis de déterminer la concentration de 3% comme concentration minimale inhibitrice.

Ces résultats nous permettent de conclure que la spécialité fromagère fondue présente une bonne qualité hygiénique, et une bonne efficacité de sa combinaison des sels de fonte vis-à-vis de *Staphylococcus aureus*.

En perspective, il serait intéressant de compléter cette étude par l'étude de l'effet bactériostatique des sels de fonte sur d'autres germes susceptibles de contaminer la spécialité fromagère, et de confirmer cette effet par l'utilisation de leurs concentrations minimales inhibitrice dans la formulation d'une spécialité fromagère contaminée.

## Références bibliographiques

**AFNOR (1999)**

« Lait et produits laitiers »  
9<sup>ème</sup> édition AFNOR, Tom 2

**Baudry C. Et Brezellec H. (2006)**

« Microbiologie, immunologie »  
Edition : Wolters Kluwer ; 126p.

**Bauer W.J. ; Badoud R. ; Loliger J.; Etournaud A. (2010)**

« Science et technologie des aliments : principes de chimie des constituants et de technologie des procédés »  
Edition : Presses Polytechniques ; 720p.

**Bellin P.G. (2009)**

“L’habitat bio-économique”  
Edition : Eyrolles ; 220p.

**Berger W. ; Klostermeyer H. ; Merkenich K. ; Uhlmann G. (1993)**

“Processed cheese manufacture”  
Ladenburg: BK Ladenburg GMBH

**Boeglin J.C. (2000)**

« Contrôle des eaux douces et consommation humaine »  
Edition : Techniques de l’ingénieur ; p.12

**Bonnefoy C.; Guillet F.; Leyral G.; Bourdais E.V. (2002)**

« Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires »  
Edition : Wolters Kluwer ; 245p.

**Bontoux J. (1993)**

« Introduction à l’étude des eaux douces, eaux douces, eaux naturelles, eaux usées, eaux de boissons »  
Edition : Cebedoc

**Borck E. Et Lycken L. (2007)**

« Influence of long chain polyphosphate and heat treatment on *Clostridium cochlearium* and *Clostridium sporogenes* isolated from processed cheese”  
Journal of food protection, Vol. 70, n°3; p. 744-747

**Bouchman H.P. (2000)**

« Cheese analogues »: a review. International Dairy Journal, Vol. 11 ; p. 505-515

**Bourgeois C.M. ; Leveau J.Y (1980)**

« Techniques d'analyses et de contrôle dans les industries agroalimentaires »

Edition : Lavoisier ; Tom 3 ; 352p.

**Bourouche A. Et Le Bars M. (1996)**

« La cuisson-extraction : vocabulaire français-anglais-allemand »

Edition : Quae ; 95p.

**Boutonnier J.L. (2000)**

« La fabrication du fromage fondu »

Edition : Techniques de l'ingénieur ; p. 2, 3, 11

**Boutonnier J.L. (2002)**

« La fabrication du fromage fondu »

Edition : Techniques de l'ingénieur, traité agroalimentaire ; p. 1-14

**Branger A.; Richer M.M.; Roustel S. (2007)**

« Alimentation et processus technologique »

Edition : Educagri ; 293p.

**Brémaud C.; Claisse J.R.; Leuhier F.; Thibault J. ; Uhich E. (2006)**

« Alimentation santé, qualité de l'environnement et du cadre de vie en milieu rural »

Edition : Educagri ; 321p.

**Cachau-Hereillat D. (2007)**

« Des expériences de la famille Red-Ox »

1<sup>ère</sup> édition Boeck&Larcier ; 383p.

**Cambette P. Et Ernoult I. (2005)**

« Physique des polymères : propriétés mécaniques »

Edition : Hermann ; 212p.

**Caric M. (2000)**

« Processed cheese. In Encyclopedia of food science and technology »

2<sup>ème</sup> édition John Wiley and Sons, New York; p. 1973-1987

**Caronne M. (2005)**

« Le guide de l'infirmière libérale : de l'installation à la pratique »

Edition : Lamarre

**Cecil J.F. (1993)**

« Transformation de l'amidon à petite et moyenne échelle »

Edition : FAO ; 334p.

**Chambre M. Et Daurelles J. (1997)**

« Le fromage fondu »

Edition : Technique de l'ingénieur ; p. 693, 694, 702, 705

**Chaumeton H. (2008)**

« L'encyclopédie pratique de l'aquarium »

Edition : ARTEMIS ; 287p.

**Cheftel H. ; Cheftel J.C. ; Besancon P. (1977)**

« Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments »

Edition : TEC&DOC Lavoisier ; 420p.

**Cheymol N. Et Hoff M. (1999)**

« La microchimie : techniques et expériences »

Edition : Boeck ; 240p.

**Commission Codex Alimentarius (2004)**

« Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires, comité du codex sur le lait et les produits laitiers. 6<sup>ème</sup> session, Auckland Nouvelle Zélande. Avant projet de norme pour le fromage fondu » ; 3p.

**Doresbeke J.J. ; Saporta G. ; Fine J. (1997)**

« Plans d'expériences: application en entreprise »

Edition : Technip ; 509p.

**Drogul C. ; Gagoud R. ; Joseph M.M. (2004)**

« Nutrition et alimentation des animaux d'élevage »

Educagri Editions ; 270p.

**Dupin H.; Cuq J.L.; Malewiak M.I.; Leynaud-Rouaud C.; Berthier A.M. (1992)**

“Alimentation et nutrition humaine”

ESF Editions ; 1533p.

**Ebing P. Et Rutgers K. (2006)**

« La préparation du laitage »

Edition : Agromisa Foundation ; 88p.

**Eck A. Et Gillis J.C. (1997)**

« Le fromage de la science à l'assurance qualité »

3<sup>ème</sup> édition : TEC&DOC ; 891p.

**Eck A. Et Gillis J.C. (2006)**

« Le fromage »

Edition : TEC&DOC. Lavoisier. Paris ; p. 691-701

**FAO (1995)**

« Le lait et les produits laitiers : dans la nutrition humaine »

Edition : FAO ; 271p.

**FAO (2000)**

« Lait et produits laitiers : programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires »

Commission du codex alimentarius Vol. 12  
2<sup>ème</sup> édition FAO ; 146p.

**FAO (2001)**

« Système de qualité et de sécurité sanitaire des aliments : manuel de formation sur l'hygiène alimentaire et le système d'analyse des risques. Points critiques pour leur maîtrise » ; 232p.

**Figarella J. Et Colas A. (2001)**

« Analyses biologiques : sujets de BTS corrigés »  
1<sup>ère</sup> édition Doin ; 260p.

**Fox P.F.; Guinée T.P.; Cogan T.M.; Mcsweeney P.L.H. (2000)**

« Fundamentals of cheese science “  
Edition: Maryland Aspen publishers ; p. 429-451

**Froc J. (2007)**

« Balade au pays des fromages : les traditions fromagères en France »  
Editions : Quae ; 239p.

**Gaucheron F. (2004)**

« Minéraux et produits laitiers »  
Edition : TEC&DOC ; 922p.

**Gavriolic M. ; Maginot M.J. ; Wallach J. (1996)**

“Manipulations d'analyses biochimiques”  
Edition: Doin; 453p.

**Gligum H.; Ghorbel D.; Grabielle M.C.; Goldschmidt B.; Leusieu S.; Attia H.;  
Ollivon M. ; Leusieu P. (2009)**

« Water behaviour. *In* processed cheese spreads DSC and ESEM study ». Vol. 18 ; p.  
3195-3203

**Gret (2011)**

« Transformer les produits laitiers frais à la ferme »  
Educagri Editions ; 229p.

**Grosclaude G. (1999)**

« L'eau : usages et polluants »  
Edition: Quae, Tom 2 ; 210p.

**Guinée T.P. ; Caric M. ; Kalab M. (2004)**

« Pasteriezed processed cheese and substitute/ Imitation cheese products. *In* Cheese chemistry, physics and microbiology. Major cheese groups  
3<sup>ème</sup> édition: Elsevier Applied Science LTD, London; p. 349-394

**Guiraud J.P (1998)**

« Microbiologie alimentaire »

Edition : Dunod ; 652p.

**Huang V.T. ; Panda F.A. ; Smith E.B. (2010)**

“Cheese composition and related methods”; p.12

**James L.W. ; N.D. ; D.C.; Ph.D. (2006)**

“L’adrénaline trop, c’est trop”

Les éditions le mieux-être ; 380p.

**JORF (2007)**

« Journal Officiel de la République Française : décret n° 2007-628 du 27 Avril 2007 relatif aux fromages et spécialités fromagères » ; 32p.

**Jouan P. (2002)**

“Lactoprotéines et lactopeptides: propriétés biologiques”

Edition : INRA. Paris ; 127p.

**Kim S.Y. ; Park P.S.W. ; Rhee K.C. (1992)**

“Textural properties of cheese analogs containing proteolytic enzymemodified soy protein isolated. Oil chem. Soc. Vol. 69; p. 755-759

**Lee R.M. ; Hartman P.A. ; Olson D.G.; Williams F.D. (2004)**

“Bactericidal and bacteriolytic effects of selected food-grade phosphates, using *Staphylococcus aureus* as model system”

Journal of food protection, Vol. 57, n°4; p. 276-283

**Leyral G. Et Vierling E. (2007)**

« Microbiologie et toxicologie des aliments : hygiène et santé alimentaire »

4<sup>ème</sup> édition : Doin ; 287p.

**Loessner M.J. ; Maier S.K. ; Schiwiek P. ; Scherner S. (1997)**

“Long chain polyphosphates inhibit growther of *Clostridium tyrobutyricum* in processed cheese spreads”

Journal of food protection, Vol. 60 ; p. 493-498

**Luquet F.M. (1990)**

« Lait et produits laitiers : vache, brebis, chèvre » Tom 2 ; les produits laitiers.

Transformations et technologies.

Edition : TEC&DOC. Lavoisier ; 658p.

**Mahaut M. ; Jeantet R. ; Brulé G. (2003)**

« Initialisation à la technologie fromagère »

Edition : Tec & Doc ; 194p.



**Mautrait C. Et Raoult R. (2009)**

« Mode d'emploi : officine, sous-traitance et BP »

Edition : Wolters Kluwer ; 468p.

**Marshall R.J. (1990)**

“Composition, structure, rheological properties and sensory texture of processed cheese analogues”

Journal of Science and Food Agriculture; Vol. 50; p. 237-252

**Martini M.C. (2006)**

« Excipients » Encyclopédie médicale chirurgicale (Elsevier Masson) Cosmétologie et dermatologie esthétique ; 50- 120- B- 10

**Martini M.C. (2008)**

« BTC esthétique cosmétique » Vol. 2

Edition : Elsevier-Masson ; ...p.

**Mcardale W.; Katch F.L.; Katch V.L. (2004)**

“Nutrition et performances sportives”

Edition: Boeck Supérieur; 700p.

**Meyer A. ; Deiana J. ; Bernard A. (2004)**

« Cours de microbiologie générale: avec problèmes et exercices corrigés”

Edition : Wolters Kluwer ; 430p.

**Meyer C. (1999)**

« Elevage de la vache laitière en zone tropicale »

Edition : Quae ; 314p.

**Miron M.D., Nistor I.D., Dospinescu A.M., Gradinaru A. (2006)**

« Etude de quelques facteurs d'influence pour le processus de fondaison dans les fromages fondus »

Scientific study and research, Vol. 7

**Molinier A. (2007)**

« Pathologie médicale et pratique infirmière »

Edition : Wolters Kluwer ; 535p.

**NF ISO 4832 (V 08-815) (2006)**

« Microbiologie des aliments. Méthodes horizontales pour le dénombrement des coliformes. Méthode par comptage des colonies »

**NF T 90-415 (1985)**

« Essais des eaux: recherché et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfite-réductrices et de Clostridium sulfite-réducteurs. Méthodes générales par incorporation en gélose en tubes profonds »

**Orlega F.O.; Real D.S.E.; Cabrena M.C.; Oretga A.; Suarez S.V.; Cardoso F.; Inegez C. (2001)**

« Manufacture of a cheese substitute for pizza. alimentaria »Vol. 322; p. 87-89

**Paquet D. (1988)**

« Processed cheese : physico-chemical aspects. *In* Functional properties of food macromolecules »

Edition: Les cahiers de l'ENSBANA. Paris TEC&DOC ; p. 227-241

**Petransxiene D. Et Lapied L. (1981)**

« Qualité bactériologique du lait et des produits laitiers : analyses et tests »

2<sup>ème</sup> édition Lavoisier, Paris ; 219p.

**Qa Collectif International (2008)**

« La mini-encyclopédie des aliments »

Edition : Québec Amérique ; 616p.

**Ramet J.P. (1993)**

« La technologie du fromage au lait de dromadaire »

Edition: Food & Agriculture Org ; 125p.

**Roudaut H. ; Lefrancq E. (2005)**

« Alimentation théorique »

Edition : Walters Kluwer ; 303p.

**Sallé J.L. (2004)**

« Les huiles essentielles: synthèse d'aromathérapie »

Edition : Frison-Roche ; 220p.

**Schaffer B. ; Szakaly S. ; Lorinczy D. (2001)**

« Processed cheese made with and without peptization: submicroscopic structure and thermodynamic characteristics »

Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, Vol. 64; p. 671-679

**Sherwood L.M. ; Willey J.M. ; Woolverton C.J. (2010)**

« Microbiologie »

3<sup>ème</sup> édition Boeck; 1216p.

**Sindic M. ; Massaux C. ; Paridaens A.M. ; Lenartz J. ; Vancutsem F. ; Bodson B. Et Sinnaeve G. (2009)**

« Valorisation de l'amidon de blé: incidences des modalités de culture sur les propriétés techno-fonctionnelles »

Edition : Presses agronomiques de Gembloux ; 72p.

**Tournier A. (2007)**

« La vache »

Edition: Artemis; 115p.

**Vierling E. (2008)**

« Aliments et boissons : filières et produits »

Edition : Wolters Kluwer ; 277p.

**Vignola C.L. (2002)**

« Science et technologie du lait : transformation du lait »

Edition : Presses inter Polytechnique ; 600p.

**Wybauw J.P. Et Leduc T. (2005)**

« Petits chocolats grande expérience »

Edition : Lannoo Uitgeverij ; 228p.

# Annexe I

## **Matériels non biologique :**

### *a - Appareillage :*

- Agitateur
- Balance de précision
- Bec bunsen
- Conductimètre
- Etuve microbiologique
- pH mètre

### *b - Verrerie :*

- Ballon 500 ml
- Bécher
- Boites pétri
- Burette 50 ml
- Eprouvette 100 ml
- Flacons stériles 100 ml
- Pipette pasteur
- Tubes à essai

## **Annexe II**

### **Caractéristiques de *Staphylococcus aureus***

Le staphylocoque doré (*Staphylococcus aureus*) est une bactérie pathogène pour l'homme.

Appartenant au genre des *Staphylococcus*, le staphylocoque doré est une bactérie Gram positif qui se présente comme une coque, associée par groupes en amas (grappe de raisin) ou en chaînes. D'environ 1 micromètre de diamètre, la cellule bactérienne est immobile.

### **Staphylocoque doré et infections**

Bien qu'elle soit souvent retrouvée chez l'homme, elle ne provoque pas toujours d'infections. Elle peut engendrer des infections cutanées (furoncles, folliculites, panaris, impétigo...) ou des muqueuses (otites, conjonctivites...) pouvant mener à des septicémies. Elle est aussi responsable d'infections nosocomiales, d'intoxications alimentaires et sa résistance aux antibiotiques est parfois un grand problème pour le traitement des patients.

Le staphylocoque doré synthétise diverses toxines : des hémolysines, la leucodicine, des entérotoxines, la toxine du choc toxique staphylococcique ou TSST-1 (fièvre supérieure à 39°C, hypotension artérielle, érythrodermie, qui provoque la mort de 10 % des malades), des exfoliatines.

# ANNEXE III

## Fiche technique des sels de fonte

### 1 - JOHA C spécial

**JOHA<sup>®</sup> C special**

Produit n°: 7 7003



## Sel de fonte pour la fabrication de fromage fondu et préparations fromagères fondues

Composition	E 452 polyphosphates de sodium, E 339 orthophosphates de sodium	
Spécifications	Description:	poudre blanche
	P2O5 (%):	65,7 +/- 1,0
	pH (solution à 1%):	7,3 +/- 0,3
	Arsenic:	max. 1 ppm
	Plomb:	max. 1 ppm
	Mercur:	max. 1 ppm
	Cadmium:	max. 1 ppm
	Produit répondant aux normes en vigueur en matière de contaminants des additifs alimentaires définies par la FAO/OMS et le JECFA, les directives CE et le FCC..	
Propriétés fonctionnelles	Caractère crémant:	o
	Échange d'ion:	xxx
	Déplacement pH:	-0,1 / -0,2
	(o = nul; x = faible; xx = moyen; xxx = fort)	
Données nutritionnelles	Sodium (%):	24 env.
	Potassium (%):	-
	Phosphore (%):	29 env.
	Energie (Kcal /100 g):	0
	Extrait sec (%):	min. 99
Certificats	ISO 9001, ISO 14001, casher, halal	
Déclaration OGM	Non soumis à obligation d'étiquetage par le règlement CE 1829/2003 et 1830/2003	
Déclaration allergènes	Exempt d'allergènes, en accord avec les directives CE 2000/13 et modifications 2003/89EC, 2006/142EC et 2007/68EC.	
Applications	JOHA C spécial est utilisé pour la fabrication de fromage fondu, spécialités et préparations fromagères fondues tartinables ou en blocs. Dosage calculé sur la matière première mise en œuvre: 3,0 à 3,5%. En cas de correction nécessaire de pH, il est recommandé d'utiliser JOHA T neu entre 0,1 et 0,5%.	
Données de sécurité	Données disponibles dans la "fiche de données de sécurité" du produit.	
Stockage	Local sec et tempéré. Protégé de l'humidité.	
Durée de conservation	36 mois minimum en conditions de stockage appropriées.	
Conditionnement	Sacs papier doublés polyéthylène de 25 kg net. Palette EUR housée de 1000 kg.	

## 2 - JOHA S9

# JOHA<sup>®</sup> S 9

Produit n°: 7 7007

97  
Business Unit Food

## Sel de fonte pour la fabrication de fromage fondu, et préparations fromagères fondues

<b>Composition</b>	E 452 polyphosphates de sodium, E 339 orthophosphates de sodium	
<b>Spécifications</b>	Description:	poudre blanche
	P2O5 (%):	59,7 +/- 1,0
	pH (solution à 1%):	9.0 +/- 0,3
	Arsenic:	max. 1 ppm
	Plomb:	max. 1 ppm
	Mercure:	max. 1 ppm
	Cadmium:	max. 1 ppm
	Produit répondant aux normes en vigueur en matière de contaminants des additifs alimentaires définies par la FAO/OMS et le JECFA, les directives CE et le FCC.	
<b>Propriétés fonctionnelles</b>	Caractère crémant:	x
	Échange d'ion:	xx
	Déplacement pH:	+0,1 / +0,2
	(o = nul; x = faible; xx = moyen; xxx = fort)	
<b>Données nutritionnelles</b>	Sodium (%):	30 env.
	Potassium (%):	-
	Phosphore (%):	26 env.
	Energie (Kcal /100 g):	0
	Extrait sec (%):	min. 99
<b>Certificats</b>	ISO 9001, ISO 14001, casher, halal	
<b>Déclaration OGM</b>	Non soumis à obligation d'étiquetage par le règlement CE 1829/2003 et 1830/2003.	
<b>Déclaration allergènes</b>	Exempt d'allergènes, en accord avec les directives CE 2000/13 et modifications 2003/89EC, 2006/142EC et 2007/68EC.	
<b>Applications</b>	JOHA S 9 est utilisé pour la fabrication de fromage fondu tartinable, spécialités et préparations fromagères fondues. Dosage calculé sur la matière première mise en œuvre: 2,8 à 3,2%.	
<b>Données de sécurité</b>	Données disponibles dans la fiche de données de sécurité du produit.	
<b>Stockage</b>	Local sec et tempéré. Protégé de l'humidité.	
<b>Durée de conservation</b>	36 mois minimum en conditions de stockage appropriées.	
<b>Conditionnement</b>	Sacs papier doublés polyéthylène de 25 kg net. Palette EUR houssée de 1000 kg.	

### 3 - JOHA PZ6

# JOHA<sup>®</sup> PZ 6

Produit n°: 7 7459



## Sel de fonte pour la fabrication de fromage fondu, spécialités et préparations fromagères fondues

<b>Composition</b>	E 452 polyphosphates de sodium, E 450 diphosphates de sodium, E 331 citrate de sodium, E 339 orthophosphates de sodium	
<b>Spécifications</b>	<b>Description:</b>	Poudre blanche
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%):	50,5 ± 1,0
	pH (solution à 1%):	7,6 ± 0,3
	<b>métaux lourds:</b>	max. 10 ppm
	arsenic:	max. 2 ppm
	plomb:	max. 2 ppm
	mercure:	max. 1 ppm
	cadmium:	max. 1 ppm
	Produit répondant aux normes en vigueur en matière de contaminants des additifs alimentaires définies par la FAO/OMS et le JECFA, les directives CE et le FCC.	
<b>Propriétés fonctionnelles</b>	<b>caractère crémant:</b>	xx
	<b>échange d'ion:</b>	xx
	<b>déplacement pH:</b>	+ 0,1 / + 0,2
	(o = nul; x = faible; xx = moyen; xxx = fort)	
<b>Données nutritionnelles</b>	<b>Sodium (%):</b>	26 approx.
	<b>Potassium (%):</b>	-
	<b>Phosphore (%):</b>	22 approx.
	<b>Energie (Kcal /100 g):</b>	40 approx.
	<b>Extrait sec (%):</b>	99 min.
<b>Certificats</b>	ISO 9001, ISO 14001, halal	
<b>Déclaration OGM</b>	Non soumis à obligation d'étiquetage par le règlement CE 1829/2003 et 1830/2003.	
<b>Déclaration allergènes</b>	Exempt d'allergènes, en accord avec les directives CE 2000/13 et modifications 2003/89EC, 2006/142EC et 2007/68EC.	
<b>Applications</b>	JOHA PZ 6 est utilisé pour la fabrication de fromage fondu tartinable, spécialités et préparations fromagères fondues. Dosage calculé sur la matière première mise en œuvre : 3,5 à 4,0%.	
<b>Données de sécurité</b>	Données disponibles dans la "fiche de données de sécurité" du produit.	
<b>Stockage</b>	Local sec et tempéré. Protégé de l'humidité.	
<b>Durée de conservation</b>	18 mois minimum en conditions de stockage appropriées	
<b>Conditionnement</b>	Sacs papier doublés polyéthylène de 25 kg net. Palette EUR houssée de 1000 kg.	