

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA**

**FACULTE DES SCIENCES AGROVETERINAIRES**

**DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES**

Mémoire en vue de l'obtention du diplôme  
De Master en Sciences Alimentaires  
Spécialité : Sciences Alimentaires

Thème :

Etude comparative de l'incorporation de deux types de  
lactosérum (Acide et Doux) dans un fromage fondu

Présenté par :

HACHI AMINA

Devant le jury composé de :

<b>Mme KEBOUR.D</b>	<b>MCB</b>	<b>USDB</b>	<b>Présidente de jury</b>
<b>Mme ACHEHEB .H</b>	<b>MCB</b>	<b>USDB</b>	<b>Promotrice</b>
<b>Mme ABDELLAOUI.Z</b>	<b>MAB</b>	<b>USDB</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>Mme FERNANE.S</b>	<b>MAB</b>	<b>USDB</b>	<b>Examinatrice</b>

ANNEE UNIVERSITAIRE 2012-2013

## *Remerciement :*

Au terme de ce travail, je tiens à remercier **Dieu** le tous puissant pour m'avoir donné la santé, la volonté, le courage et la patience sans lesquels ce travail n'aurait pas été réalisé.

*J'ai l'honneur et le plaisir de présenter ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à ma promotrice Mme ACHEHAB Hakima MCB à la faculté des sciences agronomiques et vétérinaires d'université de Saad Dahlab de Blida pour avoir accepté de diriger ce travail et pour sa précieuse aide, ces orientations et le temps qu'elle m'a accordé pour mon encadrement.*

*Je tien à remercier la présidente de jury Mme KEBOUR d'avoir accepté de présider mon jury.*

A mes examinateurs

*Je tien à vous remercier Mme ABDALAOUI d'avoir accepté d'examiner mon travail*

*Je tien à vous remercier Mme FERNANE d'avoir accepté d'examiner mon travail*

Un grand merci pour l'équipe du laboratoire de contrôle de qualité au niveau de l'entreprise Goumidi.

Mes vifs remerciements aillent à *Mlle Nesrine* de m'avoir aidé dans la réalisation d'une partie de mon travail au sein de laboratoire d'entreprise de LBT.

*Je remercie profondément tous les enseignants qui m'ont orienté et aidé pendant mon cursus.*

Mes remerciements les plus sincères à toutes personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite durant les années d'études.

*MERCI*

# *Dédicaces*

Je dédie ce modeste travail :

A ceux qui ont sacrifié leurs vies pour me protéger, me soutenir et m'accompagner tout le long de ma vie et qui m'ont donnée le meilleur d'eux même, mes chers et irremplaçables **parents**.

A Mon Père,

En vous, je vois un père dévoué à sa famille. Ta présence en toute circonstance m'a maints fois rappelé le sens de la responsabilité.

A Ma Mère,

En vous, je vois la maman parfaite, toujours prête à sacrifier pour le bonheur de ses enfants.

A mes grands parents, que Dieu les protège

A mon frère: *Amine*, a qui je souhaite beaucoup de bonheur et de réussite dans la vie.

A mes très chères et adorables sœurs : *Assia, Kawthar et Enfel*.

A tous mes oncles et mes tantes surtout *Naima*.

A tout mes cousins et cousines.

A mes chères et meilleurs amies : *Asma, Imen et Nihed* avec qui j'ai partagés les meilleurs moments de joie et de peine.

A tous mes amis, et a tous ceux qui m'ont orienté et aidé de près ou de loin a l'avancement de ce travail par des encouragements ou par des paroles réconfortantes.

A tous mes amis et camarades de la promotion sciences alimentaires :  
2012-2013.

## Résumé

La présente étude, consiste à la fabrication de deux fromages fondus, le premier enrichi en lactosérum doux et le second en lactosérum acide afin de les comparer et faire sortir une meilleure formulation d'un fromage riche en nutriments et plus accepté par les consommateurs, aussi la protection de l'environnement des effets polluants du rejet des lactosérums.

Un contrôle des propriétés microbiologiques et physico-chimiques des matières premières et du produit fini à été effectué, ainsi que les caractéristiques organoleptiques du fromage fabriqué. Enfin un suivi de la qualité physico-chimiques et microbiologique des fromages conservés à + 4 °C pendant 21 jours.

Les résultats obtenus ont montré que l'incorporation des deux lactosérums liquides à enrichie la préparation fromagère surtout en protéines, ainsi à augmenté le taux d'extrait sec qui est un paramètre très important pour les industriels.

Les résultats obtenus ont montré que les fromages fondus fabriqués sont de qualité microbiologique, physico-chimique et organoleptique satisfaisantes.

Les différents tests effectués sur nos fromages ont donné des résultats satisfaisants notamment pour le produit conservé à 4°C.

**Mots clé :** lactosérum acide, lactosérum doux, fromage fondu, valeur nutritive, qualité organoleptique.

**Abstract:**

This study involves the construction of two melted cheese, sweet whey enriched first and second acid whey to compare and to get a better formulation of a nutrient-rich and more accepted by consumers cheese also the environmental effects of the discharge of pollutants from whey.

Control of microbiological and physical and chemical properties of raw materials and the finished product was made, and the organoleptic characteristics of cheese made. Finally monitor the physical and chemical and microbiological quality of cheese stored at 4°C for 21 days.

The results showed that the incorporation of both the enriched liquid whey cheese preparation especially proteins, thus increasing the rate of dry extract which is a very important parameter for the industry.

The results showed that the processed cheese is made microbiological quality, physical and chemical and organoleptic satisfactory.

The rate EST and protein are higher in the embedded test 100% sweet whey, which are noted respectively the values of 43.61% and 11.27%.

The various tests on our cheeses have given satisfactory results, especially for the product stored at 4 °C.

**Keywords :**

Acid whey, sweet whey, nutritive value, melted cheese, organoleptic qualities.

## المخلص:

هذه الدراسة تتناول صناعة جبن طري مغذى بمصل اللبن الحلو والحامض و ذلك للاستفادة من القيمة الغذائية لها والتوصل إلى صيغة غنية بالمغذيات و مقبولة من طرف المستهلك، ومن ناحية أخرى حماية البيئة من الأثار المسببة للتلوث من طرف مصلى اللبن.

قمنا بمراقبة جل الخصائص الميكروبيولوجية والفيزياء كيمائية للمواد الأولية والمنتوج النهائي، و أيضا الخصائص الحسية للجبن. وأخيرا تمت مراقبة الجودة الفيزياء كيمائية والميكروبيولوجية للجبن المخزن تحت درجة حرارية مقدرة بـ 4 درجة مئوية و ذلك لمدة 21 يوما.

وأظهرت النتائج أن دمج كل من مصلا اللبن في تركيبة إعداد الجبن قد زاد من قيمته الغذائية خاصة البروتينات، و أيضا لاحظنا زيادة معدل المواد الصلبة، الذي يعتبر معيار هام جدا لهذه الصناعة.

قيمة المواد الصلبة و البروتينات جد عالية في المنتوج الذي يحتوي مصلى اللبن الحلو حيث سجلنا على التوالي قيم 43,61% و 11,27%..

مختلف التحاليل المنجزة على الجبن أظهرت نتائج مرضية، وخاصة بالنسبة للمنتج المخزن تحت درجة حرارية مقدرة بـ 4 درجة مئوية.

## الكلمات المفتاحية:

مصلى اللبن الحامض و الحلو، جبن طري، القيمة الغذائية، الجودة الحسية

## Sommaire

	<i>Page</i>
<b>Introduction</b> .....	1
<b>Partie bibliographique</b>	
<b>Chapitre I : Fromage fondu</b>	
I.1 Généralité sur le fromage.....	3
I.1.1 Définition.....	3
I.1.2 Classification des fromages.....	3
I.1.3 Caractéristiques nutritionnelles des fromages.....	5
I.1.4 Technologie de fabrication fromagère.....	7
I.2 Fromage fondu.....	9
I.2.1 Définition.....	9
I.2.2 <i>Différents types du fromage fondu</i> .....	9
I.2.3 Caractéristiques nutritionnelles des fromages fondus.....	10
I.2.4 Matières premières utilisées.....	11
I.2.5 Processus de fabrication du fromage fondu.....	14
<b>Chapitre II : Le lactosérum</b>	
<b>Introduction</b> .....	19
II.1 Définition .....	19
II.2 Différents types de lactosérum.....	19
II.2.1 Sérum Doux .....	19
II.2.2 Sérum Acide .....	19
II.3 voies technologiques d'obtention des principaux types de lactosérum.....	20
II.4 Compositions physico-chimiques du lactosérum.....	21
II.5 Valorisations du lactosérum.....	24
II.5.1 Valeur nutritionnelle du lactosérum.....	24
II.5.2 Effet thérapeutique du lactosérum.....	24
II.5.3 Facteur polluant du lactosérum.....	25
II.6 Modes d'utilisation du lactosérum.....	25
II.7 Stockage et conservation du lactosérum.....	25

### **Chapitre III: Control qualité des fromages**

III.1 Critères de qualité.....	28
III.2 Contrôle de la qualité.....	28
III.3 Méthodes d'évaluation de la qualité.....	29
III.4 Les défauts de fabrication de fromage fondu.....	31
III.4.1 Les défauts observés au moment de la fonte.....	32
III.4.2 Les défauts observés au cours du stockage.....	33
III.4.3 Autres défauts de fabrications.....	34

### **Partie expérimentale**

#### **Chapitre IV : Matériel et méthodes**

IV.1 Lieu de stage.....	35
IV.2 Objectifs du travail.....	35
IV.3 Présentation de l'unité.....	35
IV.4 Matériel d'étude.....	36
IV.4.1 Matériel biologique.....	36
IV.4.2 Matériel non biologique.....	37
IV.5 Méthodes d'analyses.....	37
IV.5.1 Prélèvement et échantillonnage.....	37
IV.5.2 les différents essais de fabrication des fromages fondus enrichi en lactosérum.....	39
IV.5.3 Analyses microbiologiques.....	41
IV.5.3.1 Définition.....	41
IV.5.3.2 Analyses microbiologiques effectuées.....	41
IV.5.3.3 Méthodes d'analyses microbiologiques.....	41
IV.5.3.3.1 Echantillonnage.....	41
IV.5.3.3.2 Préparation des solutions mères et des dilutions décimales.....	42
IV.5.3.3.3 Techniques d'analyses.....	43
IV.5.4 Analyses physico-chimiques.....	54
IV.5.4.1 Contrôle physico-chimique.....	54
IV.5.4.2 Analyses physico-chimiques effectuées.....	54
IV.5.4.3 Méthodes d'analyses Physico-chimiques.....	55



IV.5.4.3.1 Echantillonnage.....	55
IV.5.4.3.2 Techniques d'analyses.....	55
IV.5.5 Analyses sensorielles.....	68
IV.5.6 Etude statistique.....	68

### ***Chapitre V : Résultats et discussion***

V.1 résultats et interprétation des analyses microbiologiques .....	70
V.1.1 Matières premières.....	70
V.1.2 Produit fini.....	73
V.2 Résultats et interprétation des analyses physico-chimiques.....	74
V.2.1 Matières premières.....	74
V.2.2 Produit fini.....	80
V.3 suivie de la stabilité des fromages au cours du stockage.....	85
V.3.1 Etude bactériologique des sept fromages au cours du stockage à 4°C.....	85
V.3.2 Résultats de la stabilité physico-chimique.....	87
V.4 Résultats d'analyses sensorielles.....	94
V.4.1 Résultats du test hédonique.....	94
V.4.2 Résultats du test de classement.....	95
V.5 Etude comparative.....	97
V.5.1 Comparaison entre le lactosérum issu du fromage à pâte molle et le lactosérum issu du fromage à pâte fraîche .....	97
V.5.2 Comparaison entre les fromages fondus fabriqué.....	97

### **Conclusion**

### **References bibliographiques**

### **Annexes**

## **Liste des abréviations**

- ❖ **Abs** : Absence
- ❖ **AFNOR** : association française de normalisation
- ❖ **°C** : degrés Celsius
- ❖ **CF** : Coliformes fécaux
- ❖ **cm** : centimètre
- ❖ **CSR** : *Clostridium* Sulfito-Réducteurs
- ❖ **CT** : Coliformes totaux
- ❖ **°D** : degré Dornic
- ❖ **D/C**: Double concentration
- ❖ **DBO** : demande biologique en oxygène
- ❖ **DPD** : Diméthyle Parapheline Diamine
- ❖ **E<sub>0</sub>** : fromage témoin incorporé de 0% du lactosérum
- ❖ **E<sub>1</sub>** : fromage incorporé de 40% du lactosérum Acide
- ❖ **E<sub>2</sub>** : fromage incorporé de 70% du lactosérum Acide
- ❖ **E<sub>3</sub>** : fromage incorporé de 100% du lactosérum Acide
- ❖ **E<sub>4</sub>** : fromage incorporé de 40% du lactosérum Doux
- ❖ **E<sub>5</sub>** : fromage incorporé de 70% du lactosérum Doux
- ❖ **E<sub>6</sub>** : fromage incorporé de 100% du lactosérum Doux
- ❖ **E. coli** : *Escherichia Coli*
- ❖ **EDTA** : Acide éthylène-diamine tétra acétique
- ❖ **EST** : Extrait Sec Total
- ❖ **°F** : degré Français
- ❖ **FAO** : Food and Agriculture Organisation
- ❖ **FMAT** : Flore mésophile aérobies totale
- ❖ **g** : Gramme
- ❖ **GC**: Giolitti Cantonii
- ❖ **G/S** : Gras sur sec
- ❖ **h** : heure
- ❖ **H** : Humidité
- ❖ **ISO** : International Standard Organization (organisation internationale de normalisation)
- ❖ **J.C** : Jésus Christ

- ❖ **J.O.R.A** : Journal Officiel de la République Algérienne
- ❖ **Kcal** : kilocalorie
- ❖ **Kg** : kilogramme
- ❖ **LBT** : laiterie de Béni Tamou
- ❖ **MS** : matière sèche
- ❖ **MAX** : maximum
- ❖ **mg** : milligramme
- ❖ **MG** : Matière grasse
- ❖ **MIN** : minimum
- ❖ **min** : minute
- ❖ **ml** : millilitre
- ❖ **mm** : millimètre
- ❖ **NPP** : nombre le plus probable
- ❖ **OMS** : Organisation Mondial de la Santé
- ❖ **PCA** : Plat Count Agar
- ❖ **pH** : potentiel d'hydroxyde
- ❖ **S. aureus** : *Staphylococcus aureus*
- ❖ **S/C**: Simple concentration
- ❖ **SM** : solution mère
- ❖ **TA** : titre alcalimétrique
- ❖ **TAC** : titre alcalimétrique complet
- ❖ **TH** : titre hydrométrique
- ❖ **Tr** : tours
- ❖ **TSE** : Tryptone Sel Eau
- ❖ **UFC** : Unité Formant Colonie
- ❖ **UHT** : Ultra Haute Température **UV**: l'Ultra Violet
- ❖ **VRBL** : Gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre

## **Liste des Figures**

	<b>Page</b>
<b>Figure 1</b> : Principales voies de fabrication de fromage fondu.....	15
<b>Figure 2</b> : Voies technologiques permettant l'obtention des principaux types de lactosérums issus de la première transformation du lait.....	20
<b>Figure 3</b> : Voies technologiques permettant l'obtention de la poudre de lactosérum.....	27
<b>Figure 4</b> : Mécanisme de transfert des micro-organismes.....	31
<b>Figure 5</b> : Diagramme de fabrication du fromage fondu enrichi en lactosérum acide et doux, (40%, 70%, 100%) et du fromage témoin.....	39
<b>Figure 6</b> : Variation du pH en fonction du type et de la quantité de lactosérum incorporée.....	81
<b>Figure 7</b> : Variation du taux de MG en fonction du type et de la quantité de lactosérum incorporée.....	82
<b>Figure 8</b> : Variation du taux d'EST en fonction du type et de la quantité de lactosérum incorporée.....	82
<b>Figure 9</b> : Variation du taux d'humidité en fonction du type et de la quantité de lactosérum incorporée.....	83
<b>Figure 10</b> : Variation de G/S en fonction du type et de la quantité de lactosérum incorporée.....	84
<b>Figure 11</b> : Variation du taux des protéines en fonction du type et de la quantité de lactosérum incorporée.....	84
<b>Figure 12</b> : Evolution du pH des sept fromages après une semaine de stockage à 4°C.....	88
<b>Figure 13</b> : Variation du pH des sept fromages après 14 jours de stockage à 4°C...88	88
<b>Figure 14</b> : variation du pH des sept fromages après 21 jours de stockage à 4°C...89	89
<b>Figure 15</b> : Variation d'EST des sept fromages après une semaine de stockage à 4°C.....	90
<b>Figure 16</b> : Variation d'EST des sept fromages après 14 jours de stockage à 4°C...90	90
<b>Figure 17</b> : Variation d'EST des sept fromages après 21 jours de stockage à 4°C...90	90
<b>Figure 18</b> : Variation du MG des sept fromages après une semaine de stockage à 4°C.....	92
<b>Figure 19</b> : Variation de MG des sept fromages après 14 jours de stockage à 4°C..92	92

<b>Figure 20:</b> Variation de MG des sept fromages après 21 jours de stockage à 4°C..	92
<b>Figure 21:</b> Variation du G/S des sept fromages après une semaine de stockage à 4°C.....	93
<b>Figure 22:</b> Variation de G/S des sept fromages après 14 jours de stockage à 4°C..	94
<b>Figure 23:</b> Variation de G/S des sept fromages après 21 jours de stockage à 4°C..	94
<b>Figure 24:</b> Profil sensorielle de l'incorporation des deux types du lactosérum dans un fromage fondu.....	94
<b>Figure 25:</b> Résultats de teste du classement par ordre de préférence des sept fromages fabriqués.....	96

## Liste des tableaux

	Page
<b>Tableau 1</b> : Classification des différents fromages selon les opérations de fabrication et leurs caractéristiques.....	4
<b>Tableau 2</b> : Composition moyenne en constituants majeurs de quelques familles de fromages (en g pour 100g de fromages).....	6
<b>Tableau 3</b> : Composition moyenne en minéraux des différents fromages (en mg pour 100g de fromages).....	7
<b>Tableau 4</b> : Composition moyenne du 100g de fromage fondu.....	10
<b>Tableau 5</b> : Caractéristiques recommandées pour une eau d'usage industriel laitier.....	13
<b>Tableau 6</b> : Composition moyenne des différents types du lactosérum.....	22
<b>Tableau 7</b> : Composition du sérum en acide aminés comparée à celle de l'œuf (en g/16g d'azote).....	23
<b>Tableau 8</b> : Défauts de fabrication de fromage fondu et les actions correctives.....	32
<b>Tableau 9</b> : Défauts observés au cours du stockage et les actions correctives.....	33
<b>Tableau 10</b> : Différentes formules donnant 300 g des fromages incorporés du lactosérum et du fromage témoin (0 %).....	40
<b>Tableau 11</b> : Les Analyses microbiologiques effectuées sur les différents prélèvements.....	41
<b>Tableau 12</b> : Les analyses physico-chimiques effectuées sur les différentes matières premières et le produit fini.....	54
<b>Tableau 13</b> : Les Analyses physico-chimiques effectuées sur l'eau de process.....	55
<b>Tableau 14</b> : Résultats d'analyses microbiologiques de la poudre de lait (26 %de MG).....	70
<b>Tableau 15</b> : Résultats d'analyses microbiologiques du cheddar.....	71
<b>Tableau 16</b> : Résultats d'analyses microbiologiques du beurre.....	71
<b>Tableau 17</b> : Résultats d'analyses microbiologiques des lactosérums.....	72
<b>Tableau 18</b> : Résultats d'analyses microbiologiques de l'eau de process.....	73
<b>Tableau 19</b> : Résultats d'analyses microbiologiques des fromages fondus à base de lactosérum doux et acide à différents pourcentages (0 %, 40 %, 70%, 100%).....	74

<b>Tableau 20:</b> Résultats physico-chimiques de la poudre de lait (26% de MG) comparativement aux normes <b>AFNOR (1986)</b> .....	75
<b>Tableau 21:</b> Résultats physico-chimiques du cheddar comparativement aux normes <b>AFNOR (1986)</b> .....	75
<b>Tableau 22:</b> Résultats physico-chimiques du beurre comparés aux normes AFNOR.....	76
<b>Tableau 23:</b> Résultats des analyses physico-chimiques des lactosérums.....	77
<b>Tableau 24 :</b> Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de procès.....	79
<b>Tableau 25:</b> Résultats des analyses physico-chimiques des fromages fondus incorporés de lactosérum.....	80
<b>Tableau 26 :</b> Evolution bactériologique des fromages lors de la conservation.....	86
<b>Tableau 27:</b> Evolution du pH au cours du stockage des produits fini à 4°C pendant 21jours.....	88
<b>Tableau 28:</b> Evolution de EST pendant le stockage des sept fromages à + 4°C.....	89
<b>Tableau 29:</b> Evolution de la MG au cours de 21jours de stockage.....	91
<b>Tableau 30:</b> Evolution de la MG au cours de 21jours de stockage.....	93
<b>Tableau 31:</b> Résultats de classement par ordre de préférence des sept fromages fabriqués.....	96

## ***Liste des annexes***

**Annexe 1** : Matériels et appareils

**Annexe 2** : Tableau de conversion

**Annexe 3** : Normes de comparaison du journal officiel (JORA 1998).

**Annexe 4** : Préparation des dilutions pour les produits liquides.

**Annexe 4** : Préparation de la dilution mère et les dilutions décimales pour les produits solides.

**Annexe 5**: recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux.

**Annexe 6**: Recherche et dénombrement des coliformes totaux et les coliformes thermo-tolérants en milieu solide.

**Annexe 7**: Recherche et dénombrement des levures et moisissures.

**Annexe 8**: Recherche et dénombrement des spores anaérobies sulfito-réducteurs.

**Annexe 9**: Recherche et dénombrement de *staphylococcus aureus*.

**Annexe 10**: Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux dans l'eau de procèss.

**Annexe 11**: Recherche et dénombrement des coliformes dans l'eau de procèss.

**Annexe 12** : Table de Mac Grady

**Annexe 13**: Recherche et dénombrement des *streptocoques* fécaux dans l'eau de procèss.

**Annexe 14**: Recherche et dénombrement des spores anaérobies sulfito-réducteurs dans l'eau.

**Annexe 15** : Analyse de variance des différents paramètres étudiés

**Annexe 16** : Fiche de dégustation du fromage fondu



# ***Introduction***

# ***Partie bibliographique***

# ***Le fromage fondu***

# ***Le lactosérum***

# ***Le contrôle qualité des fromages***

# ***Partie expérimentale***

# ***Matériel et méthodes***

# ***Résultats et discussion***



# ***Conclusion***

## **Conclusion générale**

L'acceptation de nouveaux produits à base de lactosérum dépend des conditions suivantes :

- L'utilisation potentielle de grandes quantités de lactosérum.
- D'une production à bas cout de revient.
- De bonnes propriétés nutritionnelles.
- D'une flaveur et d'une texture satisfaisante.

Au terme de notre travail et en s'inspirant de tous ces paramètres que nous avons lancés dans l'essai de fabrication de deux fromages fondus, le premier enrichi en lactosérum Acide et le second en lactosérum Doux, nous pouvons dire que les deux types de lactosérum de béni Tamou représentent un sous-produit de très bonne valeur alimentaire. En effet, ils renferment une quantité assez importante de protéines qui est de 0,8% et une grande quantité de lactose qui est de 5,6% dans le lactosérum doux et 4,5% dans le lactosérum acide qui constitue une importante source d'énergie.

L'eau de procès est remplacée par le lactosérum, l'apport en protéines et certain pourcentage de l'extrait sec à été assuré.

Le lactosérum doux présente un taux d'EST de 8,37% qui plus important par-rapport au lactosérum acide (6,74%) ce qui explique la richesse du fromage en nutriment ou il est incorporé.

De plus, l'étude bactériologique révèle l'absence totale des germes pathogènes, ce qui à rendu son utilisation envisageable.

Cependant la pasteurisation n'a pas une grande répercussion sur la valeur nutritive du lactosérum, ceci à été démontré lors des résultats des analyses physico-chimiques du fromage fondu enrichi en lactosérum qui ont révélé un taux élevé en EST, qui pouvais aller jusqu'au 43,61% dans le fromage incorporé de 100% du lactosérum doux dont on à marqué la plus haute valeur, et un taux élevé en protéines au fur à mesure quand on augmente le taux d'incorporation du lactosérum par-rapport au fromage non enrichi, on à marqué la plus haute valeur qui est de 11,27 % dans le fromage incorporé de 100% du lactosérum doux.

L'étude bactériologique des fromages fabriqués enrichi en lactosérum révèle l'absence totale des germes banaux, pathogènes et d'altération.

**Les conditions de conservation à 4°C influent relativement sur la composition biochimique du fromage: tels qu'une légère diminution de la valeur du pH et une légère augmentation de l'extrait sec total et de la matière grasse résultent du développement des germes totaux, levures et moisissures, ce qui témoigne que la réfrigération à 4°C n'inhibe pas la prolifération de certains germes pour ce produit.**

**Il faut signaler que d'après nos résultats et au bout de 21 jours de conservation, le produit ne montre pas de grandes variations, donc il sera possible de augmenter sa durée de conservation pour mieux maîtriser ses variations, mais on a observé un début de cristallisation du fromage incorporé de 100% du lactosérum doux.**

**Le test de dégustation nous a démontré que tous les fromages incorporés de lactosérum à différents pourcentages (40%, 70%, 100%) ont été appréciés par le consommateur. Néanmoins le fromage enrichi en 100% du lactosérum doux est bien réussi et bien classé selon la dégustation réalisée, estimé à 26,66%. Ce qui nous permet de dire que le type et le taux d'incorporation dépend des exigences des consommateurs. De ce fait, la production à grande échelle de ce dernier fromage permet de réduire considérablement l'effet polluant du lactosérum.**

**Au terme de cette étude expérimentale, on peut confirmer la possibilité de fabriquer un fromage fondu enrichi en lactosérum présentant des qualités organoleptiques et nutritionnelles satisfaisantes et qui répondra aux exigences du consommateur.**

**On peut suggérer donc comme perspectives d'avenir :**

- L'utilisation de lactosérum après fractionnement, qui consiste en une séparation des protéines et du lactose par Ultrafiltration ou Chromatographie pour la préparation d'aliments infantiles, du lait maternisé et des aliments diététiques.
- L'utilisation de lactosérum dans la culture des ferments sauvages et les utiliser dans l'industrie de fromage au lieu des ferments de commerce.
- Valorisation du lactosérum acide pour d'autres produits alimentaires notamment les boissons donnant un goût acide plus concentré.
- Substitution du poudre de lait lors de la fabrication des yaourts par la poudre du lactosérum doux déminéralisé avec un maximum des protéines et d'extrait sec possible donnant un goût plus sucré.

***Références  
bibliographiques***

## **Références bibliographiques**

- **AFNOR, 1986** : Association Française de la Normalisation.
- **Adrian J. et Potus J., 1995** : La science Alimentaire de A à Z. 2<sup>ème</sup> édition. Lavoisier, Paris.
- **Allais C., 1981** : La valorisation du lactosérum : les bases et les problèmes : la technique laitière n°952.
- **Amariglio S., 1986** : Contrôle de la Qualité des Produits Laitiers: Analyses Physiques et Chimiques, Méthode II-3 .AFNOR-ITSV, France, pp. 123–124.
- **Anonyme, 2013** : <http://metro.ca/conseil-expert/fromager/valeur-nutritive-fromages/proteines-lipides-vitamines-mineraux.fr.html>: le fromage en protéines, lipides, vitamines et minéraux.
- **Anonyme, 2010** : <http://www.institut-fromages-et-sante.com>: Fromages et qualités nutritionnelles.
- **Anonyme b, 2010** : <http://www.composition-des-aliments.fr/analyse-france/fromage-fondu-portions-cubes-25-pcent-mg>
- **Anonyme, 1980** : utilisation du lactosérum en alimentation animale et humaine ; paris : 80p.
- **AOAC, 1990** : "Official methods of analysis of the association of official Analytical Chemists" (15th ed) (Vol. II). Arlington, Virginia : Association of Analytical Chemists.
- **Apria, 1980**: Utilisation de lactosérum en alimentation humaine.
- **Apria, 1973**: Le lactosérum traitement et utilisation Ed. Apria. p255.
- **Averzard C.L et Lablee J., 1990**: Laits et produits laitiers recombines ; in : « lait et produits laitiers Vache, Brebis, Chèvre : transformation et technologie » ed. Luquet F.M.Tome2, Technique et Documentation, 2<sup>ème</sup> ed. Lavoisier, Paris. 533-550.
- **Audic J.C, Chaufer B., Daufin G., 2003**: Non-food applications of milk components and dairy co-products: A review. Lait, 83: 417 - 438.
- **Auliffe M.K.W., Scotter D.R., Macgregor A.N, Earl K.W., 1982**: Casein whey waste water effects on soil permeability. Journal of Environmental Quality, 11: 31 -34.

- **Bachmann H.P., 2000:** Cheese analogues: a review. International Dairy Journal, vol. 11, p. 505–515.
- **Béal C. et Sodini I., 2003 :** Fabrication des yaourts et des laits fermentés, Technique de l'ingénieur, F6315, 2003.
- **Berger et al., 1989 :** La fabrication du fromage fondu. Edition BK Laden burg, 233P
- **Bliefert. C et Perraud. R, 2001 :** chimie de l'environnement : air, eau, sols, déchets ; De Boeck ; 477p.
- **Bouazri Nour el Houda., 2012 :** Essai de valorisation du lactosérum en fromagerie : cas d'un fromage fondu à base d'ail et fines herbes de master académique, université SSAD DAHLAB.
- **Boudier J.F et Luquet F.M., 1981 :** Dictionnaire laitiers; 2<sup>ème</sup> édition tec & doc ; Paris ; 220P.
- **Boudier J.F et Luquet F.M., 1989 :** Utilisation des Lactosérums en Alimentation Humaine et Animale. N°21, Labcodra, E nsia, Douai. 1-113.
- **Bourgeois C.M. et Larpent J.P., 1996 :** microbiologie alimentaire : Aliment fermentés et fermentation alimentaire ; 1<sup>ère</sup> édition, paris : 502p.
- **Boutonnier J.L., 2000 :** La fabrication de fromage fondu. Technique d'ingénieur, P2, 3, 11.
- **Cahagnier, B., Dragacci, S., Frayssinet, C., Fremy, J.M., Hennebert, G.L., Lesage-Meessen, L., Multon, J.L., Richard-Molard, D. and Roquebert. M.F., 1998 :** Moisissures des aliments peu hydratés. Paris : Lavoisier Tec & Doc.
- **Camille D., 2007 :** Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyse ou de contrôle sanitaire. Edition Tec & Doc, Lavoisier-paris. p415.
- **Chambre M., Daurelles J., 1997.** Le fromage fondu. In: **ECK A. et GILLIS.** Le fromage. Ed. Lavoisier, p. 691-708.
- **Chambre M., Daurelles J., 2006 :** Le fromage fondu. In « Le fromage : de la science à l'assurance qualité » ed. ECK A. et GILLIS J.C.Technique et Documentation. 3<sup>ème</sup> Ed. Lavoisier, Paris. P691-707.
- **Chaput G., 1981 :** Problème technique et économique posé par le stockage et le transport ; Technique et documentation ; paris : 250p.
- **Charles Alais et Guylinden, 2003 :** Biochimie Alimentaire. 5<sup>ème</sup> Edition Tec & Doc, Lavoisier. Paris. p 167.

- **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 observations à l'étape 3, 3 p.
- **De Witt J.N., 2001** : Manuel de l'enseignant sur le Lactosérum et les Produits de Lactosérum, 1<sup>ère</sup> édition. European Whey Products Association, Bruxelles, Belgique. ....
- **Dillon J.C. et Berthier A.M., 1997** : Le fromage dans l'alimentation. In « Le fromage ». Edition Eck et Gillis. Technique et documentation, Lavoisier, paris.
- **Eck A. et Gillis J.C., (2006)**. Le fromage de la science a l'assurance qualité. 3<sup>ème</sup> édition. Ed. Technique et documentation, Lavoisier, Paris.
- **Eck A. et Gillis J.C., 1997** : Le fromage. 3<sup>ème</sup> Ed. Technique et Documentation, Lavoisier, Paris.
- **Eck A. et Patont J.P., 1987** : Fromage fondu ; in « fromage »Ed. Eck A. Technique et Documentation. 3<sup>ème</sup> Edition. Lavoisier, Paris. p539. ....
- **FAO, 1995** : Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Collection FAO : Alimentation et nutrition n°28
- **Fine F. et Gervais P., 2007** : Technique de l'ingénieur, édition Tec & Doc, Lavoisier. P 566, 581, 582.
- **Gaucheron F., 2004** : minéraux et produits laitiers, Technique et Documentation Lavoisier ; Paris, 206, 295p
- **Glais et Coller, 2002** : Le fromage in Vignola 2002 : Fondation de Technologie laitier « science et technologie du lait », Transformation du lait. P 364....
- **Ghaly, A.E. et Singh, R.K., 1989** : Land application of cheese whey. pages 546 à 553 in American Society of Agricultural Engineers. 1985. Agricultural Waste Utilization and Management. Chicago, Illinois.
- **Gonzfilez Siso M. I., 1996** : The biotechnological utilization of cheese whey: a review. Bioresource Technology, 57, 1: 1-11.
- **Guiraud J.P., 2003**: microbiologie alimentaire ; 2<sup>ème</sup> édition; édition Dunod; paris: 652p.
- **Guiraud J.P. et Rosec J.P** : pratique des normes en microbiologie alimentaire ; AFNOR. paris : 299 p, **2004**.

- **Guiraud J.P., 1998** : Microbiologie Alimentaire. Tome 2. Edition Dunod. Paris. P343.
- **Hadj-Idris Imene., 2012** : Valorisation du lactosérum dans une préparation fromagère.
- **Ilker Erdem, Mushsin Ciftcioglu, Sebnem Harsa, 2006** : Separation of whey components by using ceramic composite membranes; desalination 189
- **Jacquet Violleau V., 1999** : Déminéralisation par électrolyse en présence d'un complexant : application au lactosérum, thèse pour obtention de doctorat en sciences des agro-ressources, institut national polytechnique de Toulouse, France.
- **Jeantet. R ; Croguennec. T ; Schuck. P ; et brulé. G, 2007** : science des aliments, volume 2, technologie des produits alimentaires ; Lavoisier ; pp7-11.
- **Joffin .C. et Joffin J.N., 1999** : Microbiologie alimentaire ; 5<sup>ème</sup> édition, centre régionale de documentation ; paris : 212, 215 p.
- **Joffin C. et Joffin J.N., 2003** : Microbiologie alimentaire ; 5<sup>ème</sup> édition, Bordeaux, C.R.D.P d'Aquitaine.
- **Joffin J.N et Leyral G., 2001** : Microbiologie technique : Dictionnaire des techniques, édition C.R.D.P d'Aquitaine, 3<sup>ème</sup> édition.
- **JORA, 1998** : Journal Officiel de la République Algérienne. N° 35 de 27/05/1998.
- **Jorge M., Joong S. C., Kima D. S., 2006** : Production rate of propionic acid in fermentation of cheese whey with enzyme inhibitors. Environmental Progress, 25, 3:228-234.
- **Kiziloz M.B., Cumhur O., Kilic M., 2009** : Development of the structure of an imitation cheese with low protein content. Food Hydrocolloids, vol. 23, p. 1596–1601.
- **Lebres, Azizi D. et Hamza A., 2002** : Manuel des travaux pratiques : Microbiologie des laits et produits fermentés ; Institut pasteur d'Alger.
- **Leveau J.Y., Larpent J.P., et Bouix M., 2001** : Sécurité microbiologique des procédés alimentaires; Technique de l'ingénieur traité agroalimentaire F 1140; Paris : p155.
- **Leveau J.Y. et Bouix M., 1993** : Microbiologie industrielle : Les microorganismes d'intérêt industriel. Ed : Tec & Doc, Lavoisier, Paris.



- **Leyral Guy et Vierling Elisabeth, 2007** : Microbiologie et toxicologie des aliments: Hygiène et sécurité alimentaire, 4<sup>ème</sup> édition, Edition DOIN, Paris, p99.
- **Linden G., Lorient D., 1994** : Biochimie agro-industrielle : Valorisation alimentaire de la production agricole. Masson, Paris, 367p.
- **Luquet F.M., 1984** : Lait et produits Laitiers : Vaches, Brebis, Chèvre ; Tome 2 : les produits laitiers, Transformation et Technologie. Technique et Documentation Lavoisier, paris.
- **Luquet F.M., 1985** : Lait et produits Laitiers : Vaches, Brebis, Chèvre ; Volume 2 : les produits laitiers, Transformation et Technologie. p2, 254, 259.
- **Luquet F.M. et Boudier J., 1981** : Dictionnaire laitier. Edition : Tec & Doc, Lavoisier, 2<sup>ème</sup> édition. Paris, 219.
- **Luquet F.M., 1990** : lait et produits Laitiers ; Vaches. Brebis. Chèvre, les produits laitiers, Transformation et Technologie. Vol 2. Ed. Technique et Documentation Lavoisier, paris.
- **Mahaut M., Jeantet R. et Brulé G., (2000)** : Initiation à la technologie fromagère. Ed. Technique et Documentation, Lavoisier, paris
- **Marchall N., Bourdon J.I. et Col R., 1987** :Les milieux de cultures pour isolement et identification biochimique des bactéries ; 3<sup>ème</sup> édition Doin, p405.
- **Maurer-Rothmann A. et Scheurer G., 2005** : Stabilisation des systèmes protéiques laitiers. BK Giulini, Allemagne. P50.
- **Mereo, 1980** : Les utilisations industrielles de sérum de fromagerie, revue laitière française n°365.
- **Michel J.C., Poliot M., Richard J., 2002** : Lait de consommation.in « science et technologie du lait ». édition Vignola. Edition : Presse internationale polytechnique de Montréal.
- **Mietton B., 1994** : transformation du lait en fromage. In bactéries lactiques (de Roissart et Luquet). édition Lorica. Tome 1 : p55.
- **Moletta R., 2002** : Gestion des problèmes environnementaux dans les IAA. Paris : Tech et Doc, p600.
- **Morel F. et Girard P., 1984** : Le lactosérum aliment des bovins. Ed. L'institut Technique de l'Elevage Bovin pour le réseau National d'expérimentation et de Démonstration et Elevage Bovin.

- **Muller A., Bernard Chaufer, Uzi erin, Georges Daufin, 2003:** Prepurification of alpha actalbumine with UF ceraic membranes from acid casein whey : study of operating conditions. Lait 83, 111-129.
- **Multon J.L., 1994 :** La qualité des produits alimentaires politique, incitation, gestion et contrôle. Collection science et techniques Agro-alimentaires, 2<sup>ème</sup> édition refondue. P 6-7, 704.
- **Multon J.L., 1980 :** Technique d'analyses et de contrôle dans les industries agroalimentaires ; tome1 ; contrôle de qualité, principes généraux et aspects législatifs 'Technique et documentation, Lavoisier 'Paris : 243p.
- **Oteng-Cyang K., 1984 :** introduction a la biochimie alimentaire dans les pays chaude ; édition Lavoisier, paris : 206p.
- **Poirier M., 1996:** industrie de transformation du lait et environnement. Guide technique sectoriel. Gouvernement de Québec.
- **Romain Jeantet, 2008 :** Les produits laitiers, 2<sup>ème</sup> édition Tec et Doc, Lavoisier-Paris. P 39, 40, 50.
- **Roux J.L., 1994 :** Conserver les aliments, comparaison des méthodes et des technologies. Edition Tec et Doc. Lavoisier, Paris, P122, 123.
- **Sabaoui K., 2007 :** IANOR. Norme générale pour le fromage. Alger, Algérie. p9.
- **Saulnier F., Calco M., Humbert G., Linden G., 1996 :** Composition minérale et organique de différents lactosérums industriels, analysée par électrophorèse capillaire, Lait 76, p423-432.
- **Sienkiewicz T., Riedel C. L., Verlag T., Mann G. B., 1992.** Whey and whey utilization. International Dairy Journal, 2, 6: 373 - 375.
- **Singleton, Paul Dusart, 1999 :** Bactériologie, jean. 4<sup>ème</sup> Edition. Paris. Dunod, 415p.
- **Schuck P., Bouhallab S., Durupt D., Vareille P., Humbert J-P. et Marrin M., 2004 :** Séchage des lactosérums et dérivés : rôle du lactose et dynamique de l'eau ; édition Technique et Documentation ; paris : 268p
- **Scriban, 1993 :** Biotechnologie 4<sup>ème</sup> Edition, Tec et Doc, Lavoisier-Paris. p551.
- **Sottiez P., 1990 :** Produits dérivés des fabrications fromagères in: lait et produits laitiers; vache, brebis, chèvre, Ed Lavoisier, Paris, 633p

- **Spinner H.E., 1998** : Technologie de transformation des produits agroalimentaires ; technique d'ingénieur F 1170 'Paris : 714p.
- **St-Gelais D. et Tirard-Collet P., (2002)** : Le fromage ; in « sciences et technologie du lait : transformation du lait » ed. Carole L ; Vignola, presses internationales polytechnique, Montréal. 349-412.
- **Taggart P., Mitchell J.R., 2009** : Starch. In: Phillips G.O., Williams P.A. Handbook of Hydrocolloids. Second edition, Woodhead Publishing Limited, p. 108-141.
- **Tanaka N., Goepfert J.M., Traisman E., Hoffbeck W.M., 1979** : A challenge of pasteurized process cheese spread with Clostridium botulinum spores. Journal of Food Protein, vol. 42, p. 787–789.
- **Thomet A., Renberger B., Liebefeld A., Wysses B. et Bising W., 2005** : Obtention du sérum ; revue suisse ; édition la maison rustique ; paris : 714p.
- **Uhlmann D., 1990** : Les fromages fondus ; in : « Lait et Produits Laitiers Vache, Brebis, Chèvre : transformation et technologie » ed. Luquet F.M. Tome 2, Technique et Documentation, 2<sup>ème</sup> éd. Lavoisier, Paris.253-260.
- **Vasey C., et Graham J.E., 1998** : The whey prescription-The Healing Miracle in : Milk Edition Jouvence ; English translation 2006 Inner Traditions International ; p88.
- **Veisseyre, 1975** : Le lait réfrigéré : Matière première de fromagerie moderne. Revue laitière Française n°14, p322-453.
- **Veisseyre, 1979** : Technologie du lait (Constitution, récolte, traitement et transformation du lait). 3<sup>ème</sup> Edition, édition de la maison rustique. Paris. p559.
- **Vierling E., 2008** : Aliments et boissons : filières et produits; 3<sup>ème</sup> édition.
- **Vierling E., 2004** : Aliments et boissons : filière et produits. Sciences des aliments 1<sup>ère</sup> édition. Doin
- **Vignola C.L, Verge J. et Boutonnier J-L., 2002** : Science et technologie du lait, Transformation du lait. ; Ecole polytechnique de Montréal, Canada. ....
- **Vrignaud Y., 1979** : Le lactosérum : matière noble pour les industries alimentaires humaines et animales. Revue laitière française.
- **Ward Loren, 2008** : Whey Protein. p72.
- **Yang S. Y., Jones J. H., Olsen F. J., Peterson J., 1980**. Soil as a medium for dairy liquid waste disposal. Journal of Environmental Quality, 9: 370 - 372.

# ***Annexes***

**L**e monde a connu un développement très important dans le secteur industriel tandis qu'il y a toujours des risques et des conséquences néfastes sur l'environnement et la santé publique. Pour cela, les écologistes et les biologistes se sont intéressés depuis longtemps aux procédés et techniques qui servent à limiter la pollution engendrée par les industries.

**D**epuis plusieurs années, l'industrie agro-alimentaire a montré un grand intérêt pour la valorisation des sous produits dont ceux provenant de l'industrie laitière notamment le lactosérum.

**L**es volumes de lactosérum sont de plus en plus importants. A savoir que la matière sèche du lactosérum est constituée de substances vraiment nobles et ayant un apport nutritif très suffisant, ce qui implique la valorisation du lactosérum s'avère intéressante sur le plan nutritionnel.

**L**e lactosérum représente 90 % de volume original de lait utilisé en fromagerie et en est le principale sous produit (**Moletta, 2002**), il est riche en protéines et en lactose ce qui le rend dommageable pour les écosystèmes aquatiques (DBO5 de 40 à 50gr d'O<sub>2</sub>/l de lactosérum) (**Ghaly et al., 1989**). Alors que la norme de rejet pour une entreprise est de 30 mg d'O<sub>2</sub>/ litre (**Poirier, 1996**).

**I**l faut bien dire aussi que le rejet de cette substance dans la nature est à l'origine d'une sévère pollution de l'environnement d'où l'apparence de certains déséquilibre écologiques.

**C**ela voudra dire qu'une valorisation de lactosérum à un double intérêt :

- La récupération d'un sous produit, ayant une bonne valeur nutritive d'une part
- Et d'autre part cela va permettre à une protection de l'environnement.

**P**our cela nous sommes intéressés à l'incorporation du lactosérum doux et acide issu de la production du camembert et de la pâte fraîche au niveau de la laiterie Béni Tamou au fromage fondu qui est devenu en peu de temps un fromage très apprécié et sollicité dans le monde.

**N**otre travail sera présenté comme suit :

- En premier lieu nous allons commencer par généralité sur les fromages en particulier le fromage fondu et présenter le lactosérum en plusieurs aspects (type de lactosérum, composition chimique, intérêt de valorisation, domaine d'utilisation)
- Ensuite nous allons parler des différentes analyses que nous avons effectuées.

- Dans le chapitre suivant seront données et discutés les résultats obtenus.
- Bien à la fin, nous donnerons une conclusion générale pour la mise en valeur des résultats obtenus.

Alors, quelles sont les quantités des deux types du lactosérum qu'on doit incorporer en vue d'obtenir un fromage de haute qualité nutritionnelle et être accepté par le consommateur au point de vu organoleptique ?

#### **IV.1 : Lieu de stage :**

Notre travail a été effectué dans l'entreprise Goumidi durant une période allant de 15 avril jusqu'au 15 juin, Afin d'effectuer un contrôle microbiologique et physico chimique du fromage fondu fabriqué à partir des deux types de lactosérum et des matières premières utilisés.

Cette étude consiste en une comparaison entre deux fromages fondus fabriqués à partir de deux types de lactosérum, et le suivi de la stabilité de ces produits sur une période de 21 jours de stockage à +4 °C.

#### **IV.2 Objectifs du travail :**

Les objectifs de notre étude se résument à :

- La comparaison entre la valeur nutritionnelle d'un lactosérum doux et un lactosérum acide.
- Des essais de fabrication de fromage fondu enrichi en deux types de lactosérum.
- Détermination de l'effet du traitement technologique sur la valeur nutritionnelle du lactosérum.
- Le suivi des paramètres microbiologiques, physico-chimiques et organoleptiques de ces fromages et leurs stabilité, afin de bénéficier d'une part de la richesse nutritionnelle du lactosérum, d'autre part, permettre la valorisation des deux type de sous-produit et la protection de l'environnement des effets polluants du rejet des lactosérums.
- Une étude comparative entre la valeur nutritionnelle des différents fromages fondus fabriqués.

Au cours de notre stage, notre étude pratique a été devisée en quatre étapes :

1. Essai de fabrication de fromage fondu incorporé de lactosérum a différents pourcentages.
2. Caractérisation microbiologique et physico chimique des matières premières utilisées pour la fabrication d'un fromage fondu, ainsi que le produit fini.
3. Réalisation de l'analyse sensorielle des deux types de fromage fabriqués.
4. Et un suivi de stabilité des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des fromages fabriqués au cours de stockage à +4 °C.

#### **IV.3 Présentation de l'unité :**

Le groupe **Goumidi** (GIG spa) est une entreprise des produits laitiers et dérivés créée en 1998 dont l'objet est la commercialisation des produits conditionnés (Gouda,

Edam et Emmental) ainsi que des produits destinées a l'industrie du fromage fondu. Elle est située dans la zone industrielle d'Ouled-Yaich à Blida.

En 2000, l'entreprise à été orientée vers la production et la commercialisation du fromage fondu (portion, barre) et la poudre de lait instantanée **OKID'S**.

La technologie adoptée pour la fabrication de fromage correspond à la technologie internationale, avec les équipements modernes et performants d'origine Allemande. La société fabrique la variété de fromage classée sous l'appellation fromage fondu à tartiner.

Les machines utilisées dans la fabrication du fromage fondu en portion au niveau de l'industrie « Goumidi » fonctionne en procédé continu, le contact est réalisé par des conduites en métal ce qui limite les sources de contamination durant la chaine de fabrication.

Dans le but de garantir la salubrité et la qualité de ses produits, l'entreprise (GIG spa) à développé, avec l'assistance de l'Organisation des Nations Unies pour le Développement industriel (ONUDI) un programme HACCP qui respect les exigences du Codex Alimentarius.

#### **IV.4 Matériel d'étude:**

##### **IV.4.1 Matériel biologique :**

Le matériel biologique comporte les différentes matières premières utilisées :

- 1. poudre de lait :** Il s'agit d'une poudre de lait entier à 26 % de MG, obtenue à partir d'un lait ayant subi une déshydratation par la chaleur permettant ainsi une longue conservation. Elle est livrée à l'unité Goumidi dans des sacs de poids net en polyéthylène de 25 Kg doublé de sacs en papiers, elle est caractérisée par un taux d'humidité maximale de 4 %.
- 2. Beurre :** Ce produit à humidité faible (15%) et à teneur en lipides élevée (80%) est microbiologiquement stable. L'eau est présente sous forme de fines gouttelettes en émulsion dans la phase lipidique.
- 3. Cheddar :** Le cheddar est un fromage à pâte dure dont la couleur oscille du blanc au jaune, fabriqué à partir de lait doux entier, cru ou pasteurisé. Sa date de conservation varie de 60 jours et jusqu'à 6 mois, quelque fois 1an, il se présente généralement sous forme de bloc de 36 cm de diamètres pour 30 cm d'épaisseur et pesant 27 et 35 kg.
- 4. Sels de fonte :** Ce sont des additifs utilisés lors des préparations des fromages fondus, il s'agit des sels de JOHA C. spécial et TOHA S.9.



**5. L'eau de procèss** : L'eau utilisée dans nos essais de formulation du fromage subit au niveau de l'unité de Goumidi plusieurs traitements à savoir, chloration, la filtration (filtre à sable et filtre à charbon actif), l'adoucisement, et en fin la déchloration.

Ces traitements ont pour but essentiel d'avoir un titre hydrométrique inférieur à 15 et détruire les micro-organismes contaminants et pathogènes.

**6. Lactosérum doux** : Est un produit agroindustriel, caractérisé par un taux d'humidité de 91,63%, Il provient de l'unité LBT de fabrication des produits laitiers, il à été issu de la production quasi hebdomadaire du fromage à pâte molle type : « camembert », une des spécialités de l'unité.

**7. lactosérum acide** : Le lactosérum est récupéré au sein de LBT plus précisément par l'atelier de pâte fraîche au cours de fabrication du camembert et du fromage frais ainsi du petit suisse, Il est caractérisé par un taux d'humidité de 93,26%.

**8. Acide citrique** : Est un additif utilisé en tant que : régulateur de l'acidité, antioxydant, séquestrant.

**9. Sel de table** : Le sel de table est un sel raffiné contenant à 95 % ou plus du chlorure de sodium presque pur, souvent iodé et fluoré, permet de modifier la perception du goût de notre fromage.

**10. Préfonte** : Il s'agit de fromage déjà fondu, elle doit être de bonne qualité texturale, c'est à dire « crémeuse », son rôle est d'accélérer le crémage et stabiliser l'émulsion, c'est un catalyseur.

#### **IV.4.2 Matériel non biologique :**

L'ensemble de matériel et les appareils de mesure, ainsi que les milieux de culture et les réactifs utilisés lors des analyses microbiologiques et physico-chimiques sont représentés dans l'annexe 1.

### **IV-5 Méthodes d'analyses:**

#### **IV.5.1 Prélèvement et échantillonnage :**

Durant notre partie expérimentale, on à effectué le prélèvement de l'ensemble des matières premières pour leurs analyses microbiologiques et physico-chimiques à partir du même lot, afin de garder les mêmes paramètres pour la réalisation de nos essais, ainsi que sur le produit fini.

Pour le bon déroulement de cette opération:

- ❖ Il convient l'utilisation d'un matériel stérile particulièrement pour les analyses microbiologiques, propre et sec pour les analyses physico- chimiques et sensorielles.
- ❖ Pour les analyses microbiologiques, effectuer le prélèvement dans des conditions de travail aseptiques rigoureuses à proximité d'une flamme à fin d'écartier tout risque de contamination pouvant fausser la composition microbiologique initiale de l'échantillon à analyser.
- ❖ Il faut éviter les courants d'air, les déplacements et discussions inutiles.

#### IV.5.1.1. Prélèvement de la matière première :

**1. la poudre de lait :** La poudre de lait est conditionnée dans des sacs en polyéthylène de 25kg, qui sont dans un magasin à température ambiante, sur des palettes en bois pour éviter le contact direct avec le sol, et fermés hermétiquement. On choisi des sacs au hasard et on réalise le prélèvement.

Le prélèvement s'effectue à l'aide d'une sonde de prélèvement stérile, On prélève la poudre de lait à partir de trois niveaux (la surface, le milieu et le fond de sac).

**2. le cheddar :** Le prélèvement s'effectue dans la même condition que celle réalise lors du prélèvement de la poudre de lait et à l'aide d'une sonde de fromage à partir de la surface, milieu et fond.

**3. le beurre :** On a prélevé à partir de blocs de beurres de 25kg. Ces blocs de beurre on été choisi aléatoirement de la palette de stockage, l'ouverture de l'emballage est réalisé par un couteau stérilisé ainsi que le découpage des morceaux du beurre qui sont introduit aseptiquement dans un bécher et bien fermé .

**4. l'eau de procèss :** Le prélèvement de l'eau s'effectue après avoir laissé couler l'eau quelques instants, on flambe le robinet de laboratoire et à coté de la flamme, on remplie l'eau à analyser dans un flacon de 225ml déjà stérilisé et bien fermé.

**5. lactosérum doux:** Le prélèvement à été effectué à partir du bassin d'égouttage du camembert dans une atmosphère stérile.

**6. le lactosérum acide :** Il est prélevé à partir du bassin d'égouttage de la pate fraiche dans une atmosphère stérile.

Ces deux lactosérums récupérés dans des bouteilles propres et stériles, sont par la suite transportées au laboratoire dans une glacière portative afin de maintenir la température aux alentours de 4°C.

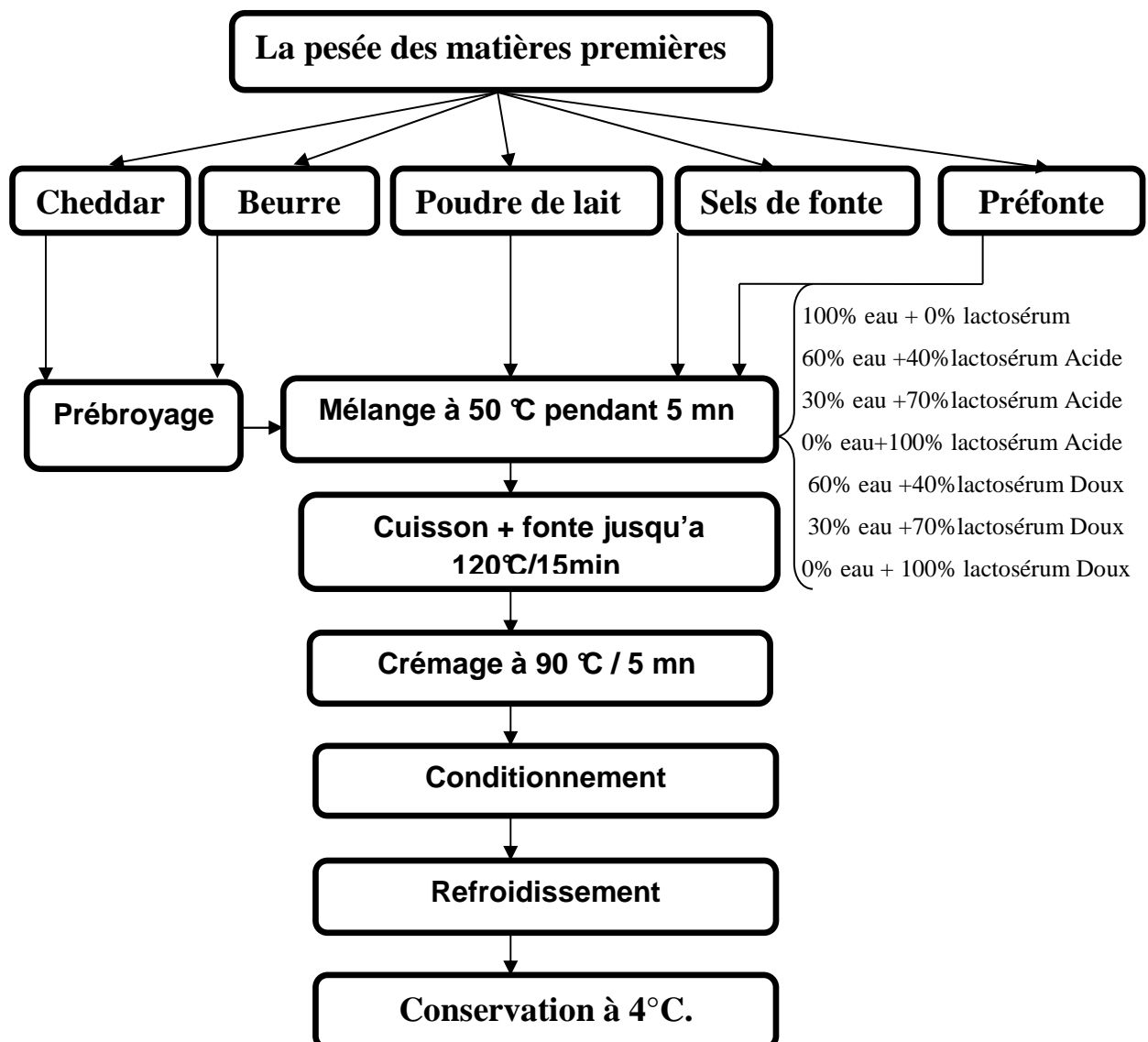
#### IV.5.1.2 Prélèvement de produit fini:

Le prélèvement du produit fini, a été effectué au laboratoire après l'ouverture du l'emballage des moules à l'aide d'une spatule stériles.

#### IV.5.2 les différents essais de fabrication des fromages fondus enrichi en lactosérum.

En s'inspirant du diagramme de fabrication et des équipements, existants au niveau de l'unité de Goumidi; nous proposons donc un procédé de valorisation qui nécessite un minimum d'équipement.

Les essais ont été fabriqués selon Le diagramme suivant :



**Figure 5:** diagramme de fabrication du fromage fondu enrichi en lactosérum acide et doux, (40%, 70%, 100%) et du fromage témoin.

En variant les quantités des lactosérums, la fabrication est effectuée comme suit :

- Dans un premier temps; réalisation de la pesée des matières premières
- On verse le cheddar et le beurre dans le thermomix, ce mélange est pré-broyé, on ajoute les autres ingrédients, et on procède à une agitation à 50°C pendant 5 minutes.
- Ensuite on ajoute de l'eau additionnée de lactosérum à différents pourcentages en deux ajouts.
- On augmente graduellement la température de cuisson en essayant de reproduire le mouvement d'agitation du thermomix et en respectant un gradient de vitesse constant pour permettre une bonne interaction entre les matières premières et les sels de fonte.

Lorsque la température atteint 120 °C après environ 15 min, il y a arrêt de la cuisson; abaissement de la température, puis un crémage à 90 °C pendant 5 minutes. On verse la préparation fromagère dans des moules de 300g dotés d'un emballage primaire, puis on procède à la fermeture de ce dernier et on le laisse refroidir sur la paille, puis on le réfrigère à 4°C.

Les formules des fromages fabriqués sont résumées dans le tableau 10.

**Tableau 10:** différentes formules donnant 300 g des fromages incorporés du lactosérum et du fromage témoin (0 %). (Le tableau de conversion est représenté en annexe 2).

Matière première	Taux d'incorporation en lactosérum						
	Témoin	Lactosérum acide			Lactosérum doux		
		0 %	40 %	70%	100%	40%	70%
Cheddar (g)	36	36	36	36	36	36	36
Poudre de lait (26 %) (g)	48	48	48	48	48	48	48
Beurre (g)	30	30	30	30	30	30	30
Sels de fonte (g)	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
Eau (ml)	150	90	45	0	90	45	0
Lactosérum (ml)	0	60	105	150	60	105	150
Préfonte (g)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Sel de table (g)	0,9	0,82	0,76	0,70	0,77	0,67	0,56
Acide citrique (g)	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Protéines de lait (g)	9	9	9	9	9	9	9

Afin d'atteindre notre but, nous avons effectuée des contrôles physico-chimiques et microbiologiques: des matières premières et de produit fini selon les modes opératoire adaptés par l'entreprise.

### IV.5.3 Analyses microbiologiques :

#### IV.5.3.1 Définition :

C'est un moyen qui permet de rechercher et de dénombrer l'absence ou la présence des micro-organismes existant dans l'aliment (**Guiraud, 1998**). Il nous permet de sauvegarder la sécurité physique et économique du consommateur, son rôle principal est d'écartier du marché tout produit nuisible ou de mauvaise qualité microbiologique et prévenir ainsi tout danger probable (**Guiraud, 1998**).

#### IV.5.3.2 Analyses microbiologiques effectuées :

Les analyses microbiologiques effectuées sur les matières premières et produit fini selon **JORA** (annexe 3) sont indiquées dans le tableau 11.

**Tableau 11:** les Analyses microbiologiques effectuées sur les différents prélèvements.

Niveaux d'analyses Germes recherchés	Poudre de lait	Cheddar	beurre	Eau de processus	Lactosérum		Produit fini
					Doux	Acide	
FMAT à 30°C	+	-	+	+	+	+	+
CT	+	-	+	+	+	+	+
CF	+	-	+	+	+	+	+
Streptocoques fécaux	-	-	-	+	-	-	-
CSR	+	+	+	+	+	+	+
<i>S. aureus</i>	+	+	+	-	+	+	+
Levures et moisissures	+	-	+	-	-	-	+

(+) : analyse effectuée

(-) : analyse non effectuée

#### IV.5.3.3 Méthodes d'analyses microbiologiques :

##### IV.5.3.3.1 Mode prélèvement:

Les échantillons destinés aux analyses microbiologiques doivent être prélevés dans des conditions d'asepsie satisfaisante, avec des matériels et des réceptions propres et stériles, ils sont préparés à partir de la quantité du produit à analyser, on les pèse dans un récipient stérile pour la préparation de la solution mère.

#### IV.5.3.3.2 Préparation des solutions mères et des dilutions décimales :

- **Mode opératoire : Norme : NF V 08-010 :** règles générales pour la préparation des dilutions en vue de l'examen microbiologique.

La consistance et la texture des produits font la différence entre produits liquides et produits solides.

##### IV.5.3.3.2.1. Cas des produits liquides : (Lactosérum et eau de process).

La solution mère « SM » égale a 1.

- **Dilution  $10^{-1}$**  : Introduire aseptiquement à l'aide d'une pipette stérile, 1 ml de SM, dans un tube a vis stérile contenant au préalable 9 ml de TSE, mélanger soigneusement et doucement.
- **Dilution  $10^{-2}$**  : Changer la pipette et prendre toujours aseptiquement, 1 ml de la dilution  $10^{-1}$ , dans un tube à vis stérile contenant au préalable 9ml de TSE, mélangé soigneusement et doucement.
- **Dilution  $10^{-3}$**  : Changer la pipette et prendre toujours aseptiquement, 1 ml de la dilution  $10^{-2}$ , dans un tube à vis stérile contenant au préalable 9ml de TSE, mélanger soigneusement et doucement.

Dans ce cas, nous disposons d'une solution mère et de trois dilutions décimales, comme le montre l'annexe 4.

##### IV.5.3.3.2.2 Cas de produits solides : (poudre de lait, cheddar, produit fini...).

- La dilution mère « DM » égale à  $10^1$  dont on introduit aseptiquement 25g de produit à analyser dans un flacon stérile contenant au préalable 250 ml de TSE. Homogénéiser pendant 6 à 8 minutes selon la texture de produit.
- **Dilution  $10^{-2}$**  : Introduire aseptiquement à l'aide d'une pipette stérile, 1 ml de DM, dans un tube a vis stérile contenant au préalable 9 ml de TSE, mélanger soigneusement et doucement.
- **Dilution  $10^{-3}$** : Changer la pipette et prendre toujours aseptiquement, 1 ml de la dilution  $10^{-2}$ , dans un tube à vis stérile contenant au préalable 9ml de TSE, mélanger soigneusement et doucement

Dans ce cas, nous disposons d'une solution mère et de deux dilutions décimales, comme le montre l'annexe 4.

### VI.5.3.3.3 Techniques d'analyses :

#### IV.5.3.3.3.1 Recherches et dénombrement dans la matière première et produit fini:

Les matières ciblées sont : le cheddar, le beurre, la poudre de lait, le lactosérum et produits fini.

##### IV.5.3.3.3.1.1 *Recherche et dénombrement des germes mésophiles à 30C(FMAT) :*

Selon la norme **NF V 08-051** (février 1999) relative au dénombrement des micro-organismes à 30°C par méthode de comptage des colonies.

➤ **But :**

Déterminer la flore mésophile totale afin d'apprécier la qualité microbienne du produit ainsi que l'évaluation de la salubrité (**Guiraud et Rosec, 2004**).

➤ **Principe :**

Il s'agit d'une culture par un ensemencement en profondeur sur gélose PCA et comptage les colonies Lenticulaires obtenues (**Joffin et Joffin, 1999**).

➤ **Technique :**

- On porte aseptiquement 1ml des dilutions décimales allant de  $10^{-1}$  et  $10^{-3}$  dans des boites de pétri vide stérile préparées à cet usage et numérotée.
- on complète ensuite avec environ 20 ml de la gélose PCA fondue en surface, puis on refroidi à  $45 \pm 1$  °C. On mélange l'inoculum par des mouvements circulaires et en forme de « 8 » pour le permettre de se mélanger à la gélose, sur une surface fraîche et horizontale.
- On laisse solidifier sur paillasse.

➤ **Incubation :**

On incube les boites couvercles en bas à 30°C pendant 72 heures avec :

- Première lecture après 24 heures.
- Deuxième lecture après 48 heures.
- Troisième lecture après 72 heures.

➤ **Lecture :**

- On compte le nombre de colonies se présentant en masse sous forme lenticulaire et normale compris entre 30 et 300.
- On multiplie le nombre trouvé par l'inverse de dilution.
- Le résultat final est exprimé en général, en UFC /g ou UFC/ ml ou germe / ml du produit à analyser.

Le nombre  $N$  de micro-organismes est obtenu par l'application de la formule suivante :

$$N = \frac{\Sigma C}{1.1 \times d}$$

**Avec :**

**$\Sigma C$**  : somme des colonies dans les boites de dilutions successives.

**$d$**  : le taux de dilution correspondant a la première dilution. Ou (Valeur de la 1<sup>ère</sup> dilution).

**Annexe 5**, montre la recherche et dénombrement des germes aérobies totaux mésophiles.

**IV.5.3.3.3.1.2 Recherche et dénombrement des coliformes totaux et coliformes thermo tolérants (fécaux):** Selon la **Norme : NF V 08-051** : dénombrement des coliformes par contage des colonies, méthode de routine.

➤ **Définition :**

Les coliformes sont des bactéries bacilles, gram négatif, oxydase négatif, aérobies ou aéro-anaérobies facultatifs, non sporulés, capables de fermenter le lactose dans 48h avec fermentation de gaz à 37 °C (**Singleton, 1999**).

➤ **But :**

Ce dénombrement a pour but la recherche des coliformes d'une manière générale, et des coliformes fécaux ou de *E.coli* en particulier afin d'estimer l'ampleur de la contamination fécale de notre produit (**Joffin et Joffin, 1999**).

➤ **Principe:**

La recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux sont réalisés sur un milieu solide: gélose VRBL qui renferme une faible teneur en sels biliaires et en citrate suffisante pour inhiber la majeure partie de la flore Gram positif tout en préservant le développement des coliformes (**Joffin et Leyral , 2001**).

➤ **Technique :**

- On prépare deux séries de boites de pétri.
- A partir des dilutions décimales allant de  $10^{-1}$  a  $10^{-3}$ , on porte aseptiquement 1ml de la suspension dans une boite de pétri vide préparée à cet usage et numérotée.
- On coule ensuite avec environ 15 ml de la gélose VRBL en surfusion (ensemencement en masse) et homogénéiser le mélange par des mouvements circulaires en formes de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger avec le milieu.



- On laisse solidifier les boites sur paille.

➤ **Incubation :**

On incube les boites couvercles en bas :

- **La série 1:** à 37°C pendant 24 à 48 h servira a la recherche de s CT.
- **La série 2:** à 44°C pendant 24 à 48 h servira a la recherche de s CF.

➤ **Expression des résultats :**

- Les coliformes fécaux et totaux apparaissent en masses sous forme de petites colonies fluorescentes sous l'UV, de couleur violacée et parfois entourées d'une zone rougeâtre due à la précipitation de la bile, d'un diamètre de 0.5 mm pour les coliformes et 1mm pour *E. colis*.
- Pour les deux séries, retenir pour dénombrement que les boites contenant entre 15 et 300 colonies.
- On multiplie le nombre trouvé par l'inverse de dilution.
- Le résultat final est exprimé en général, en UFC /g ou UFC/ ml ou germe / ml du produit à analyser.

Le nombre de micro-organismes est obtenu par l'application de la formule précédente.

**Annexe 6**, montre la recherche et dénombrement des coliformes totaux et coliformes thermo tolérants (fécaux).

**IV.5.3.3.1.3 Recherche et dénombrement des levures et moisissures :**

Selon la **Norme : AFNOR NF V 08-059**: dénombrement des levures et moisissures par comptage des colonies.

➤ **Définition :**

Les levures et moisissures sont des champignons filamenteux uni ou multicellulaires, sont des eucaryotes non photosynthétique, elles se développent qu'au dépend de substrat mort; ce sont donc des saprophytes (**Cahagnier et al., 1998**).

➤ **But :**

La recherche et le dénombrement des levures et moisissures sont réalisés pour :

- Leur aptitude à provoquer des altérations d'ordre organoleptiques importantes au niveau de l'aliment.
- La propriété qu'ont certaines moisissures à produire des mycotoxines, notamment les aflatoxines pouvant nuire à la santé du consommateur (**Guiraud, 2003**).

➤ **Principe :**

Le dénombrement est effectué en milieu sélectif : gélose sabouraud (**Guiraud, 1998**).

➤ **Technique :**

- A partir de chaque dilution allant de  $10^{-1}$  à  $10^{-3}$ , on porte 15ml dans une boîte de pétri déjà préparée contenant au préalable du milieu Sabouraud déjà solidifié.
- On étale les gouttes à l'aide d'un râteau stérile.

➤ **Incubation :** les boîtes sont incubées à 22 °C pendant 5 jours.

➤ **Lecture :**

- Dans le souci de ne pas se trouver en face de boîtes envahies soit par les levures soit par les moisissures, on doit effectuer des lectures et des dénombrements tous les jours, les levures à part et les moisissures à part.
- Lors de la lecture, il faut tenir compte du facteur de dilution, en multipliant le nombre trouvé par l'inverse de la dilution correspondante.
- Le dénombrement se fait par distinction entre les levures et les moisissures d'après leur aspect macroscopique :

❖ **Les moisissures :** pigmentées sous forme filamenteuses plus ou moins grande à aspect velouté.

❖ **Les levures :** arrondie, brillantes, plates ou convexes à contours réguliers, elles sont pigmentées en jaune, en orange ou ne blanc.

➤ **Interprétation des résultats :**

- On peut également compter toutes les colonies des deux dilutions successives présentant entre 15 et 150 colonies par boîte et appliquer la formule précédente:

**Annexe 7**, montre la recherche et dénombrement des levures et moisissures.

#### **IV.5.3.3.1.4 Recherche et dénombrement des spores d'anaérobies sulfite-réducteurs :**

Selon la norme : **NF VT 90-415**

➤ **Définition :**

Les spores d'anaérobies sulfite-réducteurs sont des germes anaérobies, ils ont le pouvoir de réduire les sulfites en sulfures. Ce sont des germes qui sporulent et résistent aux conditions hostiles (chaleur) (**Guiraud, 1998**).

➤ **But :**

La recherche et le dénombrement des spores anaérobies sulfito-réducteurs ont pour but de déterminer l'existence ou non d'une contamination fécale ancienne (car leurs spores très résistantes), et de savoir si l'aliment présente un risque sur la santé du consommateur (**Joffin et Joffin, 1999**).

➤ **Principe :**

Le dénombrement des anaérobies sulfito-réducteurs a lieu en milieu gélose viande foie additionné d'alun de fer et de sulfite de sodium.

➤ **Technique :**

La recherche des *Clostridium* sulfito-réducteurs se fait selon la méthode suivante :

• **Préparation du milieu :**

- Au moment de l'emploi faire fondre un flacon de gélose Viande Foie, le refroidir dans un bain d'eau à 45 °C puis ajouter une ampoule d'alun de fer et une ampoule de sulfite de sodium.
- Mélanger soigneusement et aseptiquement.
- Le milieu est ainsi prêt à l'emploi, mais il faut le maintenir dans une étuve à 45 °C jusqu'au moment de l'utilisation.

• **Ensemencement :**

- On prévoit une série de tubes à vis stériles à raison de deux tubes par dilution, on répartit aseptiquement 1 ml de chaque dilution en doubles.
- Les tubes contenant les dilutions  $10^{-1}$  et  $10^{-3}$  seront soumis d'abord à un chauffage à 80 °C pendant 8 à 10 minutes, puis à un refroidissement immédiat sous l'eau de robinet (choc thermique), dans le but d'éliminer les formes végétatives et de garder uniquement les formes sporulées.
- on ajoute environ 15 ml de gélose VF prête à l'emploi, dans chaque tube.
- On laisse solidifier les tubes sur paillasse.

➤ **Incubation :**

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

➤ **Lecture :**

Les colonies noires de spores qui se développent en anaérobiose sont des colonies des bactéries de *Clostridium* Sulfito-réducteurs produisant à partir des sulfites, des sulfures qui ont précipité avec les ions de fer (**Joffin et Joffin, 1999**).

La première lecture doit se faire immédiatement à 16 heures, car :

- ❖ D'une part les colonies de CSR sont envahissantes auquel cas on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant alors l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse à refaire.
- ❖ D'autre part, il faut absolument repérer toute colonie noire ayant poussé en masse et d'un diamètre supérieur à 0.5 mm.

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

Il faut qu'un tube renferme au moins 15 colonies caractéristiques.

➤ **Expression des résultats :**

Les résultats sont exprimés en nombre de spores par ml ou g de produit à analyser.

**Annexe 8**, montre la recherche et dénombrement des spores CSR.

#### **IV.5.3.3.3.1.5 Recherche et dénombrement des *staphylococcus aureus* :** méthode officiel.

➤ **Définition :**

Les *staphylococcus aureus* sont des cocci Gram négatives, aéro-anaérobies facultatifs, appartenant à la famille des *Micrococcaceae*, au microscope ils apparaissent sous forme de grappe de raisin, oxydase négative, catalase positive leur capacité à sécréter des entérotoxines relativement sensibles est liée à la présence de la coagulase (**Oteng-Cyang, 1984**).

➤ **But :**

Ce type de recherche permet de savoir si le produit ne présente pas un risque pouvant être nuisible pour la santé du consommateur (**Guiraud, 1998**), et permet de nous renseigner sur l'hygiène du personnel.

➤ **Principe :**

La recherche des staphylocoques nécessite deux étapes consécutives :

- ❖ La première consiste en **l'enrichissement** sur milieu Giolitti Cantonii qui permet une meilleure revivification des souches
- ❖ La deuxième dans **l'isolement** sur milieu Chapman qui a un pouvoir inhibiteur qui sélectionne les micro-organismes halophiles, parmi lesquels figurent les staphylocoques entourés d'un halo jaune

➤ **Technique :**

• **Préparation du milieu d'enrichissement :**

- On ouvre aseptiquement le flacon contenant le milieu GC pour y ajouter 15 ml de la solution de téllurite de potassium.
- On mélange soigneusement le milieu avec l'aditif.

• **Ensemencement :**

- On prélève aseptiquement 1 ml des dilutions décimales dans des tubes à essais stériles.
- Puis on ajoute dans chaque tube 15 ml du milieu d'enrichissement.

➤ **Incubation :** se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

Les tubes considérés comme positifs sont les tubes noirs.

➤ **Lecture :**

Les tubes ayant viré au noir suite à la réduction du téllurite de potassium sont considérés comme positifs.

• **Isolement :**

- Pour S'assurer qu'il s'agit bien d'un développement des *staphylococcus aureus*, les tubes positifs feront l'objet d'un isolement sur milieu Chapman, préalablement fondu, coulé en boîtes de pétri et bien séché.
- A l'aide d'une pipette pasteur, on prélève deux gouttes et on fait un étalement sur la surface du milieu.

➤ **Incubation :** se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

➤ **Lecture :**

Après incubation il y'a apparition des colonies lisses légèrement bombées jaunâtres du a la fermentation mannitol et la confirmation se fait par un test de catalase et coagulase.

➤ **Expression des résultats :**

Les résultats sont représentés par l'inverse de la dilution, ils sont exprimés en UFC / ml ou UFC / g de produit à analyser.

**Annexe 9**, montre la recherche et dénombrement des *staphylococcus aureus*.

#### **IV.5.3.3.3.2 Recherches et dénombrement dans l'eau de process :**

Le produit ciblé ici est l'eau utilisée dans la fabrication du fromage fondu.

**IV.5.3.3.2.1 Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux à 30 °C dans l'eau :** Selon la norme **NF V 08-051** : relative au dénombrement des micro-organismes à 30°C par méthode de comptage des colonies à 30 °C.

➤ **Principe :**

La technique de la recherche et le dénombrement des FAMT dans l'eau se réalise à deux températures différentes afin de cibler à la fois les micro-organismes à tendance psychrophiles soit à 20 °C et ceux franchement mésophiles soit à 37 °C (**Joffin et Joffin, 1999**).

➤ **Technique :**

- A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement 2 fois 1 ml dans deux boîtes de pétri vides préparées à cet usage et numérotées comme l'indique l'annexe.
- Compléter ensuite chacune des boîtes avec environ 20 ml de gélose PCA fondu puis refroidi à  $45 \pm 1$  °C.
- Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose.
- Laisser solidifier sur paillasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml. Cette double couche a un rôle protecteur contre les contaminants diverses.

➤ **Incubation :**

- **La première boîte** : sera incubé, couvercle en bas à 22°C pendant 72 heures.
- **La seconde**: sera incubé, couvercle en bas à 37°C pendant 72 heures, avec :
  - première lecture a 24 Heures.
  - deuxième lecture a 48 heures.
  - troisième lecture a 72 heures.

➤ **Lecture :**

Les germes totaux se présentent dans les deux cas sous forme de colonies lenticulaire en poussant en masse.

➤ **Expression des résultats :**

Il s'agit de dénombrer toutes les colonies, en tenant compte de deux remarques suivantes :

- Ne dénombrer que les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies.
- Le résultat sera exprimé par millimètres d'eau à analyser à 22 °C et à 37 °C.

**Annexe 10**, montre la recherche et dénombrement des aérobies mésophiles totaux à 30 °C dans l'eau.

#### IV.5.3.3.3.2 Recherche et dénombrement des coliformes totaux et coliformes thermo tolérants (fécaux) : méthode officiel

##### ➤ Principe :

Le dénombrement se fait sur milieu liquide BCPL, en faisant appel à deux tests consécutifs :

- ❖ test de présomption.
- ❖ test de confirmation.

##### ➤ Technique : ces méthodes sont décrites par (Lebres et al., 2002).

- **Test de présomption** : A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :
  - 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
  - 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
  - 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.

- Chasser le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

##### ➤ Incubation : se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

##### ➤ Lecture :

Sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien accompagné d'un virage de la couleur du milieu de violet au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites).
- Un dégagement gazeux (volume au moins égale au 1/ 10<sup>ème</sup> du volume de la cloche)

Ce qui indique la présence de coliformes totaux.

##### ➤ Expression des résultats :

Sont exprimés en nombre de coliformes /100 ml selon la méthode NPP, par référence de la table la table de Mac Grady.

- **Test de confirmation ou test de Mac Kensie :**

- Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du démembrement des coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage de 2 à 3 gouttes dans un tube contenant le milieu Indole mannitol (milieu de Schubert) muni d'une cloche de Durham.
- Chasser le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

➤ **Incubation :** se fait à 44 °C pendant 24 heures.

➤ **Lecture :**

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien.
- Et un dégagement de gaz dans les cloches (volume au moins égale au 1/10<sup>ème</sup> du volume de la cloche), avec apparition d'un anneau rouge après addition de 3 à 4 gouttes de réactif de Kovacs (témoin de la production de l'indole par *E. coli*).

➤ **Expression des résultats :**

Se fait le nombre de germes / 100 ml d'eau à analyser selon la méthode statistique de NPP, par référence de la table de Mac Grady. (Annexe 12)

**Anexe11**, montre la recherche et dénombrement des coliformes totaux et les coliformes thermo tolérants dans l'eau.

**IV.5.3.3.3 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux :** Méthode officiel.

➤ **But :**

La recherche et le dénombrement des *streptocoques* fécaux dans l'eau à pour but de destiner une contamination fécale de l'eau.

➤ **Principe :**

La recherche et le démembrement sont réalisés en deux tests :

- ❖ **Teste de présomption.**

- ❖ **Test de confirmation.**

➤ **Technique :**

- **Test de présomption :**

On ensemence :

- 1 flacon contenant 50 ml de bouillon de ROTHE (D/C) avec 50 ml d'eau.
- 5 tubes de 10 ml de bouillon de ROTHE (D/C) avec 10 ml d'eau.
- 5 tubes de 10 ml de bouillon de ROTHE (S/C) avec 1 ml d'eau.



➤ **Incubation** : se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

➤ **Lecture** :

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant un trouble microbien.

• **Test de confirmation** :

- Chaque tube ROTHE positif fera l'objet d'un repiquage à l'aide d'une pipette stérile (2 à 3 gouttes) sur le milieu Eva Litsky.

- On homogénéise.

➤ **Incubation** : Se fait à 37 °C Pendant 48 heures.

➤ **Lecture** :

Sont considérés comme positifs, les tubes d'Eva Litsky présentant à la fois :

- Un trouble microbien.

- Une pastille blanchâtre ou violette au fond du tube.

➤ **Expression des résultats** :

Le nombre de streptocoques fécaux est exprimés en nombre de germes /100 ml d'eau analyser selon la méthode NPP, par référence de la table la table de Mac Grady.

**Annexe13**, montre la recherche et dénombrement des *streptocoques* fécaux dans l'eau.

#### **IV.5.3.3.3.4 Recherche et dénombrement des spores de *Clostridium sulfito-réducteurs* :** Selon la norme : **NF VT 90-415**

➤ **Technique** :

- Un échantillon de 25 ml d'eau de process à analyser est placé dans un flacon stérile, et porté au bain marie à 80 °C pendant 10 minutes.

- L'eau est ensuite refroidie brutalement à l'eau de robinet (choc thermique).

- Porter cinq fois aseptiquement 5 ml de l'eau traitée dans cinq tubes stériles

- Ajouter 15 ml de gélose Viande-foie en surfusion à 45 °C, additionné d'une ampoule **d'alun de fer** et une ampoule **sulfite de sodium**.

- Laisser se solidifier sur la paillasse.

➤ **Incubation** : se fait à 46 °C pendant 72 h, en effectuant la lecture chaque jour.

➤ **Lecture** : Les colonies noires de spores qui se développent en anaérobiose sont des colonies des bactéries de *Clostridium Sulfito-réducteurs* produisant à partir des sulfites, des sulfures qui ont précipité avec les ions de fer (**Joffin et Joffin, 1999**).

➤ **Expression des résultats :**

Les résultats sont exprimés en nombre de spores par 100 ml d'eau de procès à analyser.

**Annexe 14**, montre la recherche et dénombrement des spores de *Clostridium* Sulfito-réducteurs dans l'eau de procès.

#### IV.5.4 Analyses physico-chimiques:

##### IV.5.4.1 Contrôle physico-chimique :

Le contrôle de la qualité physico-chimique à pour but d'analyser les matières premières, produits intermédiaires au cours du processus de fabrication et le produit fini.

Les critères de control se limitent généralement à un petit nombre de mesures comme : le pH, l'extrait sec total, la matière grasse ou la teneur en sel qui ont pour objectif d'évaluer la consistance et la stabilité du produit.

##### IV.5.4.2. Analyses physico-chimiques effectuées :

Les analyses physico-chimiques effectuées sur les matières premières et le produit fini sont illustrées dans les tableaux suivants :

**Tableau 12:** les analyses physico-chimiques effectuées sur les différentes matières premières et le produit fini.

Echantillons Paramètres	Poudre de lait	Cheddar	Beurre	Lactosérum		Produit fini
				Doux	acide	
Acidité titrable	-	-	-	+	+	-
Ph	-	-	-	+	+	+
EST (%)	+	+	+	+	+	+
MG (%)	+	+	+	+	+	+
G/S en (%)	-	-	-	-	-	+
Protéines	-	-	-	+	+	+
Densité	-	-	-	+	+	-
NaCl	-	-	-	+	+	-
lactose	-	-	-	+	+	-

**Tableau 13** : les Analyses physico-chimiques effectuées sur l'eau de procèss.

Paramètres Physico-chimiques	TA (°F)	TAC (°F)	TH (°F)	chlorures en mg/l	CL <sup>-</sup>	pH
Eau de procèss	+	+	+	+	+	+

(+) : analyse effectuée

(-) : analyse non effectuée

**IV.5.4.3 Méthodes d'analyses Physico-chimiques :****IV.5.4.3.1 Mode de prélèvement :**

Dans le cas de l'échantillonnage physico chimique il n'existe pas des conditions d'asepsie particulières.

**IV.5.4.3.2 Techniques d'analyses :****IV.5.4.3.2.1 Analyses physico-chimiques de la matière première et produit fini :**

Les matières ciblées sont : le cheddar, le beurre, la poudre de lait, le lactosérum doux, le lactosérum acide, le produit fini.

**IV.5.4.3.2.1.1 Détermination de l'extrait sec total « EST » :** par méthode de référence.

L'extrait sec c'est la proportion de matière sèche entrant dans la composition des aliments et qui subsistent après totale dessiccation à l'étuve (103 °C ±1 pendant plusieurs heures) (**Luquet, 1981**).

**➤ Principe :**

- C'est une dessiccation jusqu'au poids constant de l'échantillon.
- Evaluation de l'extrait sec se fait par pesée du résidu après sa dessiccation.

**➤ Mode opératoire :****❖ Pour la poudre de lait : selon la Norme NF V04-384.**

Dans la coupelle d'aluminium stérile sèche et tarée 2 g de poudre de lait, ou de lactosérum puis l'introduire dans l'étuve à 103 °C pendant 3 heures.

**❖ Pour le fromage : selon ISO 5534 (1985).**

Dans la coupelle d'aluminium stérile sèche et tarée, on pèse 3 g et étuvé à 103 °C pendant 5 heures.

**❖ Pour le beurre :**

Dans la coupelle d'aluminium stérile sèche et taré on pèse 3 g et étuvé à 103 °C pendant 5 heures.

On met ensuite la coupelle dans le dessiccateur en verre pendant 45 minutes afin qu'il se refroidisse et pour l'absorption des traces d'eau par le gel de silice.

➤ **Calcul et expression des résultats :**

L'extrait sec est exprimé en % massique, est égale à :

Où :

$$EST = \frac{M1 - M0}{M2} \times 100$$

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

**M<sub>1</sub>** : masse en gramme de la coupelle et du résidu après dessiccation.

**M<sub>2</sub>** : masse en gramme de la prise d'essai.

**IV.5.4.3.2.1.2 Détermination de l'humidité :**

La teneur en eau appelée aussi le **taux d'humidité** s'exprime en pourcentage de masse de produit, elle est déterminée selon la réaction :

$$H\% = 100 - EST$$

**IV.5.4.3.2.1.3 Détermination de la matière grasse :** par méthode acido-butyromètre dite de « Gerber »

➤ **définition :**

La matière grasse proprement dite, ou lipides neutres, elle est solide à température ambiante (c'est une grasse) ; elle est presque entièrement libre et se trouve en fine dispersion dans les globules gras (**Charles Alais et Gyllinden, 2003**).

➤ **Principe :**

La méthode acido-butyrométrique est basée sur le principe de l'attaque par l'acide sulfurique des matières non grasses qui sont dissoutes.

La matière grasse est ensuite séparée par centrifugation à chaud en présence de l'alcool iso amylique.

➤ **Mode opératoire :**

- ❖ **Pour la poudre de lait :** selon la **Norme : AFNOR V04-210** (décembre, 1997).
- Dans un butyromètre de « GERBER » on introduit à l'aide d'une dispensette 10 ml d'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) de densité d= 1,825 g/ml.
- Ajouter 10 ml d'eau distillée, 2,5g de poudre de lait et 1 ml d'alcool iso-amylique.
- Fermer le butyromètre avec un bouchon sec et propre.

- Agiter soigneusement jusqu'à la dissolution de la poudre et les protéines par action d'acide sulfurique, puis tourner le butyromètre du haut en bas cinq à six fois, afin d'obtenir une bonne homogénéisation.
- Mettre le butyromètre verticalement, bouchon en bas dans un bain marie à 65 °C pendant 5 minutes.
- Centrifuger a une vitesse 1110 tours / min pendant 10 minutes.
- Après la centrifugation, on mélange le butyromètre verticalement, bouchon en bas dans le bain marie à 65 °C pendant 5 minutes.
- Lire le taux de lipides absolu à l'extrémité inférieure du ménisque.
  - ❖ **Pour le fromage** : selon la Norme **AFNOR 27-06** 1992 pour fromage.
- Peser dans le godet du butyromètre, préalablement taré, 3g de l'échantillon et l'introduire dans le butyromètre.
- Fermer le col au moyen d'un bouchon.
- Ajouter dans le butyromètre 10 ml d'acide sulfurique de densité 1.522 jusqu'à ce que le niveau d'acide atteigne les 2/3 de la chambre du butyromètre et s'assurer que le godet est complètement entouré d'acide sulfurique.
- Retirer et agiter énergiquement pendant 10 secondes.
- Mettre le butyromètre dans un bain marie à 65 °C et agiter énergiquement pendant 10 secondes a plusieurs reprises jusqu'à la dissolution complète du fromage.
- Par la suite, ajouter 1 ml d'alcool iso amylique, agiter immédiatement au moins 3 secondes, puis de l'acide sulfurique jusqu'à ce que le niveau atteigne le trait repère (35%) de l'échelle du butyromètre.
- Fermer, mélanger et placer le butyromètre, à 65 °C pendant 5 minutes dans le bain d'eau.
- Centrifuger le butyromètre pendant 10 minutes a une vitesse de 1030 tours/ sec.
- Replacer au bain marie à 65 °C pendant 5 minutes.
- Régler la colonne des lipides a zéro.
- Lire le taux de lipides absolu a l'extrémité inférieure du ménisque.
  - ❖ **Pour le beurre** : selon la Norme : **AFNOR : VO4-206** (janvier 1999).
- Peser dans un godet du butyromètre préalablement taré, 5 g de beurre.
- Introduire le godet contenant la prise d'essai dans le butyromètre et fixe le bouchon.

- Ajouter délicatement et dans l'ordre (pour éviter l'attaque rapide) 10 ml d'acide sulfurique de densité de 1.820 jusqu'au-dessus du bord du récipient en verre, 1 ml d'alcool iso-amylique.
- Ajuster le niveau par l'eau distillée jusqu'à la graduation 85 (cette opération dépend du modèle de butyromètre).
- Boucher le butyromètre et opérer des retournements successifs (toujours délicatement) jusqu'à dissolution complète de beurre.
- placer au bain marie pendant 5 minutes à 65 °C
- Centrifuger le butyromètre pendant 10 min dans centrifugeuses Gerber.
- Tempérer au bain, marie à 65 °C pendant 5 minutes .
- Après 5 minutes on précède à la lecture (le plus rapidement que possible, 10 secondes). Si non plonger le butyromètre dans le bain marie et attendre de nouveau 5 min.

➤ **La lecture:**

La lecture de la valeur de MG est effectuée directement sur le butyromètre.

➤ **expression des résultats :**

La teneur en matière grasse est donnée par la formule suivante :

$$\text{MG \%} = N_1 - N_2$$

Ou :

**N<sub>1</sub>** : la valeur atteinte par le niveau supérieur de la colonne du butyromètre (%).

**N<sub>2</sub>** : la valeur atteinte par le niveau inférieur de la colonne du butyromètre (%).

**MG** : la teneur en matière grasse est exprimée en pourcentage ou en g/l.

**IV.2.4.3.2.1.4 Calcul du rapport G/S :**

La teneur en matière grasse dans la matière sèche exprimée en gramme pour 100 g de matière sèche est donnée par la formule suivante :

$$R = \frac{G}{S} \times 100$$

**IV.2.4.3.2.1.5 Détermination du pH :** méthode de référence

➤ **définition :**

C'est le potentiel des ions dans une solution, il est mesuré à l'aide d'un pH mètre, il est équipé par une sonde de température et une sonde de pH.

➤ **principe :**

Le pH est déterminé à l'aide d'un pH mètre, appareil qui mesure la différence de potentiel chimique entre deux électrodes :

- le potentiel de l'une restant indépendant du pH (c'est l'électrode de référence, généralement une électrode au calomel saturée).
- Le potentiel de l'autre étant fonction du pH (c'est l'électrode de mesure, généralement une électrode de verre).

➤ **mode opératoire :**

- étalonner le pH mètre, en plongeant l'électrode de verre dans une solution tampon de pH=7.
- On plonge les deux sondes de température et du pH à la fois dans le bécher contenant l'échantillon à analyser, on attend jusqu'à la stabilité du pH.

➤ **lecture :** lire directement les résultats sur le cadran du pH mètre.

➤ **expression des résultats :**

Les mesures sont exprimées en unités de pH, à la température de 20 °C.

**IV.2.4.3.2.1.6 Détermination de l'acidité titrable dans le lactosérum définition : AOAC, (1990)**

L'acidité titrable mesure la quantité d'acide présente dans un échantillon. Elle est titrée par l'hydroxyde de sodium en présence de phénolphaléine comme indicateur de couleur (**Vignola, 2002**).

Cette acidité est la quantité d'acide lactique libérée par la fermentation du lactose en présence des bactéries lactiques.

➤ **principe :**

L'acidité est déterminée par titrage à l'hydroxyde de sodium NaOH (N/9), en présence d'indicateur coloré (phénolphaléine) à 1 %, indiquant la limite de neutralisation par changement de couleur.

Elle est exprimée en degré Dornic, qui correspond à 0,1 g d'acide lactique par litre d'échantillon.

➤ **mode opératoire :**

- verser dans un Erlenmeyer de 200 ml, 10 ml de solution à analyser.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de phénolphaléines servant comme indicateur coloré.
- Titrer le mélange par la solution NaOH (N/9) jusqu'à l'apparition de la couleur rose pâle.

➤ **Lecture :**

La lecture se fait directement sur la colonne graduée du nombre de millimètre utilisé, ceci donne l'acidité qui est exprimée en degrés Dornic.

➤ **expression des résultats :**

On détermine la quantité de soude à utiliser et en multipliant cette valeur par 10 pour trouver le degré Dornic correspondant.

L'acidité est exprimée en gramme d'acide lactique par litre ou en (°D)

- Sachant que 0,1 ml de NaOH correspond à 1°D.
- Avec 1 °D correspond à 0,1 g/l d'acide lactique.

$$A = V \times 10$$

Ou :

**A** : acidité titrable, en °D.

**V** : Volume de NaOH utilisé pour le titrage, en ml à 10 °C.

**IV.2.4.3.2.1.7 Détermination de la densité :**

La masse volumique à 20 °C ou la densité d'un corps solide, ou liquide par rapport à l'eau, est égale au rapport de la masse d'un certain volume de ce corps sur la masse d'un même volume d'eau, la densité dépend de la teneur en matière sèche.

➤ **principe :**

La mesure de la densité se fait à l'aide d'un lactodensimètre ou densimètre plongé directement dans le liquide à analyser.

➤ **mode opératoire :**

- on procède à la vérification de la température du produit qui doit être égale à 20 °C.
- on remplit l'éprouvette de 250 ml de façon inclinée pour éviter la formation de la mousse qui peut fausser la lecture.
- On plonge le lactodensimètre soigneusement dans le lactosérum et on attend jusqu'à la stabilité du dispositif.

➤ **Lecture :**

Est effectué directement, elle correspond la valeur de l'intersection du lactodensimètre avec le lactosérum.

➤ **Expression es résultats :**

Elle est exprimée en g/cm<sup>3</sup> (kg/ m<sup>3</sup>).

- si la lecture a été a une température égale a 20 °C, la valeur de la densité est la même que celle était lue.



#### **IV.2.4.3.2.1.8 Détermination de l'extrait sec, de la matière grasse, de la teneur en protéines et le lactose du lactosérum par les méthodes rapides (Milko-scan FT 120) dans le lactosérum:**

##### ➤ **Définition :**

Le Milko scan <sup>MT</sup> FT 120 est un appareil de mesure rapide conçu pour les contrôles rapides de la qualité des produits liquides : matière première, des produits au cours de la fabrication et des produits finis.

##### ➤ **Principe :**

Ce dispositif est étalonné sur le lait qui détermine le taux des protéines, la teneur en matière grasse, le taux de lactose, la densité, l'extrait sec total en utilisant deux solutions, la première est une solution nettoyante et la deuxième est une solution zéro pour l'étalonnage de l'appareil, Les résultats d'analyses sont indiqués sur l'écran du FT 120.

Cet appareil se compose de deux parties vitales :

- L'unité de mesure.
- L'ordinateur qui contrôle le fonctionnement de l'ensemble.

##### ➤ **Mode opératoire :**

Se fait par les étapes suivantes :

- allumer l'appareil.
- nettoyer automatiquement avec une solution de trempage.
- Etalonner avec le lait.
- Introduire l'échantillon à analyser.

##### ➤ **Expression des résultats :**

Les résultats de la détermination du dosage de protéines, matière grasse et matière sèche s'affichent sur l'ordinateur et ils sont exprimés en (%).

#### **IV.2.4.3.2.1.9 Dosage du Chlorure de Sodium par utilisation du Chloridomètre S 100 dans le lactosérum:**

##### ➤ **Principe :**

Le Chloridomètre titre les ions chlore par le moyen d'un courant établi entre 2 électrodes d'argent qui libèrent un taux constant d'ion d'argent. Ces ions peuvent se combiner aux ions chlore de la suspension aqueuse à doser et sont alors précipités sous forme de chlorure d'argent.

Lorsque tous les ions chlore sont précipités. Les ions argent libres commencent à apparaître et provoquent un changement de conductibilité de la solution.

Ce changement est détecté par les électrodes et entraînent l'arrêt du dosage.

➤ **Mode opératoire :**

❖ **Préparation de l'échantillon :**

- Pipeter 10 ml de l'échantillon dans une fiole jaugée.
- Ajouter 80 ml d'eau tiède et mélanger soigneusement.

❖ **Préparation de l'appareil-mesure :**

- Allumer l'appareil 15 min avant utilisation.
- Nettoyer les électrodes pour les rendre brillantes.
- Mètre 15 ml de tampon acide combiné Ciba-Corning dans le bécher.
- Mètre en place le bécher et appuyer sur le bouton « C » (conditionnement) pour éliminer les ions chlore qui se trouve dans la solution.
- L'appareil est prêt pour les mesures.

❖ **Etalonnage :**

- Ajouter dans le bécher 1 ml de la solution de NaCl et appuyer sur le Bouton « T » (titration).

❖ **Dosage de l'échantillon :**

- Ajouter dans le bécher 1 ml de la dilution de l'échantillon et appuyer sur le Bouton « T »
- Relever la valeur affichée
- Renouveler la mesure

➤ **Résultats :**

Le résultat est exprimé en g NaCl/ 100g de produit :

$$\text{NaCl} = \frac{\text{Valeur affichée} \times V}{1000 \times PE}$$

Ou :

**V** : volume de la dilution

**PE** : prise d'essai de la dilution.

**IV.2.4.3.2.1.10 Détermination du taux de protéines : Selon la Norme AFNOR : V 03-050 (1970) :** Dosage de l'azote avec minéralisation selon la méthode de Kjeldahl.

➤ **But :**

La méthode permet de déterminer le taux de protéines brutes d'une matière première par l'intermédiaire du taux d'azote contenu dans l'échantillon selon la méthode de KJELDHAL.

➤ **Principe :**

Selon la méthode de KJELDHAL, l'échantillon est minéralisé par voie humide en milieu sulfurique concentré en présence d'un catalyseur, l'azote organique est transformé en quantitativement en sulfate d'ammonium, les glucides et les lipides sont éliminées sous forme de vapeur d'eau et de gaz carbonique. Le sulfate d'ammonium de l'azote protéique, peut à son tour être décomposé sous l'action de solution fortement alcaline en ammoniac, qui, sous l'action de vapeur, peut être entraîné (par distillation), en suite tiré.

➤ **Mode opératoire :**

❖ **minéralisation:**

-peser 5 g d'échantillon et introduire la prise d'essai dans le matras en verre de l'appareil à minéraliser.

-ajouter 5 à 6 g de catalyseur (100g de sulfate, 10 g de sulfate cuivrique) et 25 ml de l'acide sulfurique concentré.

-Appliquer un chauffage progressif : d'abord une attaque à froid pendant 15 min jusqu'à l'apparition de vapeur blanche d'anhydride sulfurique, puis le chauffage est rendu plus énergique, attaque à chaud pendant 4 à 5 heures.

-Quand la solution devient limpide, elle est refroidie et complétée à 100 ml avec de l'eau distillée.

❖ **distillation :**

-La distillation se fait dans un distillateur automatique où l'ajout de 20 ml de NaOH à 35% dans le matras et 25ml d'acide borique dans une fiole de 250 ml est réalisé

-Le dégagement d'ammoniac est récupéré dans une solution d'acide borique contenant l'indicateur coloré (mélange de bleu de méthylène et rouge de méthyl).

-l'azote sera recueilli par évaporation dans l'acide borique qui changera de couleur grâce a l'indicateur coloré (vert).

-Le débit de distillation doit permettre de recueillir environ 150 ml de distillat.

❖ **titration :**

-titrer avec de l'acide sulfurique 0,1 N, jusqu'au virage de la coloration initiale (violet).

➤ **Expression des résultats :**

La teneur en azote total est déterminée par la formule suivante:

$$AT = \frac{V \times 0,0014 \times 100}{m}$$

Ou :

**0,0014** : masse molaire de l'azote

**V** : volume en ml de solution d'acide sulfurique utilisée pour la titration.

**m** : la masse en gramme de la prise d'essai.

**6,38** : facteur de conversion du lait.

la teneur en protéines est calculée de la manière suivante :

$$\text{Teneur en protéines} = AT \times 6,38$$

#### IV.2.4.3.2.2 Analyses physico-chimiques de l'eau de process :

##### IV.2.4.3.2.2.1 Détermination de l'alcalinité de l'eau (TA, TAC) : selon la Norme : AFNOR T 90-501 et T 90-506.

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) et d'hydroxyde ( $\text{OH}^-$ )

##### ➤ principe :

L'évaluation de l'alcalinité d'une eau est basée sur la neutralisation d'un volume d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré. Le virage a lieu quand un excès d'acide agit sur les bicarbonates pour donner l'acide carbonique.

##### IV.2.4.3.2.2.1.1 détermination de la valeur du titre alcalimétrique simple (TA) :

Le titre alcalimétrique ou TA permet de connaître la teneur de l'eau à analyser en hydroxyde et en carbonates.

##### ➤ principe :

La méthode est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré.

##### ➤ Mode opératoire :

- On prélève 100 ml d'eau à analyser dans un bécher.
- On ajoute 2 gouttes de phénolphtaléine qui est un indicateur coloré (de couleur transparente).
  - Si, il n'y a pas un changement de couleur donc il y a absence de carbonate dans l'eau dans ce cas :  $TA = 0$  °F, ce qui se produit en général pour les eaux naturelles dont le pH est inférieur à 8,3.

- Si la couleur vire vers un rose violet, la réaction est positive. Donc on fait une titration par le  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (0,02 N) en agitant constamment, et ce ci jusqu'à la décoloration complète de la solution.

➤ **Lecture :**

On lit le volume du  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a partir de la burette qui correspond a la valeur TA.

➤ **Expression des résultats :**

$$\text{TA} = \text{V} \times 5 \text{ (}^\circ\text{F)}$$

Ou :

**TA** : titre alcalimétrique en degré français (°F).

**V** : volume en acide sulfurique à 0,02 N en ml pour obtenir la décoloration de la solution.

Avec : 1 °F correspond a 10 mg de carbonate de calcium.

**IV.2.4.3.2.2.1.2 Détermination de la valeur du titre alcalimétrique complet (TAC) :**

La mesure du titre alcalimétrique complet ou TAC, permet de connaitre la teneur total d'hydroxyde, en carbonates et en hydrogénocarbonates.

➤ **principe :**

La méthode est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré.

➤ **mode opératoire :**

- on utilise l'échantillon traité précédemment ou le prélèvement primitif s'il n y'a pas eu de coloration (TA=0) ou on attend la disparition du cloueur.
- On ajoute 2 gouttes de méthyle orange.
- On titre à nouveau avec la même solution acide  $\text{H}_2\text{SO}_4$  jusqu'au virage du jaune au jaune orange.

S'assurer qu'une goutte d'acide provoque le passage du jaune orange au rouge orange.

➤ **Lecture :**

On lit le volume du  $\text{H}_2\text{SO}_4$  à partir de la burette qui correspond à la valeur TAC.

➤ **expression des résultats :**

$$\text{TAC} = \text{V} \times 5 \text{ (}^\circ\text{F)}$$

Ou :

**TAC** : titre alcalimétrique complet en degré français (°F) .

**V** : volume en acide sulfurique à 0,02 N en ml pour obtenir la décoloration de la solution.

**IV.2.4.3.2.2 Détermination de la valeur du titre hydrométrique simple (TH) :**  
selon la Norme : AFNOR T 90-501 et T 90-506.

➤ **but :**

le titre hydrométrique ou TH, permet de connaître la teneur total en ions calcium et magnésium, cette teneur porte le nom de dureté totale qui correspond a la somme de concentrations de ces deux ions.

➤ **principe :**

Consiste à doser un volume d'eau avec le sel disodique d'acide éthylène-diamine tétra acétique (EDTA), en présence de Noir Eriochrome T (NET) comme indicateur coloré avec une solution tampon ammoniacal a pH =10.

Lors du titrage, l'EDTA réagit d'abord avec les ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  libres en solution, puis au point d'équivalence avec les ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  combinés.

EDTA est libéré, et provoque un changement de couleur du violet au bleu.

➤ **mode opératoire :**

- dans un bécher de 250 ml, introduire 50 ml de l'eau à analyser
- puis ajouter 5 ml de solution tampon pH=10, et deux gouttes de l'indicateur coloré NET.

La solution doit se coloré en violet.

- Titrer ensuite avec l'EDTA tout en agitant constamment jusqu'au virage du violet au bleu.

Le point final du virage est atteint lorsque la dernière nuance violette a disparu.

➤ **Lecture :**

On lit le volume de l'EDTA nécessaire à la titration qui correspond à la valeur TH.

➤ **expression des résultats :**

$$\text{TH} = \text{V} \times 5$$

Ou :

**TH** : la dureté totale en degré français (°F).

**V** : volume de l'EDTA nécessaire à la titration.

**IV.2.4.3.2.2.3 Détermination de la valeur du chlorure (Cl) dans l'eau selon la Norme : AFNOR T 90-501 et T 90-506**

➤ **définition:**

On entend par chlorure l'ensemble de chlore sous la forme  $\text{Cl}^-$  ou  $\text{NaCl}$  en solution.

➤ **principe :**

Les chlorures sont dosés en milieu neutre, par solution nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ).

Ce titrage est fait en présence de bichromate de potassium ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_4$ ) comme indicateur coloré.

La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique de chromate d'argent.

➤ **mode opératoire :**

- dans un bécher de 250 ml on introduit 100 ml d'eau à analyser.
- Puis on ajoute 10 gouttes de bichromates de potassium à 10 %.
- On titre avec la solution de nitrate d'argent a 0,1 N jusqu'au virage du jaune au rouge brique.

➤ **expression des résultats :**

Pour une prise d'essai de 100 ml.

$$\text{Cl}^- = V \times 10 \times 35,5$$

Ou :

**V** : volume nécessaire pour titrage.

Les chlorures sont exprimés en mg  $\text{Cl}^-$ / l d'eau (mg/l).

#### **IV.2.4.3.2.4 Détermination du taux du chlore libre (l'eau de javel) :**

➤ **définition:**

Chlore libre ( $\text{Cl}_2$ ) est l'association de deux molécules de chlore  $\text{Cl}$  pour donner une substance active de chlore.

➤ **principe :**

La détermination de la concentration du Chlore libre ( $\text{Cl}_2$ ) par comparateur de chlore à lecture directe.

➤ **mode opératoire :**

- on remplit le tube avec l'échantillon jusqu'à la marche adéquate (10 ml).
- on ajoute la pastille de DPD.
  - ❖ Si la couleur reste transparente donc absence de  $\text{Cl}_2$  dans l'eau.
  - ❖ Si la couleur devienne rose donc l'eau contient de l'eau de javel.

Et pour savoir sa concentration :

On place le tube dans un comparateur qui contient des degrés de couleurs

➤ **expression des résultats :**

Les résultats apparaissent directement dans le trou sur le devant de la boîte en mg/l.

E- **Détermination de la valeur du pH :** méthode de référence.

La détermination du pH se fait à l'aide d'un pH mètre électronique.

## **IV.2.5 Analyses sensorielles :**

### **IV.2.5.1 Principe du test :**

Le test sensoriel est réalisé pour évaluer les propriétés organoleptiques des fromages fondus fabriqués; avec une évaluation basée sur quatre critères à savoir la texture, la couleur, la saveur et l'odeur notés sur fiche de dégustation proposée au jury (annexe 16) afin de leur permettre d'évaluer les sept essais de formulations. Il a été donc nécessaire de prévoir une quantité d'échantillon globale suffisante qui leur permettra de déguster autant de fois qu'ils le désirent, et une température identiques pour tous les échantillons.

Pour cela nous avons présenté au jury de dégustation les six échantillons en anonyme plus le témoin avec 0% lactosérum.

Pour neutraliser les impressions gustatives, il est nécessaire de se rincer la bouche avec de l'eau à chaque dégustation. La salle où effectuée la dégustation doit être éclairée et bien aérée. Les membres de jury ne doivent pas fumer avant et pendant la dégustation, ils ne doivent surtout pas avoir faim, ni soif, ni être malade, ni consommer des aliments à parfum fort (café). A la fin du test, les résultats sont rassemblés, comparés et discutés.

### **IV.2.6 Etude statistique :**

Pour déterminer la présence de l'effet significatif ou pas dans notre sujet intitulé «étude comparative entre les fromages fondus enrichi en deux type du lactosérum doux et acide », les données ont fait l'objet d'analyses statistiques à savoir : Une analyse de variance ANOVA avec le logiciel STAT-ITCF Version 4 pour déterminer l'effet du facteur étudié.

La signification des résultats est exprimée en fonction de la probabilité :

- $P = 0,0000$  la différence entre les traitements est très hautement significative.
- $P < 0,00X$  la différence entre les traitements est hautement significative.
- $P < 0,05$  la différence entre les traitements est significative.
- $P > 0,05$  la différence entre les traitements est non significative





### **III.1 Critères de qualité :**

#### **III.1.1 Salubrité alimentaire:**

La sécurité alimentaire, dont la qualité microbiologique des aliments est une composante essentielle, représente un enjeu considérable. Elle a un rôle évident à jouer dans la prévention des maladies d'origine alimentaire et par voie de conséquence, elle participe à la maîtrise des dépenses de santé (**Leveau et al., 2001**).

#### **III.1.2 Valeur nutritionnelle :**

La concentration relative et la teneur des différents nutriments ne doivent si possible pas être trop éloignées des recommandations des nutriments (**Jeantet et al., 2007**).

#### **III.1.3 Stabilité :**

C'est-à-dire l'aptitude du produit à ne pas s'altérer trop rapidement (les conditions d'entreposage) (**Multon, 1994**).

#### **III.1.4 Propriétés organoleptiques :**

L'analyse sensorielle demeure aujourd'hui une approche indispensable à l'évaluation de la qualité d'un produit alimentaire. Etroitement associée à la caractérisation des propriétés physico-chimiques, elle peut être un outil d'aide à la maîtrise de la qualité et la formulation des produits transformés (**Spinnler, 1998**).

#### **III.1.5 Cout :**

Caractère important, qui s'oppose souvent à tout les autres paramètres, généralement relative à la qualité, plus le prix est élevé plus le produit est de bonne qualité (**Multon, 1994**).

### **III.2 Contrôle de la qualité :**

D'une façon générale, contrôler c'est d'abord comparer ce qui est avec ce qui devrait être : tirer les bons des mauvais.

A tous les stades de la fabrication et du conditionnement, les laboratoires des usines assurant des contrôles permanents tant sur les matières premières que sur les produits fini, Ces contrôles portent notamment sur :

- La qualité bactériologique des produits et la parfaite stérilité des matériels en contact avec la pâte (tuyauterie de transport, cuves, ...).
- Le respect des normes de matières sèche, de matières grasses et de poids.
- La qualité de l'emballage et du conditionnement réalisée.

- La qualité organoleptique du produit fini, grâce à des analyses sensorielles (**Amariglio, 1986**).

### **III.2.1 Objectifs du contrôle de qualité :**

Les contrôles qualités sont effectués sur les matières premières et les produits finis, mais aussi pendant la fabrication et sur les équipements (maintenance préventive). Ils visent à assurer la mise sur le marché de produits sains (exempts des risques microbiologiques, chimiques ou physique) et conformes à la réglementation en vigueur. Ils permettent également de s'assurer que les aliments présentent les qualités organoleptiques requises et attendues par le consommateur et qu'ils seront stables pendant toute la durée de commercialisation, en vérifiant la non-contamination par des micro-organismes d'altération (**Béal et Sodini, 2003**).

### **III.3 Méthodes d'évaluation de la qualité :**

Le contrôle en agro-alimentaire peut faire appel à divers types de méthodes et nous citerons en particulier : (**Multon, 1994 ; Multon 1980**).

#### **III.3.1 Méthodes physiques :**

Qui permettent de noter quantitativement les divers caractères organoleptiques ou fonctionnels : texture, couleur, rétention d'eau...

#### **III.3.2 Méthodes chimiques et physico-chimiques :**

Elles offrent souvent la possibilité de donner une évaluation quantitatives de :

- La valeur nutritionnelle
- Certains caractères organoleptiques
- Stabilité prévisible ou effective lors de l'entreposage et la distribution.

#### **III.3.3 Méthodes microbiologiques :**

Qui révèle la présence ou le risque de prolifération de micro-organismes indésirables :

- ❖ Micro-organismes pathogènes : même s'il existe une seule cellule, on dit que l'aliment est non salubre.
- ❖ Micro-organismes non pathogènes : leurs présences n'a pas d'effet à condition qu'ils ne dépassent pas les normes autorisés.

##### **III.3.3.1 Différents types de contrôle microbiologique :**

###### **A. Contrôle de la matière première :**

Ce sont les matières premières qui constituent la première source de contamination du produit fini (**Camille, 2007**).

Le control microbiologique des matières premières doit permettre de vérifier que leur qualité microbiologique est conforme aux prescriptions du cahier des charges les concernant (**Multon, 1994**), et que celles-ci ne renferment pas de micro-organismes risquant de gêner le déroulement de la fabrication ou, de micro-organismes qui, ne pouvant être éliminés par les technologies mises en œuvre, pourraient altérer le produit fini (**Scriban, 1993**).

#### **B. Contrôle au cours de fabrication :**

Le matériel d'équipement des chaînes de fabrication, les procédures de nettoyage et de désinfections, le personnel de production... peuvent être l'origine de contaminations microbiennes, Ces derniers peuvent être dangereuses pour les utilisateurs et entrainer la détérioration des produits (**Camille, 2007**).

L'objectif recherché est de contrôler le procédé de fabrication du point de vue microbiologique pour mieux le maîtriser, il faut donc localiser les points de la chaîne ou il ya le plus de risque de contamination (**Luquet, 1985**).

#### **C. Hygiène du personnel :**

Le personnel introduit dans les ateliers de fabrication de nombreuses souches de micro-organismes par les vêtements, les cheveux, la barbe, les chaussures, la parole, les mains non lavés, ainsi que les blessures non soignées.

Le port de la blouse et d'une charlotte pour le maintien des cheveux, le lavage des mains et leur désinfection chaque fois qu'on entre dans l'atelier sont des règles générales de prévention (**Spinnler, 1998**).

#### **D. Hygiène de l'ambiance :**

Généralement les mesures d'hygiène s'appliquent aux matériels et aux surfaces en contact avec l'aliment.

Un autre foyer d'infection de l'aliment peut être l'air ambiant véhiculent des micro-organismes, on peut réduire la pollution atmosphérique par des moyens physiques, tels que la filtration, le rayonnement UV ou par la chaleur, comme on peut utiliser des moyens chimiques à savoir : l'ozonisation, la pulvérisation et l'aérosolisation (**Luquet, 1986**).

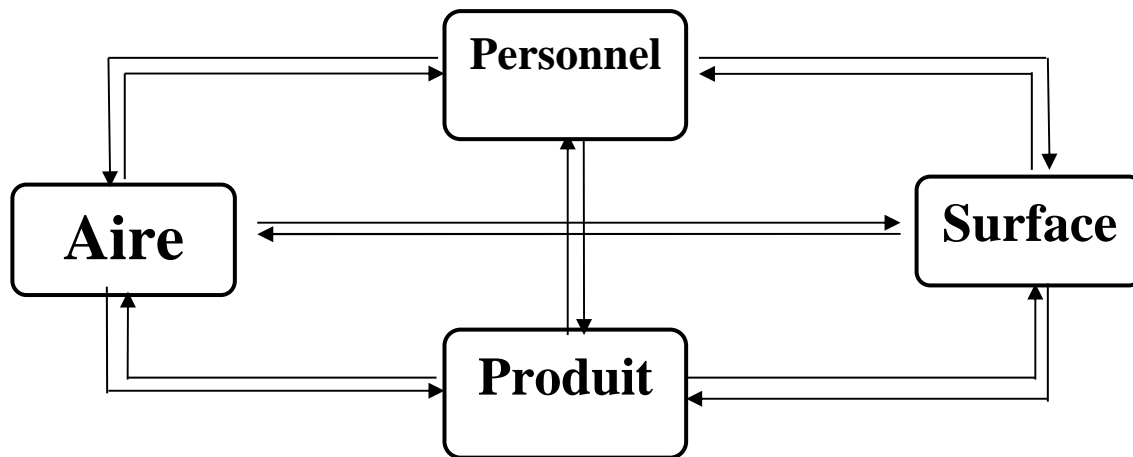
#### **E. Contrôle des produits finis :**

Les contrôles microbiologiques des produits finis portent sur leur qualité hygiénique et leur qualité marchande et sont plus ou moins importants suivant la nature des produits et leur destination (**Scriban, 1993**).

### F. Contrôle de l'emballage :

Les matériaux d'emballages devraient offrir des garanties de sécurité et protéger efficacement le produit contre la contamination, L'emballage doit être effectué dans des conditions excluant toute contamination du produit (**Anonyme, 2001**).

Le mécanisme de transfert des micro-organismes est représenté dans la figure 4.



**Figure 4** : mécanisme de transfert des micro-organismes (**Bourgeois, 1996**).

#### III.3.4 Méthodes sensorielles :

Les propriétés organoleptiques d'un aliment ou d'une boisson peuvent être appréhendées selon trois perspectives différentes : une perspective qualitative, une perspective quantitative et une perspective hédonique.

#### III.3.5 Approche préventive et analytique :

Telle que la démarche HACCP (Hazard Analysis Critical Control Points) qui vise à rechercher les points sensibles d'un procédé et à les contrôler régulièrement. Cette méthode est utilisée couramment pour prévenir les contaminations microbiennes mais elle pourrait aussi s'appliquer à d'autres critères (composition, propriétés sensorielles, etc.) (**Spinnler, 1998**).

### III.4 Les défauts de fabrication de fromage fondu :

Ceux qui connaissent la fabrication du fromage fondu savent qu'elle est influencée par de nombreux facteurs tels que la nature de la matière première, le choix des autres ingrédients comme sels de fonte et agents de sapidité. Un très léger écart par rapport aux normes peut engendrer des défauts que l'on peut observer au cours des différents stades de la chaîne de fabrication (**Berger et al., 1989**).

#### III.4.1 Les défauts observés au moment de la fonte:

Les défauts possibles sont résumés dans le tableau 8

**Tableau 8** : Défauts de fabrication de fromage fondu et les actions correctives.

Défauts constatés	Causes possible	les actions correctives
-la pate n'est pas homogène -apparition d'une couche de graisse a la surface. -au fond les protéines sont coagulées. -une forte teneur d'eau libre	-pH trop bas. -apport de sel de fonte insuffisant. -Temps de fonte trop court	-augmenter le pH. -augmenter la quantité de sel de fonte. -prolonger la durée de la fonte.
La pate s'étire et fileuse	-une insuffisance de préfonte - le sel de fonte est inapproprié - le temps de fonte est trop court - un sous dosage de sel de fonte -agitateur trop lent - l'eau est ajoutée une seule fois	-augmenter la quantité de préfonte -Ajouter un sel de fonte bien crémant -plonger la durer de la fonte -augmenter la vitesse de rotation de l'agitateur - ajouter l'eau en 2 a 3 fois
La pate est trop brillante, trop fluide et dégage une odeur alcaline	Le pH élevé	-ajuster le pH sur la valeur adéquate avec des sels correcteur acides - veiller a ce que ces sels correcteurs soient bien dilués
La pate est visqueuse, épaisse, et non complètement liée	le pH est trop bas	-augmenter le pH par l'emploi des sels correcteurs alcalins
la pate est trop liquide	-fromage de fonte trop jeune. -le sel de fonte a faible pouvoir crémant. -l'apport d'eau est très important -cuisson trop longue -pH trop élevé	-mélanger un fromage jeune avec un autre moyennement affiné -utiliser un sel de fonte a fort pouvoir crémant. - réduire la quantité d'eau -ajouter de l'eau en deux ou trois fois -ajouter 3 a 8% de préfonte moyennement écrémé -abaisser le pH avec un sel de fonte correcteur acide ou de l'acide citrique

La pate est épaisse, visqueuse, et non complètement liée	le pH est trop bas	-augmenter le pH par l'emploi des sels correcteurs alcalins
--	--------------------	---

(Sabaoui et al.,2007).

**III.4.2 Les défauts observés au cours du stockage:**

Au cours du stockage du fromage fondu, des problèmes concernant la qualité organoleptique du produit peuvent surgir (apparaître brusquement), le tableau 9 montre quelques défauts observés au moment du stockage.

**Tableau 9:** Défauts observés au cours du stockage et les actions correctives.

Aspect de la pate	Origine possible	Actions correctives
Le fromage colle à la feuille d'aluminium.	Feuille d'aluminium insuffisamment laquée.	-utiliser une feuille d'aluminium appropriée. -ajouter moins d'eau selon la recette et le produit fini voulu. -ajouter des fromages plus affinés.
Le fromage présent un gout instable.	-Gout fade, nul « de carton » du a des fromages jeunes. -gout amer du a une matière de mauvaise fabrication.	-ajouter des fromages plus vieux -vérification sensorielle approfondie des matières premières.
Le fromage est caoutchouteux.	-Gout alcalin du a un pH trop élevé, généralement supérieur a 6,2. -aucun apport e préfonte. -eau ajoutée en une seule fois. -vitesse de rotation du brasseur est trop lent.	-abaisser le pH par un apport de fromage plus jeune ou un sel de fonte approprié. -ajouter une préfonte bien écrémée. -ajouter l'eau en deux fois. -augmenter la vitesse de rotation du brasseur.

(Berger et al., 1989).

**II.4.3 Autres défauts de fabrications :****❖ Présence des cristaux :**

La présence des cristaux est souvent liée à un surdosage ou une dissolution incomplète des sels de fonte au cours du processus de fonte ; cette cristallisation se réalise avec des produits à extrait sec élevé présentant une moindre disponibilité de l'eau utilisée à la solubilisation des polyphosphates (**Gaucheron, 2004**).

**❖ Gonflement :**

Est un accident de fabrication particulièrement grave. Il se traduit par la présence de nombreux yeux dans le fromage, principalement près de la surface. Les germes responsables sont divers dont on peut citer mes *Clostridium* butyriques (**Veisseyre, 1979**).



## I.1 Généralité sur le fromage :

Le lait se consomme soit à l'état nature, ou après avoir subi différentes biotransformations; celles-ci contribuent à élargir considérablement ses qualités sensorielles et nutritionnelles. L'un des dérivés de ces transformations est le fromage **(Mahaut et al., 2000)**.

La fabrication des fromages remonte à une époque très ancienne, de nombreuses découvertes montrent que cet aliment était connu dans diverses régions du monde depuis environ 3000 ans avant J.C, sa préparation, s'est développée au niveau artisanal à partir d'une époque pouvant se situer entre le 12<sup>ème</sup> et 13<sup>ème</sup> siècle. L'industrialisation de la fromagerie a commencé dans les pays développés à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle **(Mietton, 1994)**.

### I.1.1 Définition :

Le fromage, selon **la norme internationale N°A-6 1996 du Codex alimentarius**, est le produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi-dure, dure ou extra-dure **(Vignola, 2002)**. Il est obtenu :

- Par coagulation complète ou partielle des matières premières suivantes : lait, lait écrémé, lait partiellement écrémé, grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation.
- Par l'emploi de techniques de fabrication entraînant la coagulation du lait et/ou des produits provenant du lait, de façon à obtenir un produit fini ayant des caractéristiques physiques, chimiques et organoleptiques acceptable **(Eck, 1997)**.

Les fromages sont ainsi une forme de conservation des éléments nutritifs du lait sur une période plus ou moins longue **(St-Gelais et Tirard-Collet, 2002)**.

### I.1.2 Classification des fromages:

La classification des fromages peut être basée sur le mode de fabrication, la nature de la pâte ou autre facteurs.

En fonction des différentes opérations technologiques, on distingue quatre classes de fromages résumés dans le tableau 1.

- Fromage frais ou à pâte fraîche
- Fromage à pâte molle
- Fromage à pâte pressée cuite ou non cuite
- Fromage fondu

**Tableau 1** : Classification des différents fromages selon les opérations de fabrication et leurs caractéristiques.

Pâte		Caractéristiques	Technologie de fabrication	Exemples	
Fromages frais ou à pâte fraîche		-Humidité : très élevée (> 60 %) -Texture : friable, crémeuse sans cohésion -Absence d'affinage -Conservation : au frais de courte durée	Ce sont des fromages à égouttage obtenus par centrifugation ou filtrage, à fermentation essentiellement lactique	Petit suisse	
Fromages à pâte molle	Croûte lavée	-Humidité 50 à 55%. -pâte non cuite, non pressée. -Conservation : est amélioré par le froid.	Ce sont des fromages obtenus par action de la présure, avec affinage après la fermentation lactique, avec une pâte ni cuite, ni pressée. Egouttage lent, par découpage et éventuellement un brassage	Munster, Livarot, Pont l'évêque.	
	À croûte moisie			Camembert, brie, carré de l'est.	
	Persillé (à moisissure interne)			Roque fort et autres bleus.	
Fromages à pâte pressée	Non cuite	-Humidité moyenne (45 à 50%). -Conservation : est amélioré par le froid	Ce sont des fromages obtenus par action de la présure, avec affinage après la fermentation lactique et obtenu par égouttage du caillé, brassage pression	Pâte ferme non cuite	Cantal
				À croûte lavée	Saint-paulin, reblochon.
				À croûte moisie	Saint-nectaire, gomme de Savoie
				Croûte artificielle	Edam
	Cuite	-Humidité faible. -Conservation : est amélioré par le froid		Avec ouverture	Emmental
				Sans ouverture	Beaufort
					Cheddar

		Très dure		
Fromages fondus		-Type : Fondu -Forme : Variable -Sans croûte -Texture : Ferme, tendre -Couleur : Jaunâtre -Absence de trous -Teneur en EST: 40 % -Teneur en G/EST : 40%	Il s'agit de préparations issues de la fonte de fromage généralement à pâte pressée	Les fromages en portions

(Guiraud, 1998).

### I.1.3 Caractéristiques nutritionnelles des fromages :

Les fromages sont des aliments d'une qualité nutritionnelle remarquable grâce à leur richesse en nutriments et micronutriments, ils fournissent des protéines contenant des acides aminés indispensables, des vitamines A et B et des minéraux notamment le calcium (**Anonyme, 2010**).

#### I.1.3.1 Apport en protéines :

Les protéines des fromages sont de haute valeur biologique et donc particulièrement intéressantes sur le plan nutritionnel, elles apportent l'ensemble des acides aminés essentiels. Certains d'entre eux, contenus dans la caséine du lait (**Anonyme, 2010**), Elles aident à développer et réparer les tissus endommagés et développent les anticorps, grâce auxquels l'organisme peut combattre les infections. La proportion des protéines contenues dans le fromage dépend essentiellement de la teneur en matière sèche de la pâte.

- Fromages à pâte ferme : 22 à 30 %.
- Fromages à pâte molle ou à pâte persillée : 18 à 21 %.
- Fromages frais : 7 à 15 % (**Anonyme, 2013**).

#### I.1.3.2 Apport en lipides :

Les lipides donnent au fromage son onctuosité, ils se trouvent sous une forme émulsionnée qui les rend particulièrement digestes, ils sont composés d'un mélange d'acides gras (65 % de saturés, 30 % de mono-insaturés et 3 % de polyinsaturés). Certains acides gras libres interviennent au niveau de l'arôme. Le rôle des lipides du fromage sur la santé est difficile à estimer car il existe peu d'études épidémiologiques les concernant (**Anonyme, 2010**).

### I.1.3.3 Apport en glucides :

La teneur en glucides des fromages blancs est de 3 à 4%, celle des fromages affinés et fondus est de 2%, elle est quasiment nulle dans les fromages à pâte pressée **(FAO, 1995)**.

Le lactose a été entraîné lors d'égouttage dans le lactosérum ou a été transformé par la flore lactique lors du caillage ou de l'affinage. L'acide lactique a une saveur rafraichissante dans les fromages frais ; de nombreux acides volatiles sont formés lors de la transformation du lactose par la microflore, on cite : les acides acétiques, propionique ; butyrique, les cétones, le diacétyl et les esters ; ces composées sont sapides et odorants **(Vierling, 2004)**.

Le tableau 2 intègre la composition en nutriments de certains fromages.

**Tableau 2:** Composition moyenne en constituants majeurs de quelques familles de fromages (en g pour 100g de fromages).

Variété de fromage	Eau	Protéines	Lipides	glucides
Fromage frais (ex : petit suisse)	79	8,5	7,5	4
Fromage à pâte molle (ex : camembert)	50	20	24	4
Fromage à pâte pressée non cuite (ex : saint Paulin)	40	28	24	3
Fromage à pâte pressée cuite (ex : Comté)	35	29	28	2,5
Fromage à pâte pressée persillé (ex : Roquefort)	40	21	32	1,8

**(Dillon et Berthier, 1997)**.

### I.1.3.4 apport en vitamines :

La plupart des fromages constituent une source importante en vitamines hydrosolubles du groupe B, plus particulièrement B2, B9 et B12 qui participent à la synthèse des cellules sanguines et nerveuses. La vitamine B9 agit sur la croissance et la division cellulaire et donc sur la synthèse des tissus. Selon leur teneur en lipides, les fromages contribuent de façon plus ou moins importante aux apports en vitamines liposolubles A et D connue pour ses vertus antioxydants, la vitamine A intervient dans de nombreuses fonctions de l'organisme comme la protection de l'organisme contre les infections, la croissance des os et la vision **(Anonyme, 2010)**.

### I.1.3.5 Apport en minéraux et oligoéléments :

Les fromages apportent des minéraux tels que le calcium, phosphore, magnésium, sodium et le potassium. Toutefois, la teneur de chacun de ces éléments

est variable d'un fromage à un autre. Il en est de même pour les oligo-éléments indispensables au bon fonctionnement de l'organisme, notamment le sélénium, le zinc et l'iode. Les fromages sont le 1<sup>er</sup> vecteur de zinc dans l'alimentation des adultes français, et le 2<sup>ème</sup> chez les enfants après le lait (**Anonyme, 2010**).

Le tableau 3 intègre la composition en minéraux de certains fromages.

**Tableau 3** : Composition moyenne en minéraux des différents fromages (en mg pour 100g de fromages).

Type de fromage	Calcium	phosphore	magnésium	potassium	sodium	Zinc
Pâte dure cuite	1100	740	45	135	500	10
Pâte ferme pressée	800	450	35	130	780	7
Pâte fondue	5150	645	18	100	1100	8
Pâte persillée	600	400	26	135	1500	6,5
Pâte molle à croute lavée	600	420	28	120	770	7
Pâte molle à croute moisie	300	280	16	150	865	4
Fromage de chèvre	200	300	25	320	900	1,5
Fromage frais	100	150	11	120	50	0,5
Moyenne	500	420	25	140	800	5,5

(Anonyme, 2010).

#### I.1.4 Technologie de fabrication fromagère :

Selon le **FAO, 1995** la fabrication du fromage comprend quatre étapes :

##### I.1.4.1 Préparation de lait :

C'est la première phase essentielle de fabrication des fromages, dépend du produit à obtenir et des variétés désirés, elle passe par multiples actions qui s'enchainent :

- ❖ Nettoyage du lait par filtration statique ou centrifuge : Il permet de retenir les impuretés du lait. L'opération centrifuge est plus efficace; elle retient notamment les leucocytes.
- ❖ L'ajustement de la matière grasse : se fait soit par apport de lait écrémé dans du lait entier, soit par apport de crème dans du lait entier.

- ❖ Standardisation en matière protéiques : se fait par ajout au lait de poudre de lait, de caséine ou de caséinates, ou encore par ultrafiltration.
- ❖ Assainissement microbienne : Il se fait très généralement à l'aide d'un traitement thermique (**Roux, 1994**).

#### I.1.4.2 Coagulation du lait :

La coagulation du lait, qui se traduit par la formation d'un gel, résulte des modifications physico-chimiques intervenant au niveau des micelles de caséines (**Eck, 1987**). Elle est réalisée soit par :

- **Acidification lactique** : le lait s'acidifie progressivement Sous l'action des bactéries lactiques, dans le même temps se produit une désintégration progressive des micelles de caséine en sous unités. Lorsque le pH est voisin de 5, la charge des submicelles est très réduite et la précipitation s'amorce, les micelles de caséine flocculent formant au repos un gel homogène qui emprisonne le lactosérum et occupe entièrement le volume du lait.
- **Ou par action de la présure**. Diverses enzymes protéolytiques ont la propriété de coaguler le lait, elles sont soit d'origine animale (présure, pepsine), soit d'origine végétale (broméline, ficine), soit d'origine microbienne (enzymes de certaines moisissures ou de bactéries). Les enzymes utilisées en fromagerie sont la présure, la pepsine et celles d'origine fongique (**FAO, 1995**).

#### I.1.4.3 Egouttage :

L'égouttage se traduit par une élimination important de lactosérum et s'accompagne d'une rétraction et d'un durcissement du gel. La plus grande partie des éléments solubles du lait (lactose, sels minéraux) et quelques fractions insolubles mineurs (azote, matière grasse) sont en effet expulsées conjointement à l'eau (**Eck et Gillis, 1997**).

**Salage** : Le sel ajouté au fromage permet de remonter la saveur mais il fait plus car :

- Il complète l'égouttage sous l'effet de la pression osmotique.
- Il arrête l'acidification du caillé et prévient une déminéralisation excessive de la pâte.
- Il contrôle le développement des bactéries nuisibles ou pathogènes et sélectionne le développement des micro-organismes utiles à l'affinage (**Vignola, 2002**).

### **I.1.4.5 Affinage :**

L'affinage correspond à une digestion enzymatique des constituants du caillé égoutté (**Glais et Coller, 2002**), il est dominé par ces grands phénomènes biochimiques :

- La fermentation de lactose résiduelle.
- La dégradation enzymatique des protéines
- Hydrolyse de la matière grasse.
- La production d'arome à partir des acides gras et des acides aminés (**Romain, 2008**).

Les protéines sont hydrolysées en éléments de plus en plus simples et à sapidité croissante: polypeptides, peptides, acides aminés, ammoniac. La dégradation de la matière grasse est surtout notable dans le cas des pâtes persillées. Les triglycérides sont hydrolysés en acides gras et glycérol, eux mêmes pouvant être transformés en résidus plus sapides et aromatiques (aldéhydes, cétones) (**FAO, 1995**).

Ces transformations confèrent à la pâte fromagère des caractères nouveaux ; elles la modifient dans son aspect, dans sa composition, dans sa consistance simultanément, saveur, arome et texture (**Romain, 2008**).

## **I.2 Fromage fondu :**

### **I.2.1 Définition:**

Le fromage fondu est un produit obtenu par le mélange de fromages de différentes origines et à différents stades d'affinage avec des sels de fonte (**Chambre et Daurelles, 2006**); avec addition éventuelle d'autres produits laitiers, notamment du lait (liquide ou en poudre), crème, beurre ; caséine ; lactosérum, avec ou sans addition d'aromates (**Luquet, 1985**). Ce mélange est broyé puis chauffé sous vide partiel et agitation constante jusqu'à l'obtention d'une masse homogène qui est conditionné dans un emballage protecteur (**Chambre et Daurelles, 2006**)

### **I.2.2 Différents types du fromage fondu :**

D'après **Boutonnier (2000)**, ces produits issus de la fonte de fromages peuvent être regroupés en cinq familles :

- **Fromage fondu type « bloc »** : le traitement thermique subi est modéré de manière à conserver au produit fini une élasticité marquée est une bonne tranchabilité. Sa teneur en matière sèche est élevée et il est fondu partiellement ou totalement à partir de citrate de sodium.

- **Fromage fondu type « coupe »** : moins ferme que le bloc, il n'est pas pour autant tartinable. Il contient trois à quatre points de moins de matière sèche que le précédent, ce qui le rend plus agréable à la dégustation. L'élasticité, parfois sa recherche, n'est pas toujours souhaitable en raison de la formation de fils qui rendent le conditionnement délicat sur les machines classiques.

- **Fromage fondu tartinable** : c'est le processus de crémage qui permet de régler la consistance du produit fini et de lui conférer une certaine tartinabilité. Ces produits peuvent être aromatisés et conditionner en emballages souples (portions) ou rigides (pots, barquettes, tubes).

- **Fromage fondu toastable (pour refonte)** : il se présente généralement sous forme de tranches adaptées à une utilisation dans les cheeseburgers... ce produit doit refondre rapidement, comme une tranche d'emmental par exemple, ce qui exige une préservation importante de la structure protéique des matières premières.

- **Fromage fondu thermostable** : à l'inverse du précédent, c'est un fromage fondu qui ne doit pas fondre lorsqu'on le soumet à une nouvelle source de chaleur. Il subit un écrémage très poussé et les blocs obtenus sont découpés puis incorporés dans les plats cuisinés à base de légumes ou de poissons.

### I.2.3 Caractéristiques nutritionnelles des fromages fondus :

#### I.2.3.1 Composition :

La composition moyenne des éléments constitutifs pour 100 g de fromage fondu en portions (25% MG/MS) est représentée dans le tableau 4.

**Tableau 4** : Composition moyenne du 100g de fromage fondu

Éléments constitutif du fromage fondu	Composition moyenne
Eau (g)	68,3
Glucides (g)	2,7
Protéines (g)	15
Lipides (g)	7,9
Apport énergétique (Kcal)	146

(Anonyme b, 2010).

Apport calorique journalier : 7%

#### I.2.3.2 Valeurs nutritionnelles :

Le fromage fondu comporte toutes les caractéristiques nutritionnelles des produits laitiers qui le composent, il apporte à l'organisme la majorité des nutriments



essentiels à un bon équilibre alimentaire et tous les éléments énergétiques et structuraux nécessaires à son fonctionnement (lipides, glucides, protéines, minéraux et vitamines) (**Chambre et Daurelles, 2006**).

D'un point de vue physiologique et nutritionnel, les protéines du fromage sont caractérisées par une haute valeur biologique qui provient essentiellement du fait que ces protéines se décomposent dans la zone gastro-intestinale en acides aminés, ou peptides à chaîne courte, c'est sous cette forme uniquement qu'elles peuvent être absorbés et seront digestibles à 100 %. Notons par ailleurs que ces protéines présentent une concentration élevée en acides aminés essentiels (**Maurer-Rothmann et Scheurer, 2005**).

## **I.2.4 Matières premières utilisées :**

### **I.2.4.1 Matières premières laitières :**

Les matières premières d'origine laitière représentent la majeure partie des matières premières utilisées en fonte (**Chambre et Daurelles, 2006**).

#### **I.2.4.1.1 Fromage :**

Le fromage fondu est généralement fabriqué à partir d'une ou d'un mélange de différentes variétés à différents degrés d'affinage dont les critères de sélection sont: le type, la saveur, la maturité, la consistance, la texture et l'acidité, cette sélection est primordiale pour garantir la fabrication d'un fromage fondu de qualité, parmi les plus utilisés, on cite : Le cheddar, Le gruyère et l'emmental (**Chambre et Daurelles, 2006**).

#### **I.2.4.1.2 Préfonte :**

Il s'agit d'un fromage fondu issu d'une fonte précédente de même composition qui servira d'amorce à la formation d'un nouveau réseau, Elle permet d'accélérer la cinétique de réaction et stabilise l'émulsion en favorisant les interactions protéines/lipides ; elle est utilisée pour améliorer la texture et la stabilité du fromage fondu (**Eck et Gillis, 1997**).

#### **I.2.4.1.3 Poudre de lait :**

La poudre de lait est un produit obtenu d'un lait ayant subi une déshydratation par la chaleur réduisant son volume permettant ainsi une longue conservation :

D'après **Sottiez (1990)**, Les poudres de lait sont classées en 3 catégories :

- Poudre de lait entier 26 % de MG.
- Poudre de lait demi-entier (1,5 à 1,8 de MG)
- Poudre de lait écrémée 0% de MG

#### **I.2.4.1.4 Autres matières premières laitières :**

D'autres matières premières d'origine laitière sont utilisées pour la fabrication du fromage fondu, parmi lesquelles on peut citer : le lactosérum, caséines-caséinates, protéines du sérum, qui apportent des constituants protéiques non dégradés (**Boutonnier, 2000**).

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 gout salin trop marqué. Tandis que, le lactose a un effet favorable sur la plastification et la structuration du gel, ce qui favorise la tartinabilité du fondu, le taux d'incorporation ne doit pas être trop élevé pour éviter l'apparition de gout sucré et de réaction de Maillard, voire la cristallisation (**Chambre et Daurelles, 2006**).

L'incorporation de la MG laitière est fréquente pour ajuster la teneur finale en MG du produit et lui conférer des qualités organoleptiques notamment aromatiques agréables (**Chambre et Daurelles, 2006**). Cette MG diminue considérablement la viscosité du fromage fondu (**Boutonnier, 2000**).

Cette incorporation se fait sous forme de beurre, de crème, de matière grasse laitière anhydride. La qualité des matières grasses mises en œuvre est importante pour éviter l'apparition de défauts liés à l'oxydation (**Chambre et Daurelles, 2006**).

#### **I.2.4.2 Matières premières non laitières :**

##### **I.2.4.2.1 Eau de process:**

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 bonne qualité alimentaire avec une faible teneur en microorganismes et contaminant chimique tel que le nitrate (**Boutonnier, 2000**).

D'après **Averzard et Lablee (1990)**, l'eau utilisée dans l'industrie laitière doit répondre aux critères d'une eau potable de point de vue bactériologique et chimique :

- **Caractéristiques bactériologiques** : une eau est présumée potable quand 95 % des échantillons pris au cours d'une année ne contiennent pas des coliformes dans 100 ml, et quand aucun des échantillons pris ne contient des germes *E.coli*.

• **Caractéristiques chimiques** : les caractéristiques recommandées pour une eau chimiquement convenable pour l'usage industriel laitier sont représentées dans le tableau 5.

**Tableau 5:** Caractéristiques recommandées pour une eau d'usage industriel laitier.

Caractéristiques	Teneurs moyennes (mg/ l)
La dureté totale	Entre 0 et 15
Chlorures en Cl <sup>-</sup>	Moins de 200
Sulfates en SNO <sub>3</sub>	Moins de 6
Nitrates en N	0
Matières organiques	Inferieur à 1
Phosphates en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0
Azote en NO <sub>3</sub>	0
Nitrite en azote	0

(Averzard et Lablee, 1990).

### I.2.4.3 Aditifs technologiques :

#### I.2.4.3.1 Sels de fonte :

Se sont des aditifs dans la fabrication des fromages fondu, 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 séparaient, après arrêt du brassage (Luquet, 1990).

Selon Mahaut et al., (2000), Les sels de fonte sont autorisés dans la limite de 3% du poids du produit fini, il joue un rôle dans la :

- ❖ Solubilisation des protéines et séquestration du calcium: sa capacité à solubiliser la caséine dépend essentiellement de sa capacité à échanger le calcium du produit laitier contre le sodium qui le contient initialement.

- ❖ Ajustement du pH : le pH est ajusté dans une gamme allant de 5.4 à 5.8 selon les propriétés recherchées.

- ❖ Fonctions antimicrobiennes : il ne s'agit pas d'un effet bactéricide (les polyphosphates ne détruisent pas les micro-organismes) mais plutôt d'un effet bactériostatique (Berger et al., 1989).

❖ Les phosphates sont également reconnus comme de bons inhibiteurs de la germination des spores. La production des toxines botuliques est également empêchée (**Tanaka et al., 1979**).

#### **I.2.4.3.2 Colorants :**

Pour certaines variétés de fromages fondus tel que celui à base de Gouda, on peut renforcer la couleur par l'ajout de la  $\beta$ -carotène à des concentrations bien déterminées pour assurer l'homogénéité de la couleur au cours de la fabrication (**Eck et Gillis, 1997**).

#### **I.2.4.3.3 Conservateurs :**

Le principal risque d'altération du fromage fondu est lié au développement des bactéries butyriques (**Boutonnier, 2000**).

Les conservateurs autorisés par le **codex alimentarius** sont :

- l'acide sorbique et ses sels de sodium et de potassium : peuvent être utilisés comme agents anti moisissures.
- l'acide propionique et ses sels sodium et de calcium : peuvent aussi être utilisés comme agents anti moisissures.
- Nisine: peut être utilisée comme inhibiteur des germes de *Clostridium* butyriques responsables de gonflement.

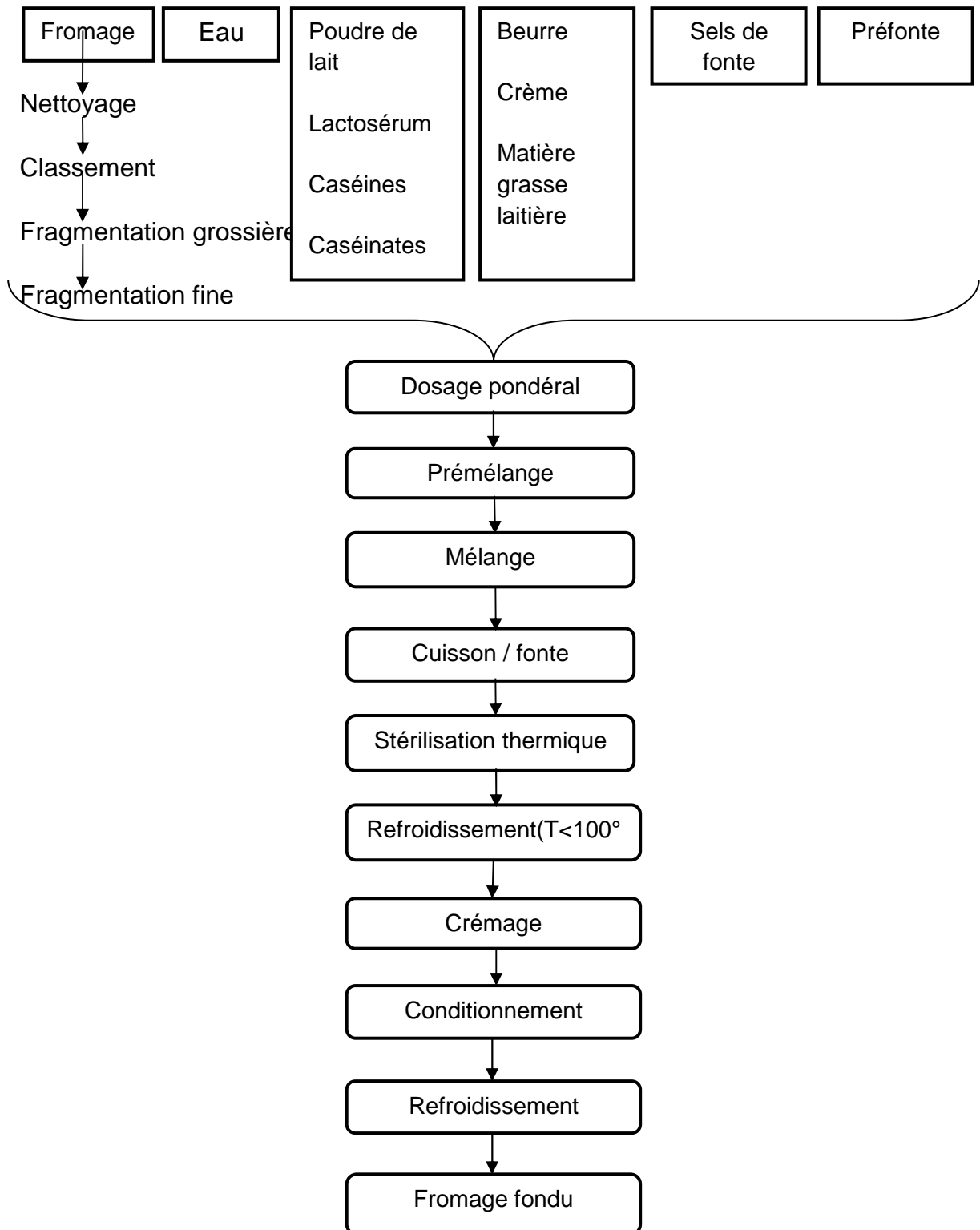
L'emploi de conservateurs n'est pas justifié pour les produits traités à haute température sous forme d'une stérilisation UHT et emballés dans des conditions favorables (**Chambre et Daurelles, 2006**).

#### **I.2.4.3.4 Agents de texture :**

Le rôle de ces aditifs est d'améliorer la consistance du fromage fondu et faciliter le déroulement de l'emballage au contact du produit. Leur utilisation se justifie beaucoup plus dans le cas de fabrication de fromage fondu à partir de fromages frais qui sont des matières premières très fortement déminéralisées et pauvres en protéines (**Boutonnier, 2000**).

### I.2.5 Processus de fabrication du fromage fondu:

Les mécanismes mis en œuvre lors de la fabrication des fromages fondu sont nombreux et complexes et on peut les présenter dans la figure 1.



**Figure 1** : principales voies de fabrication de fromage fondu (Boutonnier, 2000).

Les principales étapes de fabrication du fromage fondu sont :

### **I.2.5.1 Sélection des matières premières:**

La sélection de matière première est fonction de la formule du produit que l'on veut obtenir. En outre, elles feront l'objet d'un contrôle rigoureux avant utilisation quant à leur composition physico chimique, bactériologique et leurs caractéristiques organoleptiques (**Chambre et Daurelles, 2006**).

### **I.2.5.2 Écroutage, découpage et broyage des fromages :**

L'écroutage est réalisé traditionnellement par raclage ou brossage mais des techniques nouvelles apparaissent telles que les jets d'eau chaud sous pression par exemple. Le broyage est une opération importante du traitement des matières premières, car il est indispensable pour obtenir un fromage homogène (**Eck et Gillis, 1997**).

### **I.2.5.3 Pesée des matières premières :**

Une fois le broyage est terminé, le fromage est pesé et mis dans le pré-mélangeur avec les autres ingrédients, l'eau est pesée dans des quantités définies d'avance, les sels de fonte sont pesés à l'état sec, cette opération doit donc se faire avec une grande exactitude (**Chambre et Daurelles, 2006**).

### **I.2.5.4 Mélange :**

Aux matières fromagères et laitières, on ajoute de l'eau et des sels de fonte, puis on effectue un prébroyage de l'ensemble pendant quelques minutes pour obtenir un mélange prêt à être fondu (**Chambre et Daurelles, 2006**), et permettant ainsi une première action des sels de fonte à froid (**Uhlmann, 1990**).

### **I.2.5.5 Cuisson et pasteurisation :**

Le mélange passe dans le bac de lancement puis arrive à la cuve de préchauffage avec une température de 60-65 °C ou il sera soumis à une pression du vide pour atteindre 80-85 °C. Grâce à une deuxième pompe le produit est stérilisé entre 135-140 °C par injection de vapeur puis refroidi jusqu'à 95 °C avant d'être renvoyé au bac de crémage (**Eck et Gillis, 1997**).

Pendant la cuisson il ya apparition de plusieurs phénomènes physico-chimiques (peptisation et crémage) (**Boutonnier, 2000**).

#### **❖ Peptisation : destruction poussée**

Les fromages sont constitués par la juxtaposition des granules de caillé, la zone externe du granule est composée essentiellement de substances protéiques et la zone interne d'une proportion plus importante de matière grasse.

Après avoir broyé finement les matières premières fromagères et des la mise en contact avec l'eau et les sels de fonte, on assiste au démarrage de l'étape de destruction qui va s'accroître lors du traitement thermique; les sels de fonte chélatent le calcium lié aux protéines et transforment le paracaséinate de calcium insoluble en paracaseinate de sodium soluble **(Chambre et Daurelles, 2006)**.

#### ❖ **Crémage :**

Le crémage est un phénomène caractérisé par une absorption d'une quantité d'eau au niveau de chaque particule protéique ce qui provoque l'épaississement de la pâte donnant naissance à de nouvelles interactions inter-intra protéiques.

Importance du « crémage » à une influence primordiale sur la texture finale du produit **(Luquet, 1985)**, La constitution du réseau protéique se fait d'autant plus vite que l'on incorpore de la préfonte ce qui va accélérer la cinétique de la structuration **(Chambre et Daurelles, 2006)**.

#### **I.2.5.6 Homogénéisation :**

Cette étape d'homogénéisation améliore la stabilité de l'émulsion de matière grasse en diminuant la taille des globules gras; elle améliore la consistance, la structure, apparence et l'onctuosité des fromages fondus **(Eck et Gillis 1997)**.

#### **I.2.5.7 Conditionnement et étiquetage :**

Le conditionnement est réalisé au moyen des machines automatiques de plus en plus sophistiquées, à des cadences très rapides. Elles permettent de produire 800 portions à la minute **(Boutonnier, 2000)**.

Le conditionnement des portions de fromage fondu à tartiner, s'effectue dans une feuille en aluminium vernis sur les deux faces **(Boutonnier, 2000)**.

L'étiquetage doit indiquer parfaitement les caractéristiques du produit et bien sur son poids net à la sortie de l'usine, les additifs utilisés, la date de fabrication, la date optimale de consommation et l'identification de l'usine **(Eck et Patont, 1987)**.

#### **I.2.5.8 Refroidissement :**

Le refroidissement doit se faire rapidement à fin d'éviter le risque de développement de réaction du Maillard. Cette vitesse varie selon le type de produit; il doit être rapide pour les fromages fondus à tartiner **(Chambre et Daurelles, 2006)**.

#### **I.2.5.9 Stockage et Conservation :**

Le fromage fondu est un produit de longue conservation (jusqu'à 1an), qui est rendu possible grâce au traitement thermique et à la présence de sels de fonte **(Gaucheron, 2004)**.

Selon **Luquet (1985)** certaines précautions élémentaires doivent être prises pour la conservation, le transport et la distribution du fromage fondu, notamment en ce qui concerne les pays chauds :

- Eviter l'écrasement par surcharge et mouillage, surtout lorsqu'il s'agit des boîtes en carton.
- Eviter l'exposition au soleil et le stockage à une température supérieure à 12 °C.
- Eviter surtout les brusques changements de température, notamment le passage brutal du froid au chaud; ce qui provoque des condensations détériorant particulièrement les emballages en carton.



## **Introduction :**

Le lactosérum est un produit découvert il ya plus de 3000 ans avant Jésus-Christ, par des bédouins lors du transport de lait, l'acidification et la coagulation par la chaleur provoquaient la formation d'une phase liquide au-dessus d'un caillé de lait **(De Witt, 2001)**.

Le lactosérum ou le petit lait représente 90 % du volume original de lait utilisé en fromagerie et en est le principal sous produit **(Moletta, 2002)**.

Pendant de nombreuses années, le lactosérum était considéré comme un déchet encombrant, dont l'utilisation se limitait à l'alimentation animale et à la fertilisation des champs. Mais, les contraintes sur les rejets devenant de plus en plus sévères. La mise au point de procédés de traitement et de valorisation est devenue impérative depuis les années 1970 **(Shuck et al., 2004)**, en conséquence, des industries de traitement du lactosérum sont donc considérablement développées, Ce développement s'est fait pour des raisons économiques d'une part et pour des raisons écologiques d'autre part **(Chaput, 1981)**.

### **II.1 Définition :**

Le lactosérum est un liquide jaune verdâtre, contenant une quantité importante de protéines de lait, environ 20% et riche en élément nutritif **(Muller et al., 2003)**. La production de 10-20Kg de fromage donne 80-90Kg de lactosérum **(Ilker et al., 2006)**.

### **II.2 Différents types de lactosérum :**

On distingue généralement deux catégories de sérum, selon que son acidités inférieure ou supérieure à 1,8 g d'acide lactique par litre **(FAO, 1995)**.

**II.2.1 Sérum Doux :** Si la coagulation du lait provient de la déstabilisation des micelles de caséines sous l'action de la présure, le lactosérum obtenu est « doux » **(Jacquet Violleau, 1999)**, Il est pauvre en calcium et en phosphore et ne contenant que les minéraux solubles du lait, avec prépondérance de chlorure de sodium et du potassium, mais plus chargé en lactose et en extrait sec **(Boudier et Luquet, 1981)**. Il est faiblement acide dont l'acidité varie entre 15 et 22°D, issu de la fabrication de fromage à pâte molle et à pâte pressée cuite ou non cuite **(Schuck et al., 2004)**. Le pH de ce lactosérum varie entre 5,2 -6,7 **(Adrian et Potus, 1995)**.

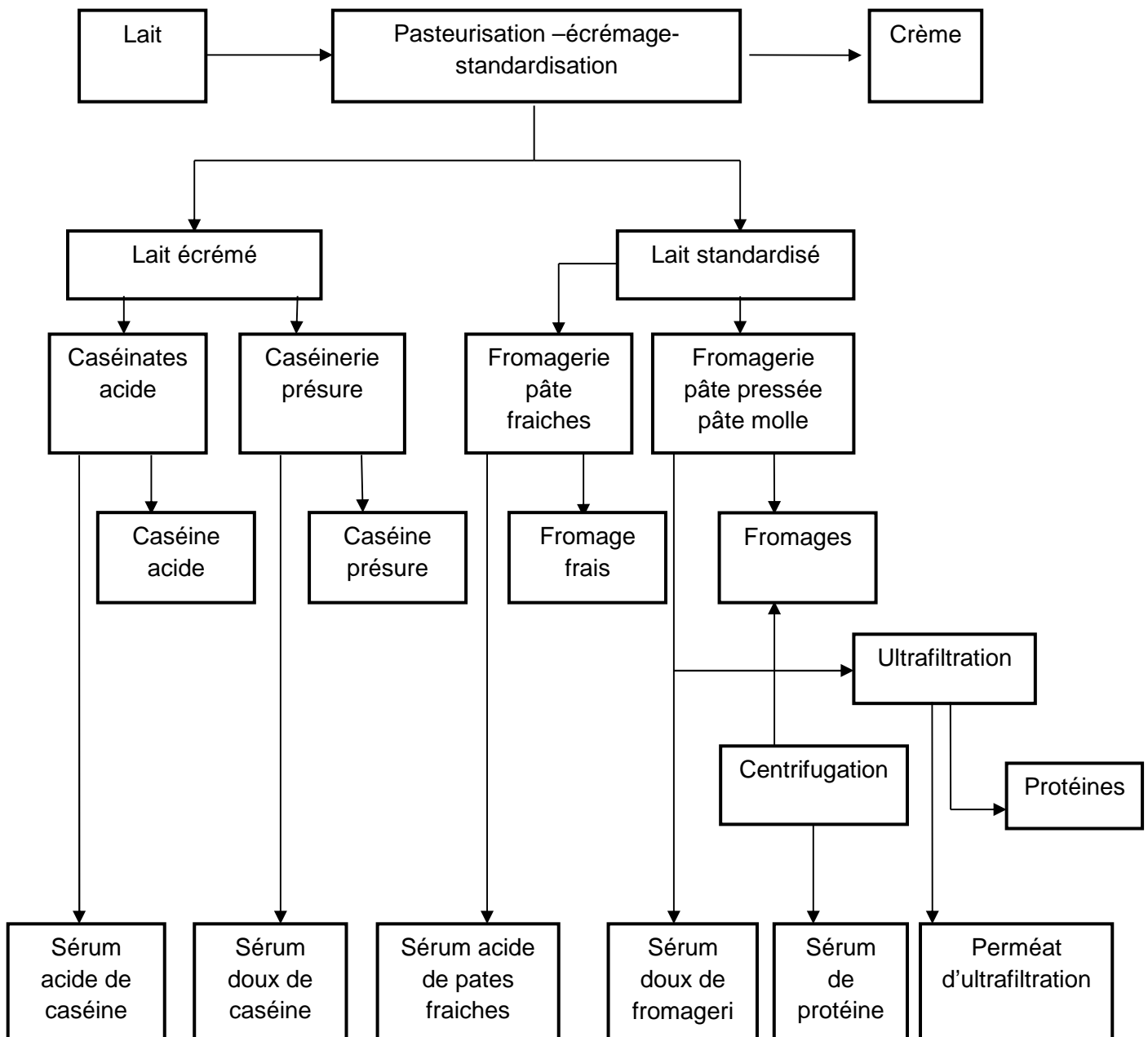
**II.2.2 Sérum Acide :** Le sérum acide est obtenu lors de la fabrication des pâtes fraîches ou de la production des caséines **(Schuck et al., 2004)**, après coagulation

du lait par précipitation des caséines, Il est riche en sel minéraux en particulier le phosphore, calcium et acide lactique (**Boudier et Luquet, 1981**).

L'acidification peu être obtenue, par ajout d'acide (acide chlorhydrique, sulfurique) ou par passage sur résine échangeuse d'ions (**Jacquet Violleau, 1999**).

### II.3 voies technologiques d'obtention des principaux types de lactosérum :

Les principales vois technologiques pour l'obtention de différents types du lactosérum sont éclaircies dans la figure 2.



**Figure 2 :** voies technologiques permettant l'obtention des principaux types de lactosérums issus de la première transformation du lait (**Schuck et al., 2004**).

Le lactosérum de caséinerie est obtenu par la précipitation de la caséine par l'acide chlorhydrique ou sulfurique alors que le lactosérum acide est généré par une fermentation lactique d'un lait écrémé. Un lactosérum doux présente une teneur en protéines supérieures à celle d'un lactosérum acide en raison de la précipitation acide de certaines protéines. Les lactosérums doux sont plus facilement valorisables industriellement que les lactosérums acides qui posent plus de difficultés lors du séchage. Ces problèmes sont dus en partie à la forte minéralisation, à la faible teneur en lactose et à la variabilité de la composition des sérums acides (**Saulnier, 1996**).

D'autres études ont montré que la composition chimique et l'acidité des lactosérums acides varient fortement au cours de l'étape d'égouttage des fromages.

Ces observations permettent de conclure qu'à chaque type de fromage et à chaque étape de fabrication est associé un lactosérum. De plus l'émergence de nouvelles technologies de fractionnement et de concentration comme l'ultrafiltration a permis l'apparition de nouveaux dérivés comme les Perméats, Leurs compositions sont fonction de nombreux paramètres comme la matière première ultrafiltrée, le type de membrane et le taux de concentration (**Schuck et al., 2004**).

#### **II.4 Compositions physico-chimiques du lactosérum :**

La composition du lactosérum dépend essentiellement de celle du lait d'origine. Globalement, le lactosérum est un liquide dépourvu de caséine, de matière grasse et contenant des protéines solubles, lactose et minéraux (**Gaucheron, 2004**), Le traitement technologique et le processus de fabrication représentent les facteurs de variation les plus importants (**Linden et Lorient, 1994**).

Le tableau ci-dessous présente les chiffres approximatifs de la composition des différents types du lactosérum.

**Tableau 6:** Composition moyenne des différents types du lactosérum.

Type du fromage Paramètres	Lactosérum doux			Lactosérum acide	
	Pâte pressée cuites (Emmental)	Pâte pressé non cuite (St- Paulin, Edam)	Camembert	Pâte fraiche	caséines
<b>Liquide</b>					
Extrait sec en %	6,5	5	6,5	6	-
pH	6,7	6,5	6,1	6	-
<b>Matière sèche %</b>					
Lactose	76	75	75	65,5	74
Protéines	13,5	13,5	13	12	12
Cendres	8	8,5	9	12	12
Acide lactique	1,8	2	2,2	10	1,8
Matière grasse	1	1	1	0,5	0,5
<b>Minéraux</b>					
Ca en %	0,6	0,65	0,7	1,9	1,8
P en %	0,6	0,65	0,7	1,5	1,5
Chlorure (en NaCl)	2,5	2,5	2,5	2,5	7,5

(Sottiez, 1990).

Il existe trois différences essentielles entre les deux lactosérums : la teneur en acide lactique, la teneur en cendres et le taux de lactose. La première différence s'explique par le mode de coagulation. D'autre part, l'acidification du lait par les bactéries lactiques provoque la déminéralisation des micelles de caséines qui libèrent leur calcium dans le lactosérum (Veisseyre, 1975), C'est ce qui explique que le lactosérum acide est plus riche en cendres.

#### II.4.1 Lactose :

Le lactose est le constituant majeur de lactosérum ou il représente 80% de la matière sèche (Gaucheron, 2004), formé par l'union d'une molécule de galactose et du glucose, il est appelé parfois sucre du lait (Thomet et al., 2005).

#### II.4.2 Protéines :

Les protéines de lactosérum sont d'un intérêt nutritionnel supérieur à celles qui constituent le blanc d'œuf. Elles représentent environ 13% de sa matière sèche leur extraction présente beaucoup d'intérêt en raison de leur grande valeur nutritionnel (**Michel et al., 2002**), elles sont sous forme d'une phase soluble constituée de différents polymères protéiques hydrophiles appelés protéines solubles ou protéines de lactosérum. Que le lait soit coagulé par acidification à pH 4.6 ou par voie enzymatique, ces protéines restent solubles dans le lactosérum. Par contre, le chauffage du lactosérum les dénature, une composition en acide aminés du sérum comparé à celle du l'œuf est donnée dans le tableau 7.

**Tableau 7:** composition du sérum en acide aminés comparée à celle de l'œuf (en g/16g d'azote)

Acide aminés	Lactosérum	Œuf
Thréonine	6,20	4,90
Valine	6,00	6,40
Isoleucine	5,90	5,20
Leucine	9,50	8,50
Phénylalanine	3,60	5,20
Méthionine	2,00	3,40
Cystéine	2,85	2,80
Lysine	9,00	6,2
Histidine	1,80	2,60
Tryptophane	1,50	1,60

(Linden et Lorient, 1994).

De ce fait, leur extraction présente un grand intérêt, elles peuvent être

- réintroduites dans le circuit fromage et incorporées dans les laits infantiles.
- compléter avantageusement les protéines végétales de certains légumes.
- contribuer à la création d'une boisson protéinée (**Apria, 1980**).

#### II.4.3 Matière grasse :

La teneur des lipides dans le lactosérum est très faible car la quasi-totalité des matières grasses est utilisée dans la fabrication du fromage (**Allais, 1981**).

#### II.4.4 Vitamines :

Les vitamines du lactosérum sont en majorité des vitamines hydrosolubles.

Étant donné qu'en éliminant la matière grasse les vitamines liposolubles sont entraînées avec elles, Parmi les vitamines les plus importantes on dénombre :

- ❖ La riboflavine (vitamine B<sub>2</sub>).

- ❖ L'acide pantothénique de thiamine (vitamine B<sub>1</sub>).
- ❖ La pyridoxine (vitamine B<sub>6</sub>).
- ❖ La vitamine C.

La couleur jaune verdâtre du lactosérum est due à la vitamine B<sub>2</sub> (**Mereo, 1980**).

#### **II.4.5 Matières minérales :**

La teneur moyenne en sels minéraux du lactosérum acide et doux est respectivement égale à 12 et 9 g pour 100g de matière sèche.

### **II.5 Valorisations du lactosérum :**

#### **II.5.1 Valeur nutritionnelle du lactosérum :**

La valeur alimentaire d'un produit se définit par rapport à deux notions :

- ❖ La première est relative aux nutriments existants potentiellement dans le produit, en qualité et en quantité.
- ❖ La seconde, concerne les possibilités d'assimiler ces nutriments par l'être vivant.

Selon **Ward, 2008**, le lactosérum présente différentes valeurs nutritionnelles :

- Le lactosérum liquide est un produit très riche en eau, environ 95%
- Malgré sa faible teneur en matière sèche, le lactosérum possède une valeur nutritionnelle intéressante. Ces apports nutritionnels sont principalement liés au lactose, aux protéines, ainsi qu'au Calcium et au phosphore, de ce fait le lactosérum est à la fois énergétique et azoté (acide amines, en particulier lysine) et son apport calorique est de 26 calories présentes dans 100g de petit-lait liquide.
- Le lactosérum contient très peu de matière grasse : 0,3 g dans 100g de petit-lait liquide, c'est une quantité très faible, et pour cette raison il est considéré comme un aliment idéal pour ceux suivant un régime de perte de poids.
- D'autre part, 15 à 20 litres de lactosérum brut, selon la teneur en matière sèche, équivaut sensiblement à la valeur nutritionnelle de 1kg d'aliment équilibré pour l'engraissement des animaux.

En effet, sa riche composition et sa valeur nutritionnelle intéressante font du lactosérum une matière à plusieurs usages (**Boudier et Luquet, 1989**).

#### **II.5.2 Effet thérapeutique du lactosérum :**

Le lactosérum possède des propriétés de désintoxication puissantes et son action thérapeutique est bénéfique pour les organes majeurs de l'organisme : le cœur, le foie, les reins et les intestins. Il est particulièrement efficace dans le traitement des maladies du foie telles que l'hépatite ainsi que le traitement des

problèmes cutanés, les infections fongiques, les œdèmes, troubles digestifs et les calculs biliaires et les maladies douloureuses communes de l'arthrite et les rhumatismes. Le lactosérum a également prouvé son efficacité contre l'obésité, l'hypercholestérolémie, l'hypertension artérielle (**Vasey et Graham, 1998**).

### **II.5.3 Facteur polluant du lactosérum :**

La pollution engendrée par le lactosérum affecte grandement le milieu dans lequel il est rejeté, elle s'exprime par la demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) qui représente la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation microbiologique des matières organiques présentées dans ce milieu pendant 5 jours. Cette pollution agit en diminuant la quantité d'oxygène dans le milieu récepteur (**Morel, 1984**). En effet, il met en danger la structure physique et chimique du sol, diminue le rendement des cultures (**Auliffe et al., 1982**) et réduit la vie aquatique par l'épuisement de l'oxygène dissous (**Yang et al., 1980**).

La DBO du sérum est de 40 000, c'est-à-dire qu'un litre de sérum nécessite 40 g d'oxygène pour que ses matières organiques soient détruites par oxydation microbienne. Dans ces conditions, il est devenu indispensable de le traiter de sorte qu'il ne constitue plus une matière gravement polluante (**FAO, 1995**).

En effet, la dégradation aérobie du lactose et des matières protéiques nécessite de l'oxygène. Celui-ci manque, il crée un milieu anaérobie où les fermentations deviennent plus intenses (**Morel, 1984**).

### **II.6 Modes d'utilisation du lactosérum :**

Les différentes sortes d'utilisation du sérum sont classées en trois catégories :

**II.6.1 : Utilisation directe :** Ceci inclut l'usage de lactosérum dans l'alimentation animale, l'utilisation directe de lactosérum ou de son Perméat comme ingrédient dans les aliments ou les boissons et l'irrigation de la terre par aspersion (**Audic et al., 2003**).

**II.6.2 Stabilisation :** Les techniques utilisées sont la récupération des protéines par ultrafiltration ou par dénaturation thermique, la concentration par osmose inverse et/ou par évaporation, cristallisation du lactose et le séchage (**Audic et al., 2003**).

**II.6.3 Procédés de conversion :** Le lactose est converti en d'autres composés, tels que les acides organiques (acide acétique, propionique, lactique et succinique) obtenus par fermentation microbienne (**Jorge et al., 2006**), lactulose et lactitol obtenus par des réactions chimiques (**Gonzfilez Siso, 1996**).

## II.7 Stockage et conservation du lactosérum :

Si le sérum liquide est un aliment bon marché, un certain nombre de facteurs limitent son utilisation: les couts de transport élevés et l'irrégularité d'approvisionnement.

En ce qui concerne l'irrégularité de l'approvisionnement, la solution la plus simple est bien sur le stockage, or qu'on assiste à une diminution de matière due en particulier à la transformation du lactose en acide lactique. Ce phénomène s'accompagne d'une diminution du pH qui explique en partie la stabilité des coliformes et des streptocoques.

Certains chercheurs ont étudié le problème de stockage du lactosérum ; ils ont démontré qu'un stockage à 4 °C pendant deux semaines ne montre aucune variation notable de la composition chimique. Le développement des fermentations est très limité même dans le cas ou un ensemencement en levains lactiques a été fait.

Par contre à température ambiante (20 °C), les variations de composition sont assez importantes surtout si le sérum a été ensemencé et s'il est doux.

Globalement, le stockage à température ambiante se manifeste par une diminution notable du taux de matière sèche et l'acidité des sérums augmente moins vite quand il est stocké en grande quantités (**Boudier et Luquet, 1989**).

Acide citrique est utilisé par les micro-organismes et sa teneur dans le lactosérum diminue au cours du stockage. Les cendres et l'azote total ne sont pas influencés par la fermentation, mais une légère augmentation de la teneur en azote non protéique ainsi les lipides est observés (**Chaput, 1981**).

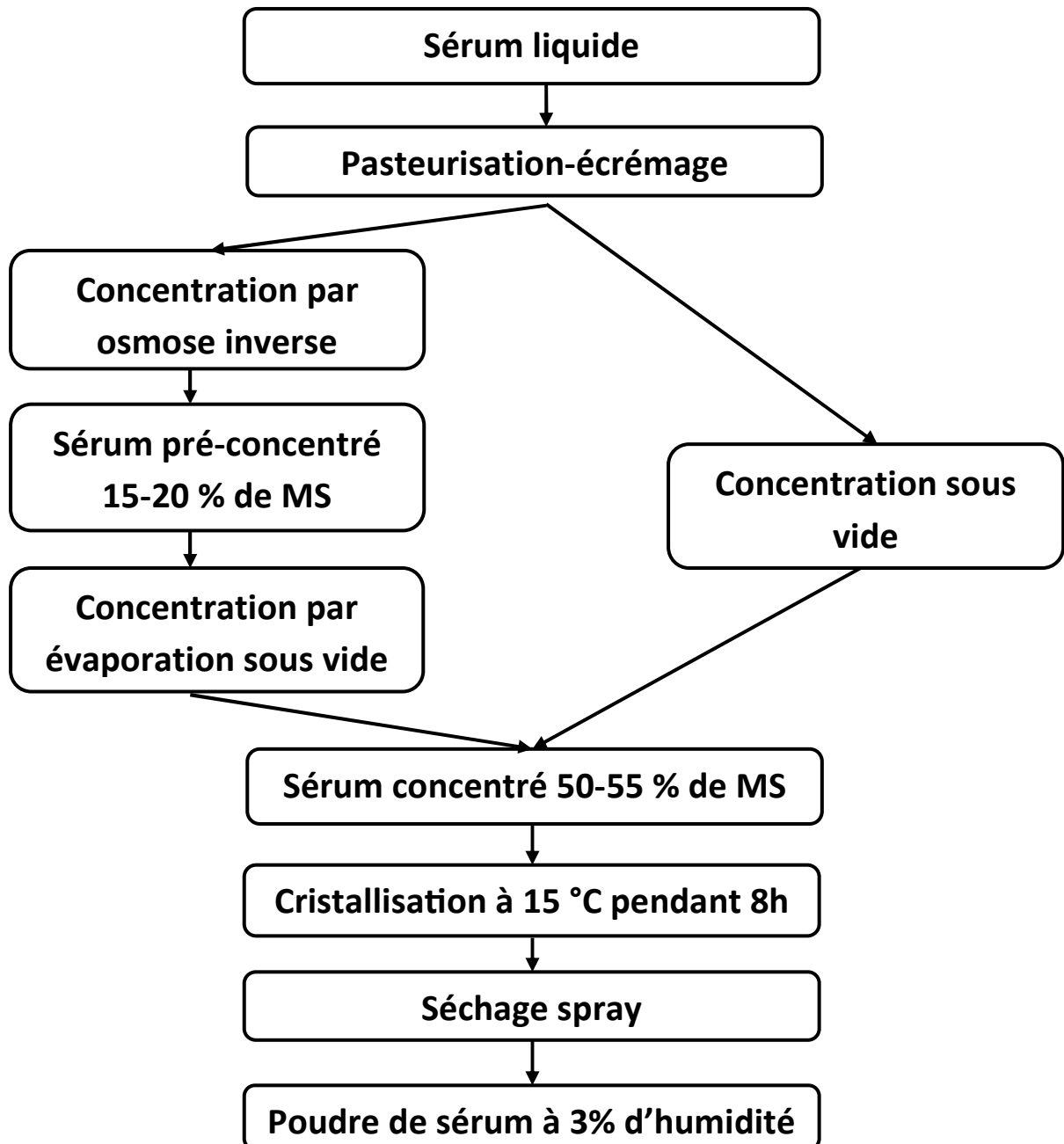
### II.7.1 procédé de séchage appliqué aux lactosérums :

A la recherche de nouvelles solutions pour utilisée le lactosérum au point de vue économique et écologique, tel que la concentration et le séchage pour conserver le produit et les couts de stockage en seront d'autant réduits (**Boudier et Luquet, 1989**), Selon **Schuck et al., (2004)** la transformation des lactosérums liquides en poudre implique la combinaison de plusieurs étapes :

- **Osmose inverse** : Sert à concentrer des composants présents dans les solutions liquides, il ya élimination d'environ de 80% d'eau, on obtenu sérum pré-concentré.
- **Evaporation sous vide** : Permet de concentrer beaucoup plus le sérum, on aura un sérum concentré de 50 à 55% de matière sèche.
- **Cristallisation** : Effectué à 15 °C pendant 8heurs.



- **Séchage par pulvérisation « Spray » ou par atomisation** : pour en faire de la poudre, Le lactosérum concentré est finement pulvérisé à l'aide d'une turbine dans un courant d'air chaud qui sert de vecteur de chaleur et d'humidité (150°C) à l'intérieur d'une tour de séchage. L'évaporation de l'eau se fait par diffusion instantanée, ce qui provoque le refroidissement (vers 90°C) de la poudre et de l'air. Les principales voies technologiques pour l'obtention de la poudre du lactosérum sont éclairées dans la figure 3.



**Figure 3** : voies technologiques permettant l'obtention de la poudre de lactosérum (Linden et al., 1994).

## V.1 résultats et interprétation des analyses microbiologiques.

Il est généralement reconnu qu'on ne peut faire un produit de qualité avec une matière première de mauvaise qualité, ce qui nécessitera un contrôle microbiologique strict.

### V.1.1 Matières premières :

#### V.1.1.1 Poudre de lait (26% de MG) :

La faible teneur en eau de la poudre de lait défavorise la multiplication de la plupart des germes pathogènes, néanmoins, nous avons effectué des recherches de germes qui sont présentés dans le tableau 14 afin de prouver sa conformité.

**Tableau 14:** résultats d'analyses microbiologiques de la poudre de lait (26 %de MG).

Germes recherchés	Résultats	Normes JORA*
FMAT	Absence	Max $2.10^5$ (germes/gr)
CT	Absence	Max 1 (germes/gr)
CF	Absence	Absence
S. aureus	Absence	Absence
CSR	Absence	Absence
Salmonelles	**	Absence
Levures et Moisissures	Absence	50 – 100 UFC

\*Norme JORA N°35 daté du 27 mai 1998.

\*\*Analyses non effectués au niveau de l'unité.

Les résultats montrent l'absence de tous les germes recherchés y compris les germes pathogènes, levures et moisissures.

Selon **Leyral et Vierling (2007)**, l'ingestion des *Clostridium*s sulfite-réducteurs et *S. aureus*, provoquent des toxi-infections alimentaires.

L'absence totale des coliformes fécaux et totaux nous permet de déduire le respect des conditions d'hygiène du personnel lors de son élaboration.

En ce qui concerne les levures et moisissures; leurs absence reflète le respect des conditions d'hygiène, de fabrication, transport et stockage de la poudre de lait.

L'absence de tous les germes nous amène à dire que poudre de lait 26% de MG utilisé comme matière première est de bonne qualité microbiologique, si on la compare aux normes données par **JORA (2007)**, qui selon **Fine et Gervais (2007)**, la faible activité de l'eau caractérisant la poudre de lait inhibe le développement

microbien ainsi le produit est microbiologiquement stable tant qu'il demeure à l'état sec.

#### V.1.1.2 cheddar :

Le cheddar doit être toujours contrôlé avant la préparation de la fonte, nous présentons dans le tableau 15 les résultats des analyses microbiologiques susceptibles d'affecter la qualité du cheddar.

**Tableau 15** : résultats d'analyses microbiologiques du cheddar.

Germes recherchés	Résultats	Normes JORA* (germes/gr)
S. aureus	Absence	10 <sup>2</sup>
CSR	Absence	Absence

\*Norme JORA N°35 daté du 27 mai 1998.

Les résultats des analyses microbiologiques du cheddar résumés dans le tableau montrent l'absence totale des bactéries pathogènes ce qui fait du cheddar un produit sain qui n'atteint pas la santé du consommateur.

L'absence des germes recherchés nous renseigne sur la bonne qualité microbiologique du fromage de la fonte utilisé à l'unité et du respect des conditions de stockage.

#### V.1.1.3 beurre :

Nous avons également vérifié la qualité microbiologique du beurre utilisé en fromagerie, les résultats trouvés sont représentés dans le tableau 16.

**Tableau 16**: résultats d'analyses microbiologiques du beurre.

Germes recherchés	Résultats	Normes JORA* (germes/gr)
FMAT	Absence	<100
CT	Absence	10
CF	Absence	Absence
S. aureus	Absence	10
Salmonelles	**	Absence
Levures et moisissures	Absence	Absence

\*\* Analyses non effectués au niveau de Goumidi.

Les résultats mentionnés dans le tableau ci-dessus montrent une absence totale des germes recherchés dans le beurre, ceci nous amène à dire que le beurre utilisé est de bonne qualité microbiologique et qui est stocké dans des bonnes conditions au niveau de l'unité.

**V.1.1.4 lactosérum :**

Étant donné que le lactosérum est le produit que nous voulons valoriser, il est donc indisponible de contrôler sa qualité microbiologique. Le tableau 17 donne les résultats microbiologiques des deux lactosérums (doux et acide).

**Tableau 17:** Résultats d'analyses microbiologiques des lactosérums.

Germes recherchés	Type du lactosérum		Normes JORA (germes/gr)
	Lactosérum acide	Lactosérum doux	
FAMT à 30 °C	Abs	Abs	$2 \times 10^5$
CT	Abs	Abs	25
CF	Abs	Abs	3
S. aureus	Abs	Abs	Absence
CSR 46 °C	Abs	Abs	10
Salmonelles	**	**	Absence

\*\* Analyses non effectués au niveau de Goumidi

Les résultats mentionnés dans le tableau montrent l'absence totale de tous les germes pathogènes, de contaminations et d'altérations recherchés dans les deux lactosérums, cela est expliqué par le respect des conditions aseptiques au cours de prélèvement et de transport des échantillons.

Enfin, nous pouvons conclure que les deux types du lactosérum issues de l'unité de béni Tamou présentent les caractéristiques de sérum de bonne qualité microbiologique, hygiénique et sanitaire. Leurs utilisations dans le fromage fondu sont donc envisageables, à condition que le fromage fabriqué soit stocké, comme toute autre fromage, en respectant les bonnes conditions de conservation.

**V.1.1.5 Eau de procès:**

L'eau intervient dans notre alimentation, dont elle peut être utilisée en tant qu'un aliment de base ou comme ingrédient, de ce fait l'eau consommée doit satisfaire des critères de potabilité assurant la protection du consommateur notamment les critères microbiologiques.

Cependant l'eau est considérée comme un vecteur possible des germes dangereux; provoquant des maladies à transmission hydrique.

Les résultats des analyses microbiologiques de l'eau de processus sont représentés dans le tableau 18.

**Tableau 18** : Résultats d'analyses microbiologiques de l'eau de processus.

Germes recherchés	Résultats	Normes JORA* (germes/gr)
FAMT (ml)	Absence	à 37 °C < 20 à 22 °C < 10 <sup>2</sup>
CT (100 ml)	Absence	< 10
CF (100 ml)	Absence	Absence
Streptocoque fécaux (50ml)	Absence	Absence
CSR (ml)	Absence	≤ 5

\*Norme JORA N°35 daté du 27 mai 1998.

D'après nos résultats, nous remarquons que l'eau utilisée pour la fabrication du fromage fondu pasteurisé ne contient pas de germes pathogènes tels que : Streptocoque fécaux, coliformes fécaux et totaux, les anaérobies sulfite-réducteurs ainsi que la flore banale (germes totaux).

Donc, les résultats des analyses microbiologiques affirment que l'eau utilisée dans la fabrication du fromage fondu répond totalement aux normes du **JORA (1998)** et donc aux critères d'une eau potable.

#### V.1.2 Produit fini:

L'analyse bactériologique du produit fini doit être considérée comme un test de vérification d'hygiène de fabrication, il est essentiel de maîtriser les paramètres qui agissent sur la contamination du produit fini, qui peut être due à la qualité des matières premières, ou au développement des micro-organismes au cours de fabrication.

Le tableau 19 donne les résultats d'analyses microbiologiques des fromages fondus incorporés de deux types de lactosérum à différents pourcentages.

**Tableau 19** : Résultats d'analyses microbiologiques des fromages fondus à base de lactosérum doux et acide à différents pourcentages (0 %, 40 %, 70%, 100%).

Echantillons	Témoin	Lactosérum acide			Lactosérum doux		
	E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	E <sub>5</sub>	E <sub>6</sub>
Germes recherchés	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
GMAT	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
CT	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
CF	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
S. aureus	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
CSR	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
Levures	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
Moisissures	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs

On constate dans le tableau ci-dessus, l'absence totale de tous les germes recherchés dans les différents échantillons, cela témoigne de :

- La bonne qualité des matières premières.
- L'efficacité du traitement thermique appliqué.
- Respect des barèmes de la cuisson (120°C/ 15 mn).
- L'utilisation des sels de fonte caractérisée par un effet bactériostatique.
- Les bonnes conditions du prélèvement et d'analyses.

**Leveau et Bouix (1993)** soulignent que les levures et moisissures ne sont pas thermorésistantes, leur destruction commence dès 52 °C.

Enfin, ces résultats permettent de dire que les fromages fondus à base de lactosérum acide et doux à différents pourcentages (0%, 40 %, 70 %, 100%) sont d'une bonne qualité alimentaire et hygiénique.

## V.2 Résultats et interprétation des analyses physico-chimiques.

### V.2.1 Matières premières :

#### V.2.1.1 Poudre de lait:

Les analyses physico-chimiques de la poudre de lait sont mentionnées dans le tableau 20.

**Tableau 20:** Résultats physico-chimiques de la poudre de lait (26% de MG) comparativement aux normes **AFNOR (1986)**.

Paramètres	Ech	Normes AFNOR
MG %	26±0,28	26
EST %	96,4±0,18	>96
H %	3,6±0,18	<4

Les résultats relatifs aux analyses physico-chimiques de la poudre de lait montrent que : sa teneur en MG répond aux normes AFNOR, elle est de 26%; ce qui nous renseigne d'une part sur le respect des conditions de fabrication, de transport et de stockage, et d'autre part elle prévoit les risques d'auto-oxydation rapide en évitant la prolifération de la flore lipolytique.

Pour ce qui est de l'humidité, AFNOR la fixe à une valeur inférieure à 4°C car c'est un paramètre important durant le stockage. En effet, au delà de cette valeur ; on observe un début de cristallisation du lactose accompagné d'une série d'altération sur le goût, l'odeur, l'acidité provoqués par le développement de micro-organismes, ce qui n'est pas le cas pour nous résultats. L'humidité est de 3,6% est parfaitement en accord avec cette norme.

L'EST quand à lui, qui est de 96,40; il évolue toujours dans le sens inverse de l'humidité et qui reste conforme aux normes AFNOR.

D'après les résultats obtenus on conclut que les conditions de stockages de la poudre de lait sont bien respecté.

#### **V.2.1.2 Cheddar :**

Les analyses physico-chimiques du cheddar sont mentionnées dans le tableau 21.

**Tableau 21:** Résultats physico-chimiques du cheddar comparativement aux normes **AFNOR (1986)**.

Paramètres	Ech	Normes AFNOR
MG %	31±0,28	>30,5
EST %	64,37±0,13	> 61
H %	35,63±0,13	< 39

La teneur en MG du cheddar utilisé à l'unité de Goumidi est de 31% conforme aux normes AFNOR.

La norme AFNOR fixe l'extrait sec total à 61% au minimum ; nous remarquons que notre résultat est de 64,37 ce qui est en accord avec cette norme.

D'après les résultats obtenus on conclut que les conditions de stockages du cheddar sont bien respectées.

### V.2.1.3 Beurre :

Les analyses physico-chimiques du beurre sont mentionnées dans le tableau 22.

**Tableau 22:** Résultats physico-chimiques du beurre comparés aux normes AFNOR.

Paramètres	Ech	Normes AFNOR
MG %	81±0,85	> 80
EST %	83,12±0,30	< 84
H %	16,88±0,30	>16

Le taux de MG du beurre est de 81%, la teneur en EST est de 83,12 % et la teneur en humidité est de 16,88% sont conformes aux normes AFNOR, qui les fixent respectivement à 80, 84 et 16.

Globalement, on peut dire que la poudre de lait, le cheddar et le beurre utilisés au niveau de l'unité pour la fabrication du fromage fondu est de bonne qualité physico-chimique, ceci reflète le respect des conditions de transport et de stockage par le personnel de la fromagerie.

### V.2.1.4 le lactosérum :

Du fait que notre étude est basée sur le lactosérum, il nous a été primordial d'évaluer sa qualité physico-chimique afin de confirmer sa richesse en éléments nutritifs notamment le lactose et les protéines.

Les résultats d'analyses physico-chimiques des différents lactosérums sont mentionnés dans le tableau 23.



**Tableau 23:** Résultats des analyses physico-chimiques des lactosérums.

Type du lactosérum Paramètres	Lactosérum doux (pâte molle)	Lactosérum acide (pâte fraîche)
Densité *	1,035±0,002	1,030±0,002
pH *	6,35±0,06	4,58±0,03
Acidité $\mathcal{D}$ *	14	55
MG (%) *	0,05	0,04
Matière sèche (%) *	8,37	6,74
Humidité (%) *	91,63	93,26
Lactose (%) *	6,2	4,1
Protéines(%) *	0,80	0,80
Sel (%) *	0,22±0,03	0,13±0,02

\*Analyses effectuées au niveau du laboratoire de recherche à béni Tamou.

D'après ces résultats, nous constatons que :

Le pH du lactosérum doux est égal à 6,35 ; il répond donc aux critères de ce lactosérum qui varie selon **Adrian et Potus (1995)** entre 5,2 et 6,7, le pH du lactosérum acide est égal à 4,58, il répond aussi aux critères de ce dernier qui varie selon **Boudier et Luquet (1981)** entre 3,8 et 4,6.

La teneur en extrait sec du lactosérum acide est de 6,74 % qui dépasse les résultats rapportés par **Bouazri (2012)**, qui varie entre 5,94 et 6,59% ce qui s'est traduit par une forte densité qui est de 1,030.

La teneur en extrait sec du lactosérum doux est de 8,37% qui est légèrement inférieurs aux résultats rapportés par **Hadj-Idris (2012)**, qui est de 8,55%.

La teneur élevée en matière sèche permettra d'enrichir le fromage lors de l'incorporation du lactosérum.

La plus grande partie du lactose du lait se trouve dans le lactosérum, il représente 4,1% dans le lactosérum acide qui est légèrement inférieur à la valeur apporté par **Sottiez (1990)** avec 75% en MS ( 4,875 % en MH), et 6,2 % dans le lactosérum doux qui est légèrement supérieur à la valeur rapportée par **Hadj-Idris (2012)** qui est de 70 % en MS( 5,95% en MH), ce ci permettra de confirmer une meilleur tartinabilité au produit fini (**Chambre et Daurelles, 2006**).

Cependant le taux de protéine est de 0,80 % dans le lactosérum issu du camembert ce qui est légèrement inférieur à la valeur rapportée par **Hadj-Idris (2012)** avec 0,85%. Et de 0,80 % dans le lactosérum acide qui conforme aux résultats apportée par **Bouazri (2012)** qui varie entre 0,61 et 1,01 %.

La teneur en protéines est liée à de nombreux facteurs (variations de la composition initiale du lait, du procédé de séparation du sérum ...). Néanmoins cette teneur présentera un grand intérêt dans la préparation ultérieure du fromage fondu.

La teneur en MG du lactosérum acide est de 0,04%, ce qui est conforme aux valeurs rapportées par **Bouazri (2012)** qui varie entre 0,01 et 0,07 %, et de 0,05 % dans le lactosérum doux qui est inférieur à la valeur rapportée par **Hadj-Idris (2012)** avec 0,08%.

Plus la teneur en MG est faible plus le lactosérum est de bonne qualité organoleptique et ne causera pas des problèmes d'oxydation au cours du stockage (**Anonyme, 1980**).

Cependant la teneur de 0,22% en chlorure de sodium est relativement élevée pour le lactosérum doux comparé à celle rapportée par **Sottiez (1990)** avec 2,5% en MS (0,162 % en MH), cela explique qu'une grande quantité du sel ajouté au cours du salage du camembert à été transféré au lactosérum au cours de l'égouttage.

Le lactosérum acide contient 0,13% du chlorure de sodium qui est une valeur inférieure à celle rapportée par **Sottiez (1990)** avec 2,5% en MS (0,15 % en MH).

Plus la teneur du lactosérum en chlorure est élevée plus le fromage dont il est incorporé sera salé, cela nécessitera de diminuer la quantité du sel ajouté au cours de la fabrication du fromage.

D'après ces résultats trouvées, on peut dire que le lactosérum issu de l'unité de Béni Tamou est une véritable matière première alimentaire susceptible d'être utilisé dans l'élaboration de nouveaux produits alimentaires et que la comparaison des deux lactosérums fait ressortir une similitude dans teneur en matière grasse, en protéines et une différence dans le pH, la teneur en lactose et en matière sèche.

#### **V.2.1.5 l'eau de procès :**

L'eau utilisée pour la fabrication devait être d'une qualité alimentaire avec une faible teneur en contaminants chimiques, pour cette raison il à été nécessaire de contrôler sa qualité physico-chimique, les résultats obtenus sont représentés dans le tableau 24.

**Tableau 24** : Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de procès.

Paramètres	Echantillon	Normes JORA N°35. 1998
pH	7±0,43	6,5 – 8,5
TA (°F)	0	0
TAC (°F)	22±2,12	Max 50
TH (°F)	27±1,07	Max 15
Chlorure Cl <sup>-</sup> mg/ l	15,025±2,51	Max 200
Chlore libre Cl <sub>2</sub> mg/ l	2	2 à 3

D'après les résultats obtenus on constate que :

La valeur du pH répond parfaitement aux normes JORA, avec une valeur de 7.

Il apparait que le titre alcalimétrique simple (TA) correspond à 0 °F; ce qui est parfaitement conformes aux normes JORA, Cela se traduit par une absence de carbonates et d'alcalins libres dans l'eau.

La valeur du titre alcalimétrique complet (TAC) semble inférieure à la norme, il est de 22 °F; ce qui indique une faible teneur en bicarbonates. En effet, la précipitation des sels de CaCO<sub>3</sub> contenus dans l'eau pourrait former le tartre qui implique souvent des problèmes tels que :

- Diminution du débit de l'eau.
- Les dépôts formés peuvent fixer les souillures et servir de base au développement des micro-organismes.
- Rétrécissement progressif des canalisateurs et des buses d'injections.
- Corrosion des parties métalliques.

La valeur de TH est excessivement élevée, il dépasse la norme AFNOR, cela explique le taux élevé des ions Mg<sup>++</sup> et Ca<sup>++</sup> dans cette eau, Ce ci nous permet de classer cette eau dans les eaux dures selon les normes de **l'OMS (1986)**.

Le taux de chlorures se situe dans la norme, il est de 15,025 confirme l'efficacité de déchloration effectué lors du traitement des eaux de l'unité.

Le taux de chlore se situe aussi dans l'intervalle de la norme, il est de 2.

Une teneur élevée en chlore dans l'eau de procès, est un risque pour la santé du consommateur et pour la technologie agroalimentaire, car par réaction avec d'autres composés organoleptiques solubles dans l'eau, il forme des substances chlorées dite organochlorés dangereuses pour la santé (**Bliefert et Perraud, 2001**).

En terme général, l'eau utilisée pour les préparations laitières à l'unité Goumidi reste de bonne qualité alimentaire.

### V.2.2 Produit fini :

Les résultats des analyses physico-chimiques des fromages fondus incorporés des deux types de lactosérum à différents pourcentage sont mentionnés dans le tableau suivant.

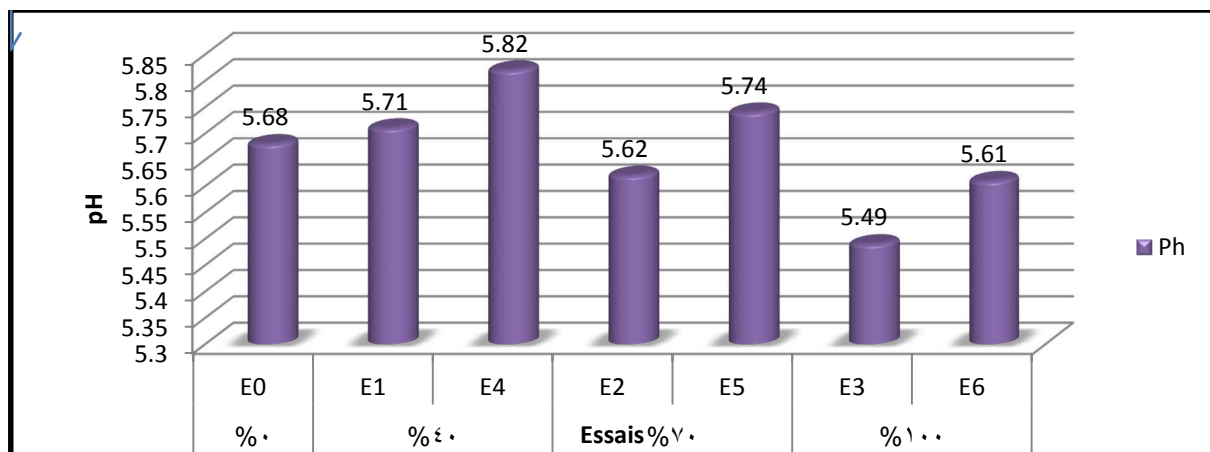
**Tableau 25:** Résultats des analyses physico-chimiques des fromages fondus incorporés de lactosérum.

Echantillon Paramètres	Témoin	Lactosérum acide			Lactosérum doux			NA
	E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	E <sub>5</sub>	E <sub>6</sub>	5939
Ph	5,68 ±0,03	5,71 ±0,04	5,62 ±0,03	<u>5,49</u> ±0,01	5,82 ±0,04	5,74 ±0,01	5,61 ±0,01	5,6-5,85
MG(%)	16,55 ±0,07	16,55 ±0,07	16,65 ±0,07	16,6 ±0,14	16,55 ±0,07	16,55 ±0,07	16,65 ±0,07	2,9- 29,25
EST (%)	40 ±0,21	40,14 ±0,14	41,52 ±0,25	42,81 ±0,27	41,43 ±0,18	42,77 ±0,13	43,61 ±0,17	35 min
H°(%)	60 ±0,21	59,86 ±0,14	58,48 ±0,25	57,19 ±0,27	58,57 ±0,18	57,23 ±0,13	56,38 ±0,17	10 - 65
G/S (%)	41,37 ±0,04	41,22 ±0,04	40,10 ±0,08	38,77 ±0,08	<b>39,95</b> ±0,01	38,69 ±0,06	38,17 ±0,01	40-42
Protéines g/100g	10	10,26	10,76	11,13	10,33	10,72	11,27	ND

Pour mieux mettre en évidence les différences entre les 7 fromages, on va exprimer les valeurs de chaque paramètre du tableau sous forme d'histogramme.

#### V.2.2.1 pH :

Les variations du pH sont représentées dans l'histogramme suivant :



**Figure 06:** Variation du pH en fonction du type et de la quantité de lactosérum incorporée.

D'après les résultats du pH des différents fromages fabriqués on constate que :

Le pH de  $E_1$ ,  $E_4$  et de  $E_5$  est supérieur au pH du fromage témoin cela est expliqué par le pouvoir tampon des sels de fonte de maintenir le pH du produit à la bonne valeur de 5,4 - 5,9 selon **Mahaut et al., (2000)**.

Le pH de  $E_3$  est inférieure à la norme algérienne cela est peu être du au taux d'incorporation élevé en lactosérum acide, on conclue par la que le maintien du pH par les sels de fonte est en fonction du type et du taux d'incorporation du lactosérum.

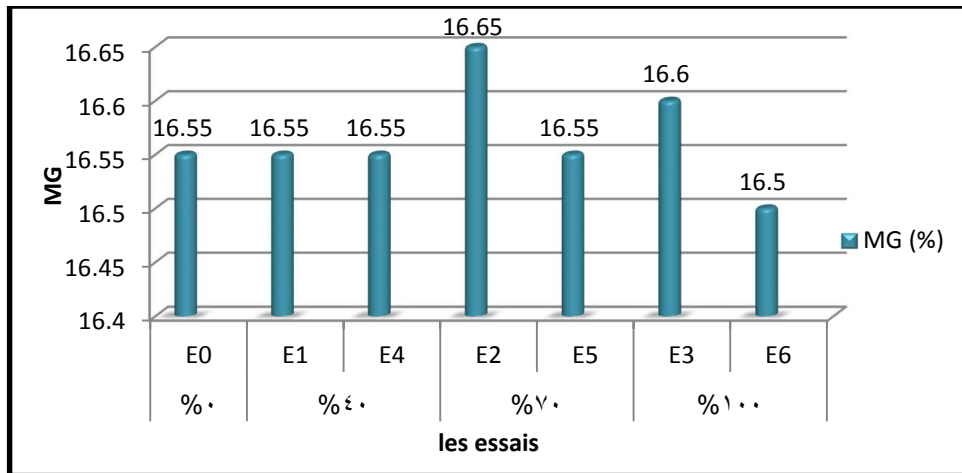
Pour le même taux d'incorporation des deux type du lactosérum, le pH du lactosérum doux est toujours légèrement supérieur au pH du lactosérum acide cela est du à l'acidité de ce dernier.

Au fur et à mesure de l'augmentation du taux d'incorporation du lactosérum, le pH du fromage diminue légèrement, mais qui reste non significatif tant que les valeurs sont comprises entre 5,2 et 5,9 qui confèrent selon **Boutonnier (2000)** à la pate une homogénéité et une bonne tartinabilité, ce qui été le cas pour nos fromages.

L'analyse de la variance à révèle un effet hautement significatif ( $P=0,0003 < 0,01$ ) de l'incorporation du lactosérum à différentes pourcentages pour la valeur du pH. (Annexe 15).

#### V.2.2.2 MG :

Les variations de la MG des différents fromages fabriqués sont représentées dans histogramme suivant :



**Figure 07:** Variation du taux de MG en fonction du type et de la quantité de lactosérum incorporée.

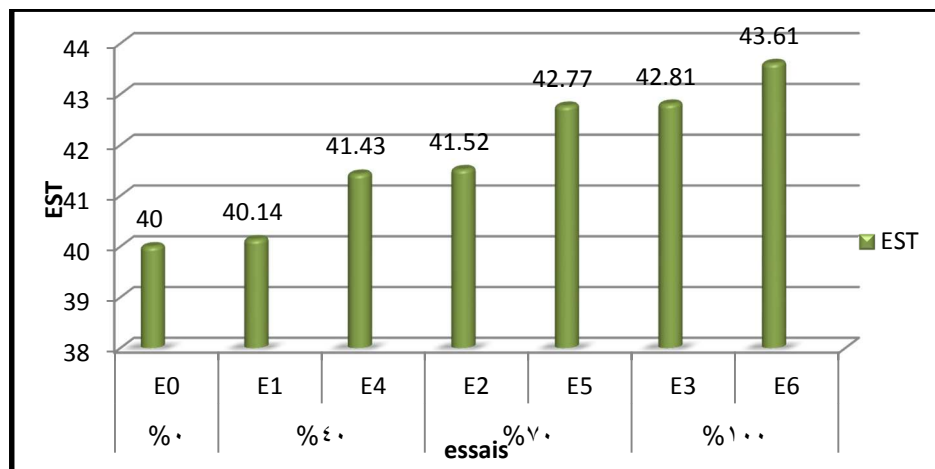
Le taux de MG dans les différents essais est presque le même, cela est dû à la petite quantité de MG contenue dans les deux lactosérums qui est de 0,04% et 0,05%.

D'autant plus on note une légère augmentation du taux de la MG des fromages incorporés du sérum par-rapport à la MG du fromage témoin dû à une mauvaise manipulation.

L'analyse de la variance a révélé un effet non significatif ( $P=0,7035 > 0,05$ ) de l'incorporation du lactosérum à différents pourcentages pour la teneur en MG. (Annexe 15).

### V.2.2.3 EST :

Les variations d'EST des différents fromages fabriqués sont représentées dans histogramme suivant :



**Figure 08:** Variation du taux d'EST en fonction du type et de la quantité de lactosérum incorporée.

Le taux d'EST augmente proportionnellement avec le taux du lactosérum incorporé, cette augmentation est plus marquée dans les fromages incorporés du lactosérum doux vu sa richesse en matière sèche.

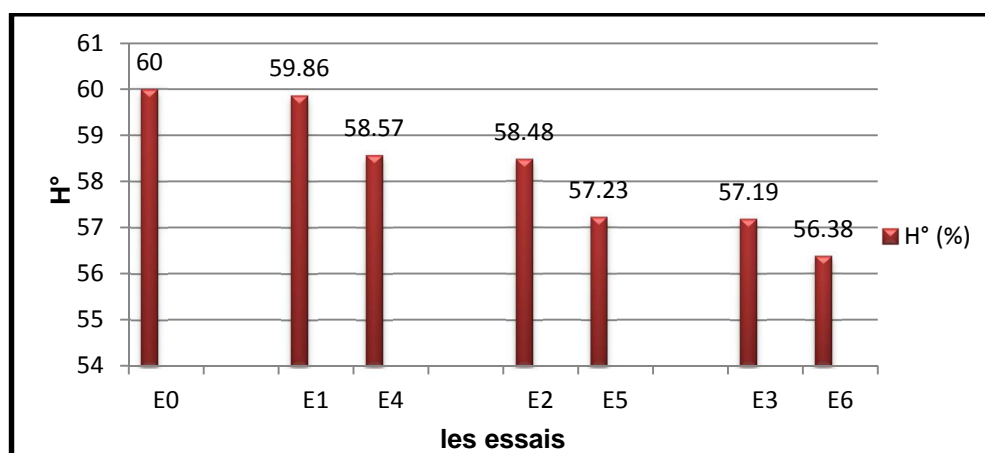
La teneur en EST des différents fromages incorporés du lactosérum est supérieure à celle du fromage témoin cela est expliqué par la richesse du lactosérum en MS.

Pour le même taux d'incorporation des deux types de lactosérum, le EST des fromages incorporés du lactosérum acide est toujours inférieur à la teneur en EST des fromages incorporés du lactosérum doux cela est dû à la différence de MS de ces derniers qui sont de : 6,74% et 8,37%.

L'analyse de la variance a révélé un effet très hautement significatif ( $P=0,0000$ ) de l'incorporation du lactosérum à différents pourcentages pour la teneur en EST. (Annexe 15).

#### V.2.2.4 Humidité :

Les variations d'humidité des différents fromages fabriqués sont représentées dans le histogramme suivant :



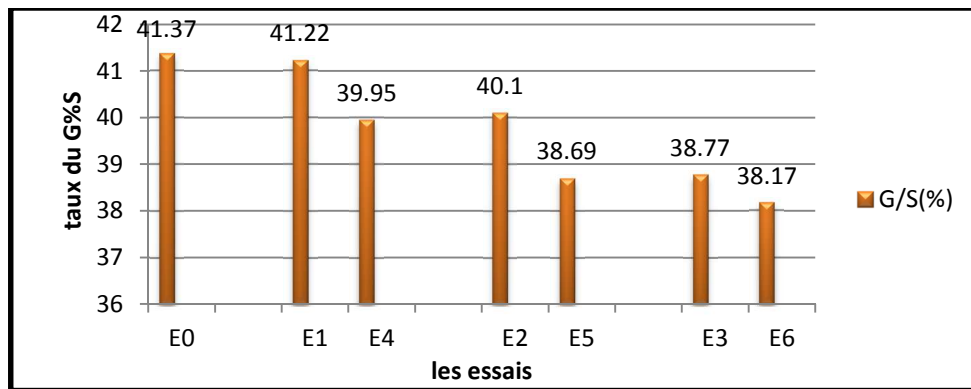
**Figure 09:** Variation du taux d'humidité en fonction du type et de la quantité de lactosérum incorporée.

Le taux d'Humidité est inversement proportionnel au taux d'EST.

L'analyse de la variance a révélé un effet très hautement significatif ( $P=0,0000$ ) de l'incorporation du lactosérum à différents pourcentages pour la teneur en Humidité. (Annexe 15).

#### V.2.2.4 G/S :

Les variations de G/S des différents fromages fabriqués sont représentées dans le histogramme suivant :



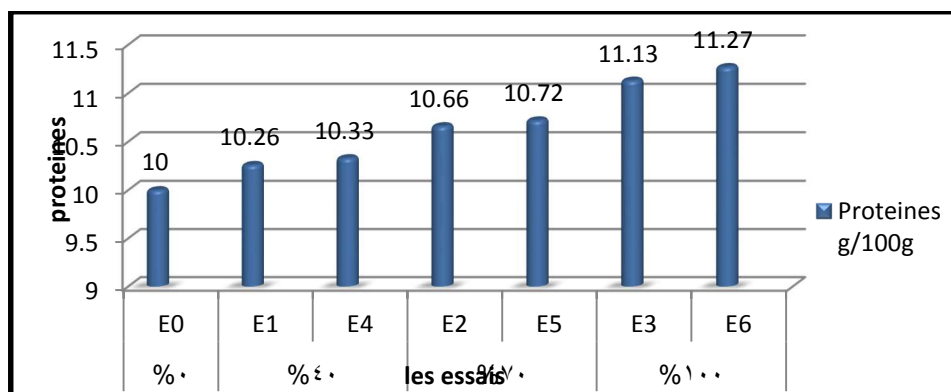
**Figure 10:** Variation de G/S en fonction du type et de la quantité de lactosérum incorporée.

Le rapport G/S permet d'apprécier d'une façon précise la teneur en MG dans 100g d'EST, il est important de le mentionner car il permet d'exprimer une large gamme de texture. Dans notre cas on constate que les rapports G/S diminuent sensiblement au fur et à mesure en fonction des taux d'incorporation du lactosérum, ceci est dû à la matière sèche du sérum incorporé qui augmente relativement, cela signifie que le taux de G/S dans le fromage fabriqué est inversement proportionnel à la quantité de EST du lactosérum incorporé puisque le taux de MG est presque stable dans tous les essais.

L'analyse de la variance a révélé un effet très hautement significatif ( $P=0,0000$ ) de l'incorporation du lactosérum à différents pourcentages pour la teneur en G/S. (Annexe 15).

#### V.2.2.5 Protéines :

Les variations du taux des protéines des différents essais sont représentées dans le histogramme suivant :



**Figure 11:** Variation du taux des protéines en fonction du type et de la quantité de lactosérum incorporée.



Le taux des protéines des différents fromages incorporés du lactosérum est supérieur à celui du fromage témoin cela est expliqué par richesse du lactosérum en protéines.

Les résultats obtenues nous montrent une augmentation contenu en fonction de la quantité du sérum ajoutée cela est expliqué par le taux des protéines élevé dans le lactosérum.

Cette augmentation est moins marqué dans les fromages incorporé du lactosérum acide vu son pH bas par-rapport aux fromages des lactosérums doux qui dénature légèrement les protéines.

Le taux élevé des protéines enrichi le fromage et augmente sa valeur nutritionnelle surtout en acides aminés essentiels tels que la thréonine, leucine, lysine. Et d'un point de vu texture, cet enrichissement en protéines confirme d'avantage l'homogénéité des fromages.

Enfin, ces résultats montrent l'intérêt de l'incorporation du lactosérum au fromage fondu de point de vu nutritionnel mais aussi organoleptique.

### **V.3 suivie de la stabilité des fromages au cours du stockage :**

La qualité d'un fromage n'est pas seulement évaluée sur la base de sa composition intrinsèque au moment de sa fabrication ou à la sortie de la fromagerie, mais aussi sur sa capacité à être stable dans sa composition et ses qualités organoleptiques pendant une certaine durée de conservation à basse température de + 4°C.

En outre, conservé un fromage, ce n'est pas seulement le mettre au frais et le consommer avant la date limite de consommation, c'est aussi favoriser le développement de ses arômes et de sa texture, pour qu'il soit encore meilleur au moment de la dégustation.

Dans notre cas, on à procédé à la réalisation d'un suivi de la stabilité de la qualité physico-chimique et microbiologique pendant 21 jours.

#### **V.3.1 Etude bactériologique des sept fromages au cours du stockage à 4°C :**

L'évolution bactériologique est très importante pour l'estimation aussi bien de la qualité des fromages obtenus, mais aussi de leurs conditions de conservation.

Le tableau 26 donne les résultats de l'évolution bactériologique des fromages fabriqués durant la conservation.

**Tableau 26** : Evolution bactériologique des fromages lors de la conservation.

Analyses	Fromages							Durée de conservation
	Témoin	Lactosérum acide			Lactosérum doux			
	E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	E <sub>5</sub>	E <sub>6</sub>	
GMAT	Abs	145	109	136	154	145	163	J+7
CT	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	
CF	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	
S. aureus	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	
CSR	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	
Levures	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	
Moisissures	Abs	Abs	18	9	Abs	18	23	
GMAT	Abs	136	127	118	160	163	172	J+14
CT	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	
CF	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	
S. aureus	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	
CSR	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	
Levures	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	
Moisissures	Abs	Abs	18	27	Abs	27	27	
GMAT	Abs	163	129	120	190	187	210	J+21
CT	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	
CF	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	
S. aureus	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	
CSR	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	
Levures	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	
Moisissures	Abs	Abs	16	32	19	36	55	

Après 21 jours de stockage à +4°C, et d'après les résultats représentés dans le tableau 26, on note : l'absence totale de tous les germes dans le fromage témoin, cela est expliqué par le bon conditionnement de ce dernier.

On note la présence des germes totaux et les moisissures dans nos 6 autres fromages lors du stockage, cela est dû au non étanchéité de l'emballage utilisé, mais qui reste modéré grâce à l'effet bactériostatique des sels de fonte qui continuent à agir lors du stockage.

La flore développée lors du stockage des fromages est probablement une flore psychotrope qui se développe à basse température. Cette flore est considérée banale puisque les altérations qui peuvent survenir vont se traduire selon **Berger et Lenoir (2006)** par des défauts de textures (gonflement) ou de saveur (amertume, gout de rance).

Nous remarquons également que les moisissures ont tendance à augmenter progressivement chaque semaine surtout dans E<sub>4</sub>, E<sub>5</sub>, E<sub>6</sub>, grâce à la formation de l'acide lactique, dont la multiplication reste toujours modérée. Cette flore contribue à limiter la durée de conservation du produit, car au-delà d'une certaine période de conservation ; elles peuvent provoquer plusieurs altérations qui se traduisent soit par un gonflement, soit par l'apparition d'odeurs, de gout ou de couleur anormaux (**Mahaut et al., 2000**).

On note l'absence de tous les germes indicateurs de contamination et pathogènes grâce à l'effet bactériostatique des sels de fonte qui continuent à agir lors du stockage et au pH qui est considéré comme un paramètre très important dans la conservation du produit puisque il empêche le développement des micro-organismes constituant la flore interne et superficielle.

D'autre part, l'acide lactique qui se produit durant la croissance des bactéries lactiques cause une acidification et peut avoir des effets antimicrobiens au sein des produits fermentés dans lesquels il s'accumule.

L'absence totale des micro-organismes pathogènes permet de déduire la salubrité des fromages fabriqués à base de lactosérum, ce qui ne va pas présenter un risque pour la santé du consommateur s'il consomme ces fromages après 21 jours de conservation.

D'après les résultats du tableau ci-dessus, et après 21 jours de conservation à 4°C, on soulève la présence des germes banaux et l'absence des germes d'altération et germes pathogènes.

### **V.3.2 Résultats de la stabilité physico-chimique :**

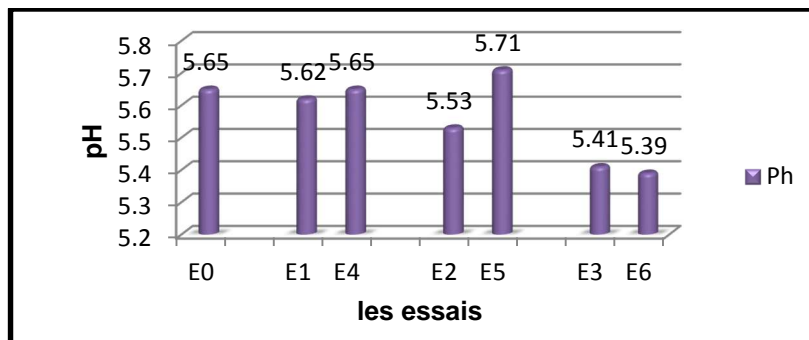
#### **V.3.2.1 pH :**

Le tableau suivant montre l'évolution du pH des sept fromages lors de la conservation à + 4 °C sur une durée de 21 jours.

**Tableau 27:** évolution du pH au cours du stockage des produits fini à 4°C pendant 21 jours.

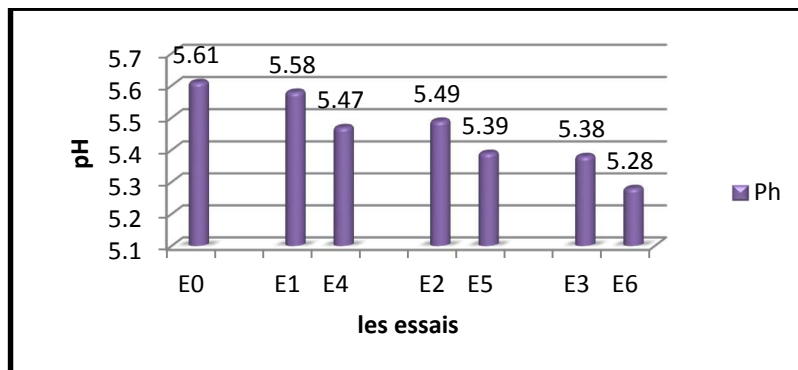
Durée		J+0	J+7	J+14	J+21
Fromage					
Témoin	E <sub>0</sub>	5,68±0,03	5,65±0,04	5,61±0,03	5,58±0,04
Lactosérum acide	E <sub>1</sub>	5,71±0,04	5,62±0,03	5,58±0,04	5,54±0,03
	E <sub>2</sub>	5,62±0,03	5,53±0,06	5,49±0,01	5,47±0,01
	E <sub>3</sub>	5,49±0,01	5,41±0,04	5,38±0,03	5,36±0,03
Lactosérum doux	E <sub>4</sub>	5,82±0,04	5,65±0,08	5,47±0,06	5,32±0,06
	E <sub>5</sub>	5,74±0,01	5,71±0,01	5,39±0,07	5,22±0,03
	E <sub>6</sub>	5,61±0,01	5,39±0,06	5,28±0,04	5,12±0,04

Les évolutions du pH après 7 jours de stockage à +4°C sont illustrées sur les histogrammes suivant :



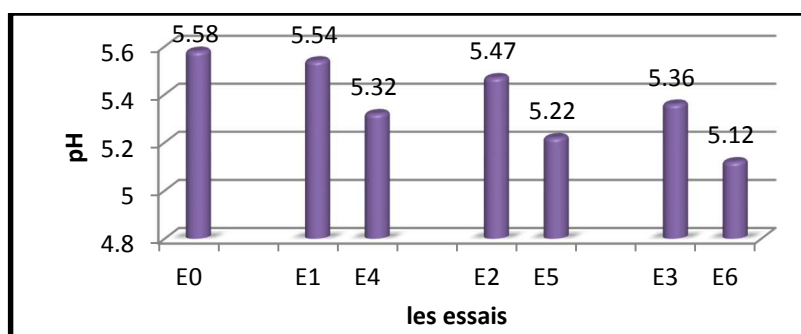
**Figure 12 :** Evolution du pH des sept fromages après une semaine de stockage à 4°C.

Les évolutions du pH après 14 jours de stockage à +4°C sont illustrées sur les histogrammes suivant :



**Figure 13:** Variation du pH des sept fromages après 14 jours de stockage à 4°C.

Les variations du pH après 21 jours de stockage à +4°C sont illustrées sur les histogrammes suivant :



**Figure 14:** Variation du pH des sept fromages après 21 jours de stockage à 4°C.

Ces résultats montrent des petits changements du pH dans les fromages incorporé du lactosérum acide pendant les 21 jours de conservation à +4°C, ceci peut être expliqué par le pouvoir tampon des sels de fonte qui contenue à agir pendant le stockage.

En revanche, la diminution contenue du pH est clairement constaté dans le fromage fondu incorporé du lactosérum doux, vu sa richesse en lactose.

Cette diminution est probablement due à la présence d'une flore acidifiante qui est selon **St-Gelais et Tirard-Collet (2002)**, responsable de la transformation graduelle du lactose en acide lactique ce qui fait abaisser le pH.

Selon **Vignola (2002)**, la transformation graduelle du lactose en acide lactique fait abaisser le pH, donc la légère diminution du pH observée est peut être du aussi à la transformation du lactose en acide lactique.

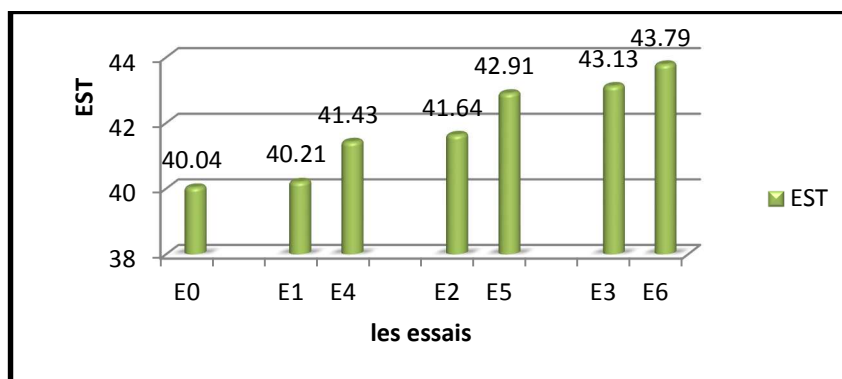
Il faut aussi insister sur le pouvoir bactériostatique des sels de fonte qui agissent également sur la flore acidifiante, raison pour laquelle les variations du pH restent négligeables.

### V.3.2.2 l'extrait sec total :

**Tableau 28:** Evolution de EST pendant le stockage des sept fromages à + 4°C.

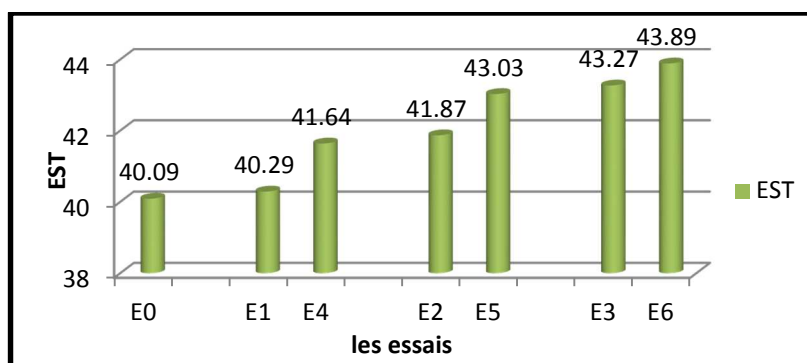
Fromage \ Durée		J	J+7	J+14	J+21
Témoin	E <sub>0</sub>	40±0,21	40,04±0,15	40,09±0,2	40,14±0,25
Lactosérum acide	E <sub>1</sub>	40,14±0,14	40,21±0,10	40,29±0,3	40,34±0,26
	E <sub>2</sub>	41,52±0,25	41,64±0,26	41,87±0,11	42,05±0,3
	E <sub>3</sub>	42,81±0,27	43,13±0,3	43,27±0,18	43,33±0,05
Lactosérum doux	E <sub>4</sub>	41,43±0,18	41,57±0,26	41,64±0,18	41,79±0,13
	E <sub>5</sub>	42,77±0,13	42,91±0,2	43,03±0,19	43,24±0,17
	E <sub>6</sub>	43,61±0,17	43,79±0,26	43,89±0,11	43,96±0,23

Les Variations de l'EST après 7 jours de stockage à +4°C sont illustrées sur l'histogramme suivant :



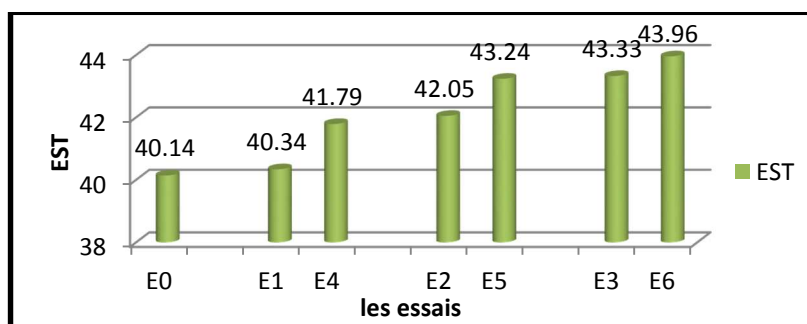
**Figure 15:** Variation d'EST des sept fromages après une semaine de stockage à 4°C.

Les variations d'EST après 14 jours de stockage à +4°C sont illustrées sur l'histogramme suivant :



**Figure 16:** Variation d'EST des sept fromages après 14 jours de stockage à 4°C.

Les Variations d'EST après 21 jours de stockage à +4°C sont illustrées sur l'histogramme suivant :



**Figure 17:** Variation d'EST des sept fromages après 21 jours de stockage à 4°C.

Ces figures mettent en évidence l'augmentation de l'extrait sec total des 7 fromages pendant 21 jours, cependant on remarque, que cette augmentation est plus importante dans E2 et E3 ou l'EST augmente de 0,23% pendant 2<sup>ème</sup> semaine et 0,32% pendant 1<sup>ème</sup> semaine contre 0,05% pour le fromage témoin. Ceci est

probablement à la formation, grâce aux liaisons hydrogènes, hydrophiles, ionique établies, d'un réseau protéique qui va se structurer au fur et à mesure lors du stockage pour former un gel qui va empoissonner fortement la MG émulsionnée ainsi que l'eau d'hydratation (**Chambre et Daurelles, 2006**).

On remarque une légère augmentation du EST dans le fromage incorporé du lactosérum doux par-rapport à celui du lactosérum acide, cela est dû au début de transformation du lactose en acide lactique (**Chaput, 1981**).

D'après les résultats, les fromages conservés à 4°C, présentent une augmentation de l'extrait sec, cela est dû probablement à une teneur plus élevée en protéines qui interviennent, sous l'action des sels de fonte, dans la rétention d'eau ; ce qui se traduit par une diminution de la teneur en eau libre dans le produit.

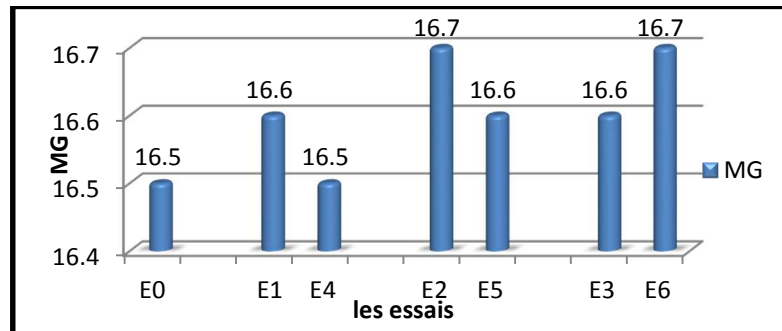
### V.3.2.3 Matière grasse :

L'auto-oxydation d'un corps gras au cours de son stockage conduit à l'apparition de produits indésirables tel que : les aldéhydes, alcools, acides...etc., qui peuvent altérer la saveur et induire ainsi une dépréciation du produit, allons dans certains cas jusqu'à refus par le consommateur lorsque le produit présente un goût de rance. Les résultats du suivi de la stabilité de la matière grasse durant la conservation à +4°C pendant 21 jours sont présentés dans le tableau 29.

**Tableau 29:** Evolution de la MG au cours de 21 jours de stockage

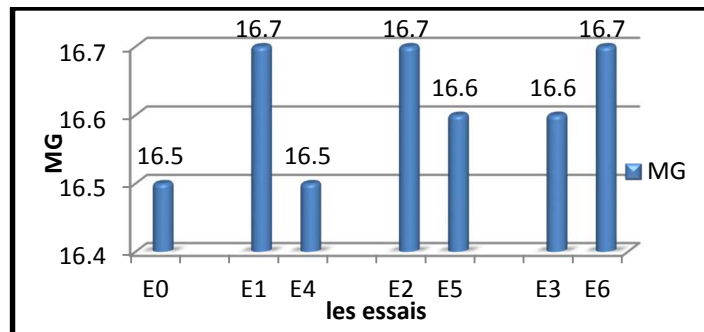
Fromage		Paramètres	Durée			
			J	J+7	J+14	J+21
Témoin	E <sub>0</sub>	MG (%)	16,55±0,07	16,5	16,5	16,6
Lactosérum acide	E <sub>1</sub>	MG (%)	16,55±0,07	16,6	16,7	16,6
	E <sub>2</sub>	MG (%)	16,55±0,07	16,7	16,7	16,8
	E <sub>3</sub>	MG (%)	16,6±0,14	16,6	16,6	16,7
Lactosérum Doux	E <sub>4</sub>	MG (%)	16,55±0,07	16,5	16,5	16,6
	E <sub>5</sub>	MG (%)	16,55±0,07	16,6	16,6	16,6
	E <sub>6</sub>	MG (%)	16,65±0,07	16,7	16,7	16,8

La Variation de MG après 7 jours de stockage à +4°C sont illustrées sur l'histogramme suivant :



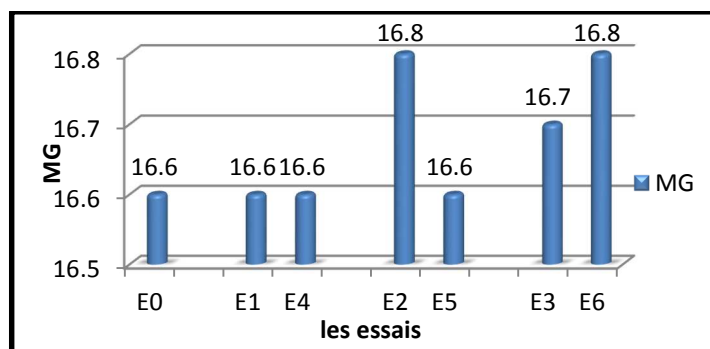
**Figure 18:** Variation du MG des sept fromages après une semaine de stockage à 4°C.

La variation du MG après 14 jours de stockage à +4°C sont illustrées sur l'histogramme suivant :



**Figure 19:** Variation de MG des sept fromages après 14 jours de stockage à 4°C.

La Variation de MG après 21 jours de stockage à +4°C sont illustrées sur l'histogramme suivant :



**Figure 20:** Variation de MG des sept fromages après 21 jours de stockage à 4°C.

D'après les résultats illustrés dans les histogrammes, on constate que la teneur en matière grasse est presque stable pour tous les échantillons pendant 21 jours de stockage, ce qui va empêcher le dévoilement d'un goût de rance et évite de dépréciation du produit par le consommateur.



Les variations observées d'un échantillon à un autre et due à la mauvaise manipulation.

#### V.3.2.4 G/S :

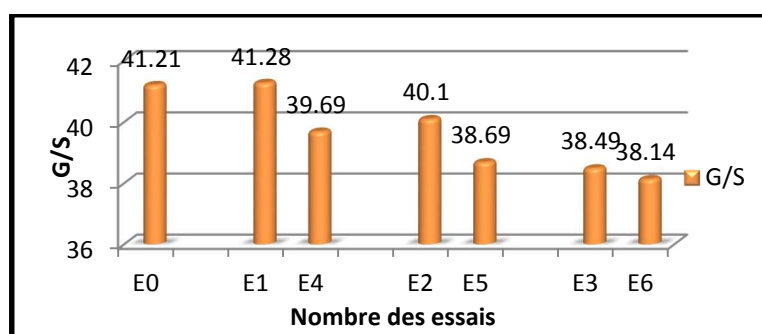
Les résultats du suivi de la stabilité du G/S durant la conservation à +4°C pendant 21 jours sont présentés dans le tableau 30.

**Tableau 30:** Evolution de la MG au cours de 21 jours de stockage

Fromage		Paramètres	Durée			
			J	J+7	J+14	J+21
Témoin	E <sub>0</sub>	G/S (%)	41,37±0,04	41,21±0,15	41,15±0,21	41,35±0,25
Lactosérum Acide	E <sub>1</sub>	G/S (%)	41,22±0,04	41,28±0,1	41,20±0,3	41,15±0,27
	E <sub>2</sub>	G/S (%)	40,10±0,08	40,10±0,25	39,88±0,11	39,71±0,3
	E <sub>3</sub>	G/S (%)	38,77±0,08	38,49±0,27	38,36±0,18	38,54±0,06
Lactosérum Doux	E <sub>4</sub>	G/S (%)	39,95±0,01	39,69±0,25	39,62±0,17	39,72±0,13
	E <sub>5</sub>	G/S (%)	38,69±0,06	38,69±0,19	38,57±0,17	38,39±0,17
	E <sub>6</sub>	G/S (%)	38,17±0,01	38,14±0,22	38,05±0,1	37,98±0,22

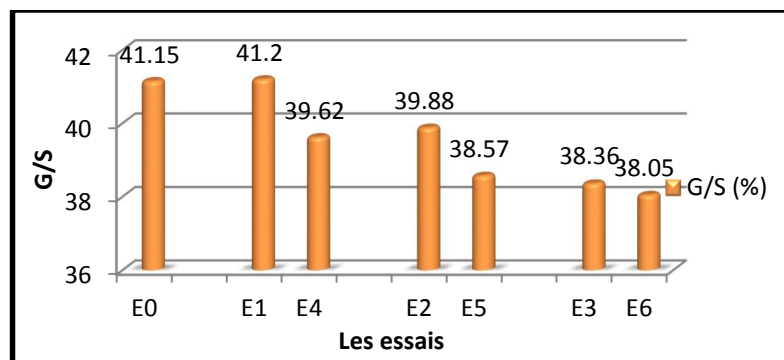
En ce qui concerne le G/S, les figures suivantes indiquent bien les résultats enregistrés.

La Variation de G/S après 7 jours de stockage à +4°C sont illustrées sur l'histogramme suivant :



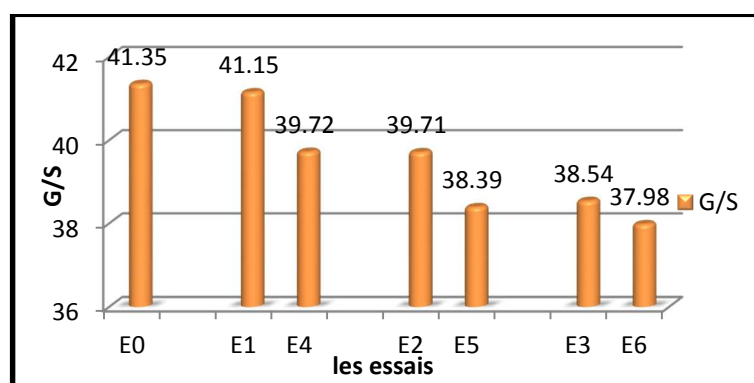
**Figure 21:** Variation du G/S des sept fromages après une semaine de stockage à 4°C.

La variation du G/S après 14 jours de stockage à +4°C sont illustrées sur l'histogramme suivant :



**Figure 22:** Variation de G/S des sept fromages après 14 jours de stockage à 4°C.

La Variation de G/S après 21 jours de stockage à +4°C sont illustrées sur l'histogramme suivant :



**Figure 23:** Variation de G/S des sept fromages après 21 jours de stockage à 4°C.

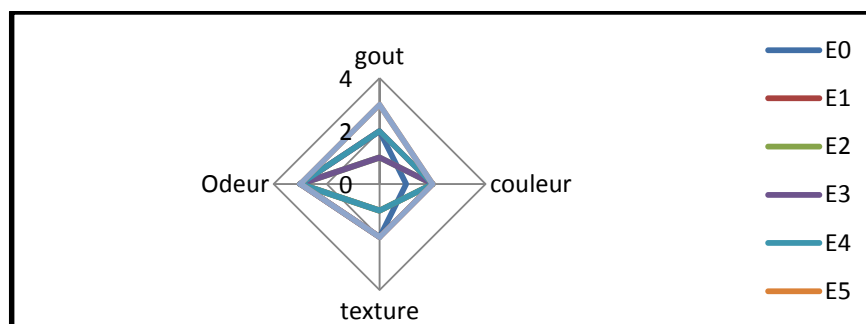
Du faite que la teneur en MG est presque stable pendant 21 jours et la même pour tous les échantillons, on remarque que le rapport G/S est inversement proportionnel avec l'EST.

La teneur en G/S augmente légèrement avec augmentation légère du MG.

## V.4 Résultats d'analyses sensorielles :

### V.4.1 Résultats du test hédonique :

Les résultats du test hédonique sont représentés sur la figure suivante :



**Figure 24:** profil sensorielle de l'incorporation des deux types du lactosérum dans un fromage fondu.

Les tests de dégustation ont révélé les remarques suivantes :

- Les essais 2 et 3 présentent des goûts acides puisqu' on a incorporé une quantité considérable de lactosérum de pâte fraîche qui est plus acide que celui de pâte molle.
- Le gout équilibré à été plus marqué pour l'essai témoin, E<sub>1</sub> et E<sub>4</sub> que pour les autres essais, Alors que le goût sucré à été surtout attribué aux essais 5 et 6 puisqu' on à incorporé une quantité considérable de lactosérum de pâte molle.
- Les résultats de la couleur ont été jugées « couleur blanche crème » pour l'essai témoin qui est la couleur normale du fromage fondu qui provient essentiellement du cheddar, et «jaune claire» pour les autres essais qui est du à la couleur jaune verdâtre du lactosérum.
- Quand à la l'odeur; la même réponse pour l'ensemble des sujets à été donnée prouvant l'absence de mauvaises odeurs.
- D'autre part, la texture est très importante dans la perception de la qualité des fromages de la part des consommateurs, d'après les résultats, les sept essais ont répondu aux objectifs de la texture recherchée.

Les essais 0, 1, 2, et 4 étaient plus coulant que tartinable, Alors que les essais 3,5 et 6 étaient plus tartinable que coulant, puisque à leur sortie, ils étaient bien crémés, et le refroidissement les à conférer plus de tartinabilité.

- E<sub>1</sub> et E<sub>5</sub> sont masqués sur le radar puisqu'ils présentent est respectivement les mêmes caractéristiques qu'E<sub>4</sub> et E<sub>5</sub>, donc ils sont juxtaposés.
- E<sub>2</sub> est masqué aussi puisqu'il présente le même gout et couleur que E<sub>3</sub>, et le même texture et odeur qu'E<sub>4</sub> donc ils sont aussi juxtaposés avec ces derniers.

L'analyses sensorielle à montré d'une manière générale que les fromages préparés présentent une couleur jaune clair, une bonne odeur et un aspect homogène à température ambiante.

Ainsi, on constate que les différents essais ont connu une appréciation notable pour les dégustateurs; néanmoins nous remarquons que l'E<sub>6</sub> Semble être le plus appréciée.

#### **V.4.2 Résultats du test de classement**

Les résultats obtenus lors de ces analyses nous permettons de tirer des conclusions sur l'acceptabilité pour les divers taux d'incorporation des deux types du lactosérum dans les sept types de fromages. (Tableau 31)

**Tableau 31:** résultats de classement par ordre de préférence des sept fromages fabriqués.

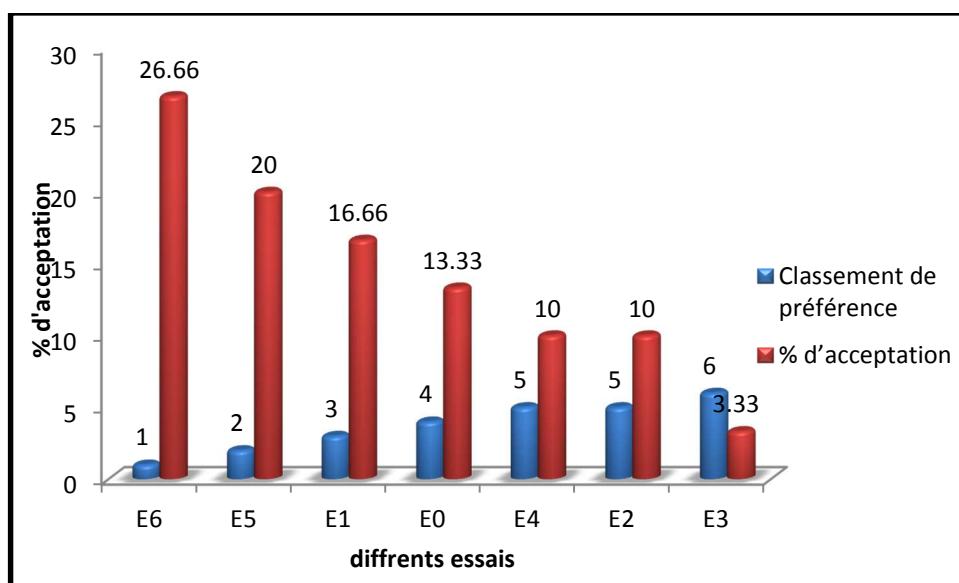
Types du lactosérum	-	Lactosérum acide			Lactosérum doux		
Différents essais	E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	E <sub>5</sub>	E <sub>6</sub>
Classement de préférence	4	3	5	6	5	2	1
% d'acceptation	13,33	16,66	10	3,33	10	20	26,66

En effet ; le plus haut niveau d'appréciations estimé à 26,66% de dégustateurs concernant E<sub>6</sub>, il présente les meilleurs qualités organoleptiques ce qu'on voit clairement dans la figure 22 qui montre cette préférence, ce qui confirme les avantages et les qualités organoleptiques apportés par l'incorporation du lactosérum doux au fromage fondu.

En deuxième position on trouve E<sub>5</sub> avec un niveau d'appréciation de 20% suivie d'E<sub>1</sub> en troisième place avec un niveau d'appréciation de 16,66%.

E<sub>0</sub> est classé en quatrième place avec un niveau d'appréciation de 13,33%, ce qui confirme les avantages et les qualités « organoleptiques » apporté par l'incorporation du lactosérum doux surtout au fromage fondu. Suivie d'E<sub>2</sub> et d'E<sub>4</sub> en cinquième position avec un niveau d'appréciation de 10%.

En ce qui concerne E<sub>3</sub>, il vient en dernière position, cependant il à montré une certaine appréciation par les consommateurs avec un pourcentage d'acceptation de 3,33%, ce classement reste subjectif selon les préférences du consommateur.



**Figure 25:** Résultats de teste du classement par ordre de préférence des sept fromages fabriqués.

## **V.5 Etude comparative :**

### **V.5.1 Comparaison entre le lactosérum issu du fromage à pâte molle et le lactosérum issu du fromage à pâte fraîche :**

- De point de vue microbiologique les deux lactosérums sont de bonne qualité microbiologique.
- L'EST du lactosérum du camembert est de 8,37% et plus élevé à celui de la pâte fraîche 6,74%, ce qui est justifié par la présence d'un taux plus élevé en nutriments dans le lactosérum doux.
- Le taux de matière grasse est très faible dans le lactosérum ce qui lui donne une bonne qualité organoleptique et une bonne conservation au cours du stockage.
- Le lactosérum issu de la fabrication du camembert présente un taux du lactose de 6,2% plus élevé à celui du lactosérum doux qui est de 4,1%, ce qui confère un gout sucré au fromage dont il est incorporé.
- Les deux types des lactosérums présentes le même taux en protéines 0,8 %.
- Le lactosérum doux contient une quantité plus importante en chlorure de sodium qui est de 0,22% qui donne un gout salé au fromage ou il est incorporé.
- Ces deux types du lactosérum sont de très bonne valeur nutritive ainsi que leurs taux en nutriments sont très élevés.

### **V.5.2 Comparaison entre les fromages fondus fabriqué :**

- De point de vue microbiologique les fromages fabriqués sont d'une bonne qualité alimentaire et hygiénique.
- L'EST des fromages augmente au dépend du taux d'incorporation du lactosérum.
- EST du fromage incorporé du lactosérum doux est plus élevé, puisque ce dernier est plus riche en nutriment par-rapport au lactosérum acide.
- Le taux de matière grasse est très faible dans le lactosérum ce qui donne au fromage ou il est incorporé une bonne qualité organoleptique et une bonne conservation au cours du stockage.
- Au fur et à mesure qu'on augmente le taux du lactosérum on obtient des fromages de très bonne qualité nutritive, ainsi que leurs taux en protéines sont très élevés.
- Au point de vu organoleptique le fromage fondu incorporé de 100% du lactosérum doux est le plus acceptable par les consommateurs.

## Annexe 01

### **I. Matériels et appareils**

#### **I.1 Matériels**

- Agitateur vortex
- Capsule en aluminium
- Distillateur
- Centrifugeuse électrique
- Milko-Scan FT 120
- Sachet stomacher
- Balance analytique électrique de précision.
- Bain-marie
- Portoir en inox
- Minéralisateur
- Etuve à incubation
- pH mètre
- Spatule
- Bec benzène
- Chloruremètre
- Dessiccateur
- Matras kjeldahl
- Réfrigérateur à 4°C

#### **I.2 Verreries**

- Becher
- Butyromètre de GERBER gradué
- Flacon stérile
- Plaque chauffante
- Pipette pasteur
- Tubes à essai stériles de 20 ml.
- Boîtes de pétri
- Eprouvette
- Le godet du butyromètre
- PH mètre
- Thermomètre
- Burette à robinet gradué
- Fiole
- Pipettes graduée

### **II. Réactifs et la composition des milieux utilisés**

#### **II. 1 Réactifs et solutions:**

##### **II.1.1 des analyses microbiologiques :**

- Aditif alun de fer
- Aditif tellurite de potassium
- Réactifs de KOVAKS
- Solution d'alun de fer
- Aditif sulfite de sodium
- Eau distillée
- Solution de sulfite de sodium
- Solution de tellurite de potassium.

##### **II.1.1 des analyses physico-chimiques :**

- Acide borique à 4%
- Acide sulfurique concentré
- Alcool iso amylique
- Tampon acide combiné Ciba-Corning
- Méthyle orange
- Pastis de DPD
- Solution d'hydroxydes de sodium NaOH (N/9)
- Acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (d= 1,525)
- Solution de phénolphtaléine
- Bichromate de potassium K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> a 10%
- Noir d'Eriochrome T
- Phénolphtaléine 1%

- Solution tampon ammoniacal (k10) pH =10
- Solution de nitrate d'argent (Ag NO<sub>3</sub>).
- Catalyseur composé de 100g de sulfate de potassium pur et 10g de sulfate
- Indicateur coloré (7.5 ml de vert de bromocrésol=2.5 ml de rouge de phénol)
- Solution de sel disodique d'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA) de 0.02 N

## II. 2 Composition des milieux de cultures:

### ➤ TSE : Tryptone-Sel-Eau :

- Tryptone.....1g
  - NaCl.....8,5 g
  - Eau distillée .....1000 ml
- pH= 7,2.

### ➤ Gélose Lactosée Biliée au Cristal Violet et au Rouge Neutre (VRBL)

- Eau distillé.....1000 ml
- Digestat enzymatique de tissus animaux (Peptone) ..... 7,0 g
- Extrait de levure..... 3,0 g
- Lactose ..... 10,0 g
- Sels biliaires ..... 1,5 g
- Chlorure de sodium ..... 5,0 g
- Rouge neutre..... 30,0 mg
- Cristal violet ..... 2,0 mg
- Agar-agar..... 12 à 18 g

### ➤ Bouillon Rothe :

- Peptone de caséine ..... 20g
  - Extrait de viande.....1,5g
  - Glucose.....5g
  - Chlorure de sodium.....5g
  - Phosphate bipotassique ..... 2,7g
  - Phosphate monopotassique ..... 2,7g
  - Azide de sodium.....0,2 g
  - Eau distillée.....100ml
- pH = 7.

➤ **Bouillon Giolitti Cantonii:**

- Peptone de caséine .....10g
  - Extrait de viande.....5g
  - Extrait de levure.....5g
  - pyruvate de sodium.....3g
  - Chlorure de sodium.....5g
  - Eau distillée.....100ml
- pH =7

➤ **Bouillon Litsky Eva :**

- Aryptone.....20g
  - Glucose.....5g
  - Chlorure de sodium .....5g
  - Phosphate dipotassique ..... 2.7g
  - Phosphate monopotassique ..... 2.7g
  - Chlorure de sodium.....0, 4g
  - Azide de sodium.....0,4 g
  - Eau distillée..... 1000ml
- 6.8 ≤ pH ≤ 7.

➤ **Milieu plat count agar (PCA)**

- peptone de caséine.....5g
- Extrait de levure déshydratée.....2,5 g
- Glucose.....1g
- Agar.....12g à 18g
- Eau distillée.....1000 ml

(Autoclaver 20mn a 120°C pH=5.4)

➤ **Gélose Viande Foie (VF)**

- Extrait Viande Foi.....30 g
- Glucose.....2 g
- Amidon.....2 g
- Agar.....20 g
- Eau distillée .....1000 ml

pH= 7,6



➤ **Gélose Hektoen**

- Peptone pepsique de viande .....15g
- Extrait de levure.....3 g
- Extrait de viande.....3 g
- Lactose .....12 g
- Saccharose .....12 g
- Salicine .....2 g
- Chlorure de sodium .....5 g
- sels biliaires.....4 g
- fuschine acide.....0,1 g
- Agar.....18 g
- Eau distillée .....1000 ml

**pH=7,4**

➤ **Gélose Sabouraud + Chloramphénicol :**

- Neopeptane..... 10 g
- Glucose ..... 20 g
- Chloramphénicol ..... 0,5 g
- Agar..... 20 g
- Eau distillée .....1000 ml

**pH=6,5**

➤ **Milieu de Chapman**

- Extrait de viande.....3 g
- Extrait de levure..... 3 g
- tryptone.....5 g
- bactériologique.....10 g
- Rouge de phénol.....0,05 g
- mannitol.....10 g
- Chlorure de sodium ..... 70 g
- Eau distillée .....1000 ml
- Agar.....18 g

**pH=7**

## Annexe 2

### **Tableaux de conversion**

<u>Pate fraiche (Acide)</u>	<u>Pate molle (Doux)</u>
1030g = 1000ml (densité) 100g = 97,08 ml Quantité su Sel dans le lactosérum : 0,13 %	1035g = 1000ml 100g = 96,61 ml Sel : 0,22 %
0,13g   —————▶100g	0,22g   —————▶100g
0,13g   —————▶97,08 ml	0,22g   —————▶96,61 ml

	<u>Pate fraiche (Acide)</u>			<u>Pate molle (Doux)</u>		
	40 %	70%	100%	40 %	70%	100%
Taux d'incorporation du lactosérum	40 %	70%	100%	40 %	70%	100%
La quantité du lactosérum à ajouter	60 ml	105 ml	150ml	60 ml	105 ml	150ml
La quantité du sel contenue dans le lactosérum	0,08g	0,14g	0,20g	0,13 g	0,23 g	0,34 g
La quantité du sel à ajouter dans la formulation	0,82g	0,76g	0,7g	0,77g	0,67g	0,56g

**Exemple :** le fromage incorporé de 40% du lactosérum issu du fromage à pâte fraiche.

-Calcule de la quantité du lactosérum à ajouter :

$$\begin{array}{l}
 100\% \quad \longrightarrow \quad 150 \text{ ml} \\
 40\% \quad \longrightarrow \quad X \qquad \qquad X = 150 \times 40 / 100 \longrightarrow X = 60 \text{ ml}
 \end{array}$$

-Calcule de la quantité du sel contenue dans le lactosérum :

$$\begin{array}{l}
 0,13\text{g} \quad \longrightarrow \quad 97,08 \text{ ml} \\
 X \quad \longrightarrow \quad 60 \text{ ml} \qquad \qquad X = 0,13 \times 60 / 97,08 \longrightarrow X = 0,08\text{g}
 \end{array}$$

-Calcule de la quantité du sel à ajouter dans la formulation :

$$X = 0,9\text{g} - 0,08\text{g} \longrightarrow X = 0,82\text{g}$$

### Annexe 3

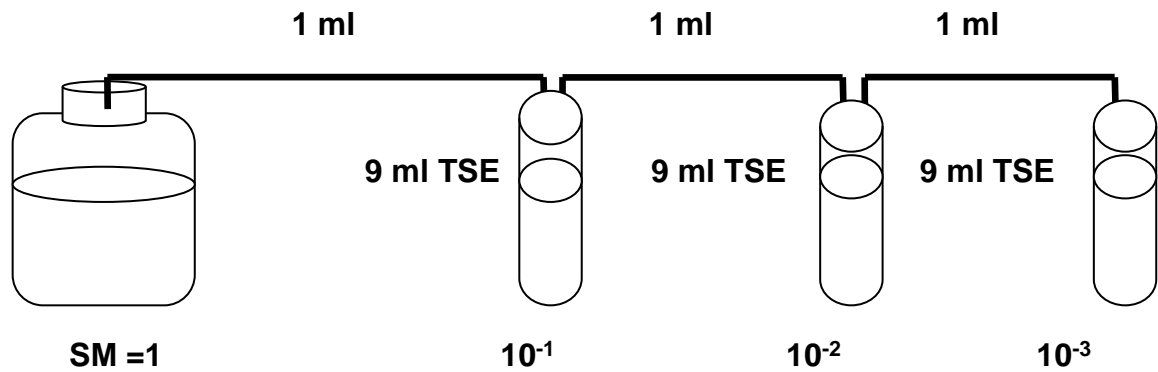
#### Normes de comparaison du journal officiel (JORA 1998).

Type d'aliment à analyser	Micro-organismes à rechercher et à dénombrer	Norme
Lait déshydraté conditionné, destiné aux industries alimentaires.	-Germes totaux -Coliformes totaux -Coliformes fécaux - <i>Clostridium</i> sulfito-réducteur. - <i>Staphylococcus aureus</i> -Salmonelles - Levure et moisissure.	Max $2 \times 10^5$ Max 1 Absence Absence Absence Absence 50-100
Lactosérum	-Germes totaux -Coliformes totaux -Coliformes fécaux - <i>Staphylococcus aureus</i> . - <i>Clostridium</i> sulfito-réducteur. -Salmonelle.	$2 \times 10^5$ 25 3 Absence 10 Absence
Beurre pasteurisé	-Germes totaux -Coliformes totaux -Coliformes fécaux - <i>Staphylococcus aureus</i> . -Salmonelle. -Levure et moisissure.	$10^2$ 10 absence 10 Absence Absence
Fromage à pate dur : cheddar.	- <i>Staphylococcus aureus</i> - <i>Clostridium</i> sulfito-réducteur -Salmonelle	$10^2$ Absence Absence
Eaux de distribution traitée.	-Germes aérobies totaux à 37 °C. -Germes aérobies totaux à 22 °C. -Coliformes totaux a 37 °C /100ml. -Coliformes fécaux/ 100ml. -Streptocoque fécaux groupe D. - <i>Clostridium</i> sulfito-réducteur.	20 < $10^2$ <10 Absence Absence < 5

## Annexe 4

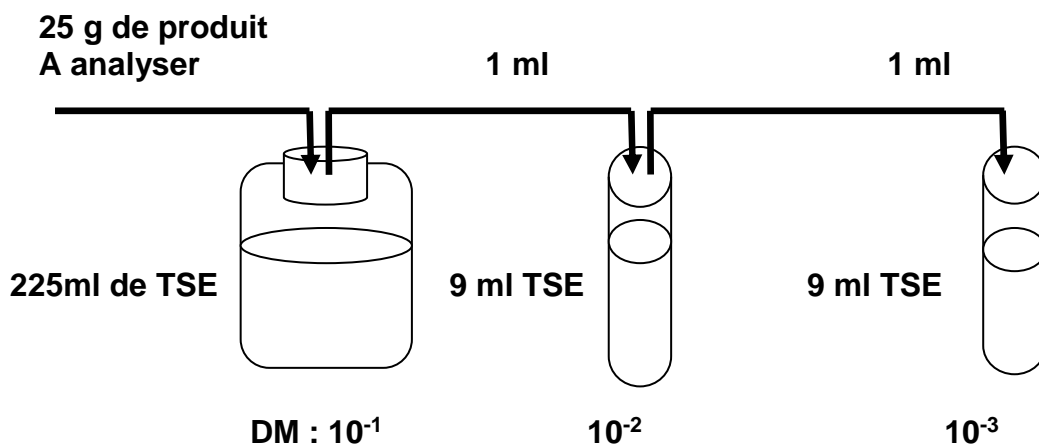
### *Préparation des solutions mères et des dilutions décimales*

#### A- Cas de produits liquides :



**Annexe 4:** Préparation des dilutions pour les produits liquides.

#### B- Cas des produits solides :

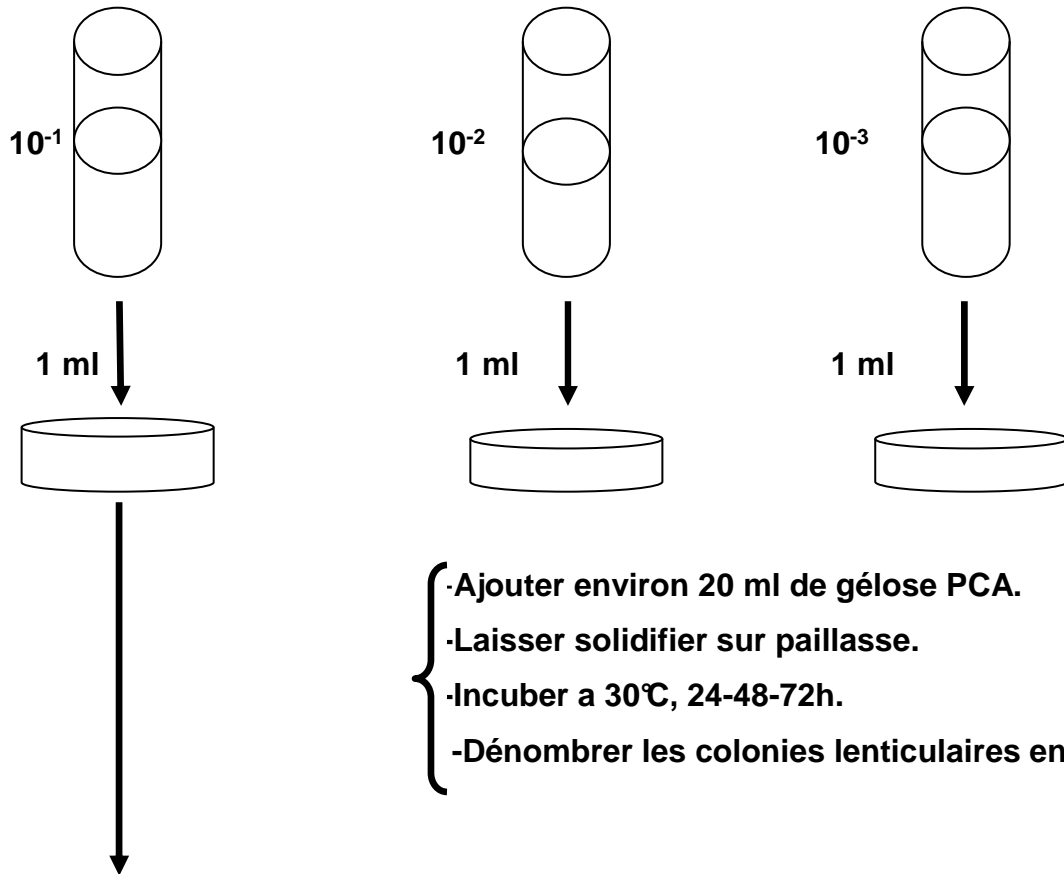


**Annexe 4:** Préparation de la dilution mère et les dilutions décimales pour les produits solides.

## Annexe 5

### *Recherche et dénombrement des germes mésophiles à 30C°*

« A partir des dilutions décimales »



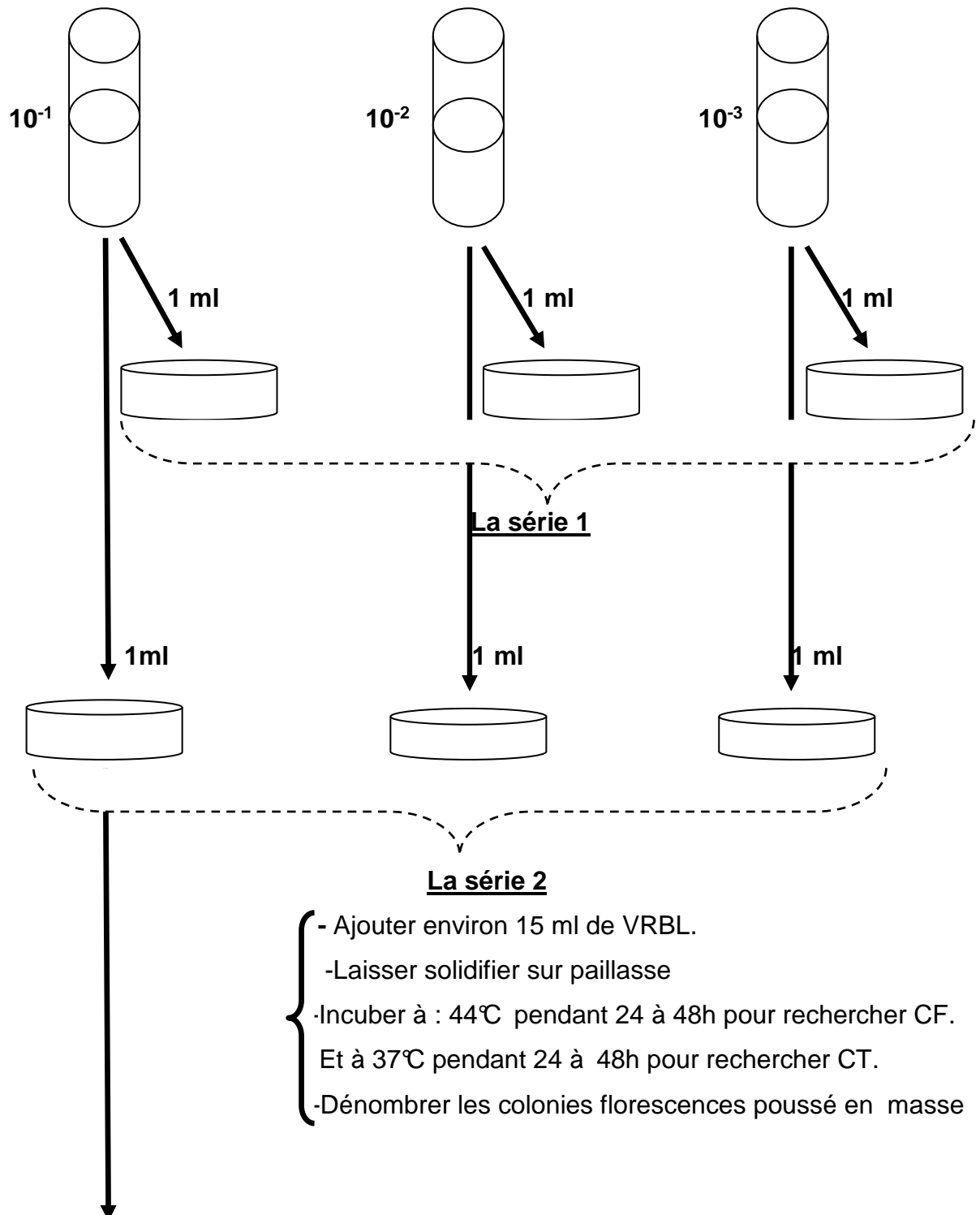
Les colonies présentant sous forme lenticulaire en masse, lisse en couleur blanchâtre.

**Annexe 5:** recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux.

## Annexe 6

### *Recherche et dénombrement des coliformes en milieu solide.*

« A partir des dilutions décimales »



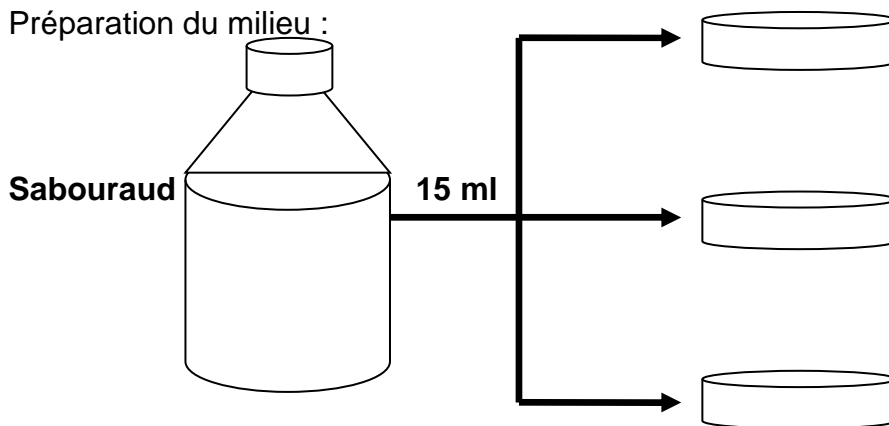
Les colonies fluorescentes en masse de couleur violacée.

**Annexe 6:** Recherche et dénombrement des coliformes totaux et les coliformes thermo-tolérants en milieu solide.

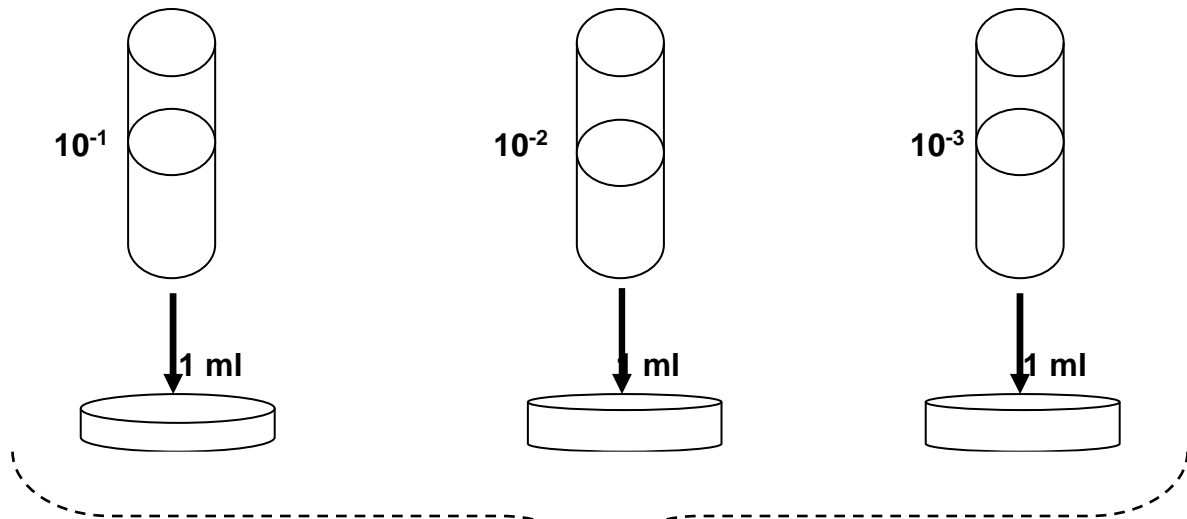
## Annexe 7

### *Recherche et dénombrement des levures et moisissures.*

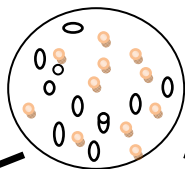
Préparation du milieu :



« A partir des dilutions décimales »



- Ensemencer l'inoculum a l'aide d'un râteau stérile.
- Incubation a 22 °C pendant 5 jours avec une lecture tous les jours.



Colonies de levures de coloration jaunâtre ou orange de taille moyenne.

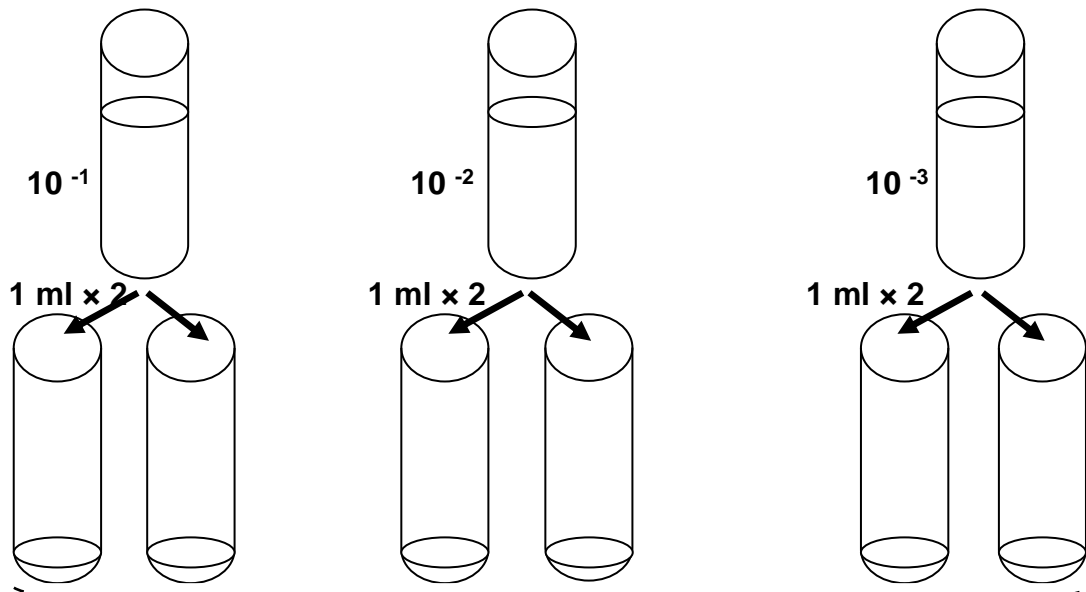
Colonies de moisissures de taille Plus grande et coloration blanchâtre, grise

**Annexe 7:** Recherche et dénombrement des levures et moisissures.

## Annexe 8

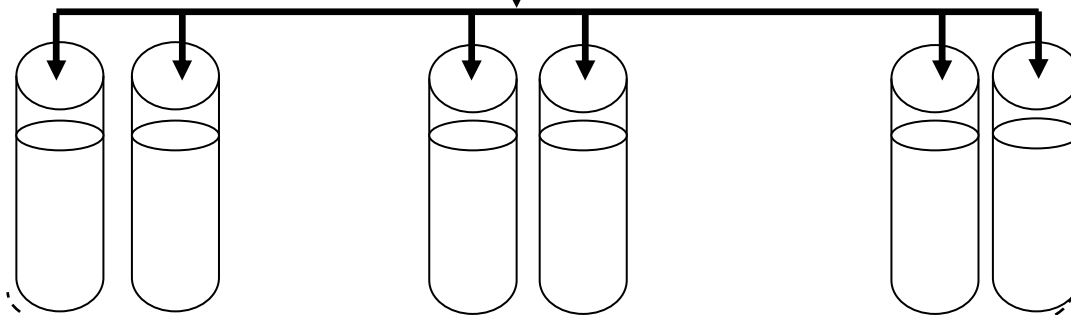
### **Recherche et dénombrement des spores anaérobies sulfito-réducteurs.**

« A partir des dilutions décimales »



- Chauffage a 80 °C pendant 10 minutes.
- Choc thermique sous l'eau de robinet.

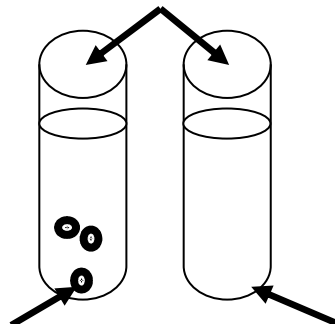
Adition de 15 ml de gélose VF + ampoule d'alun de fer et une ampoule sulfite de sodium.



Incubation a 37 °C pendant 24 + 48 heures.

#### **Réaction positive :**

Présence des spores d'anaérobies sulfito-réducteurs.



Présence de colonies noires

#### **réaction négative :**

absence des spores d'anaérobies sulfito réducteurs.

Absence de colonies noires

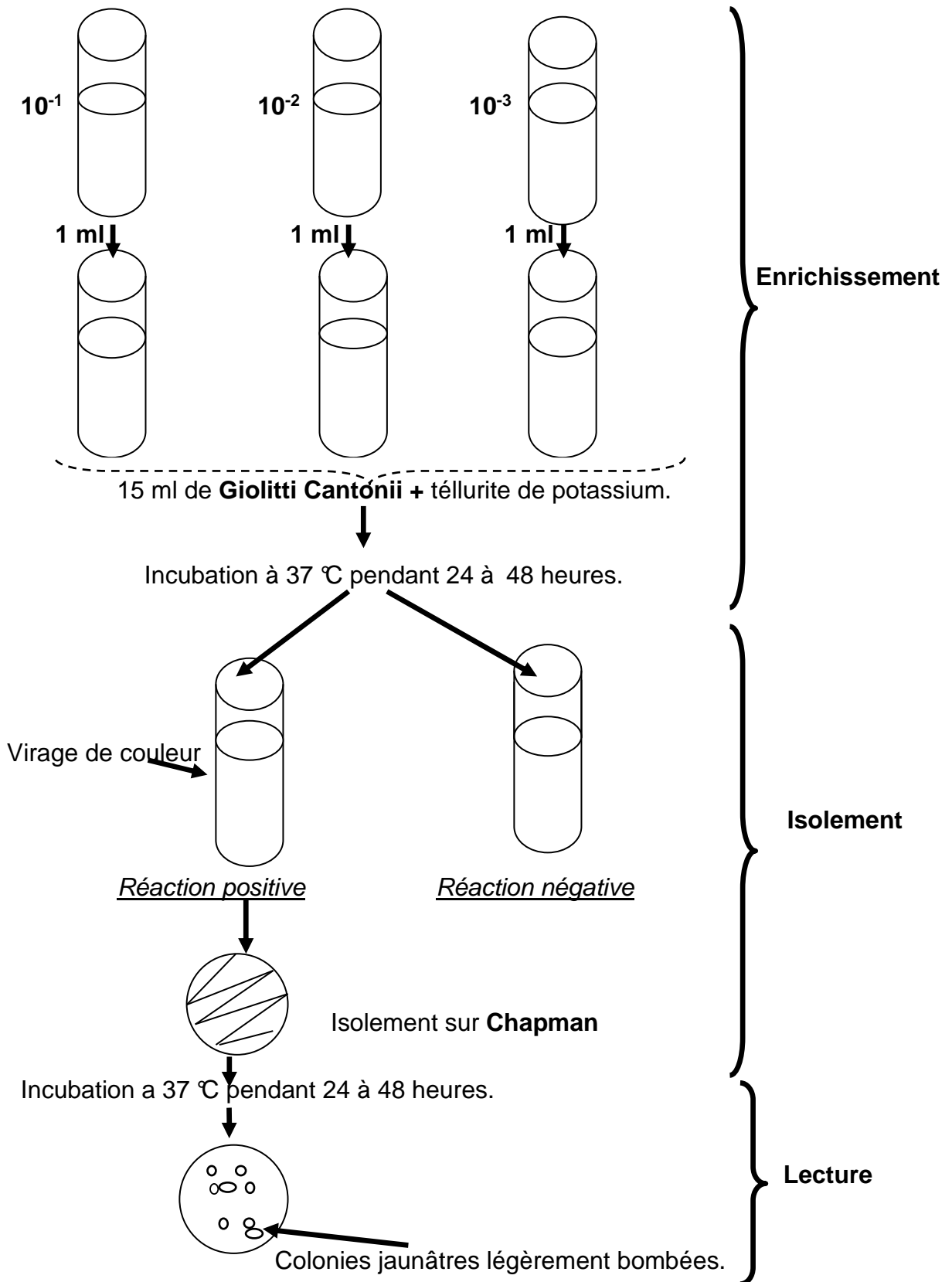
**Annexe 8 : Recherche et dénombrement des spores anaérobies sulfito-réducteurs.**



**Annexe 9**

**Recherche et dénombrement de *staphylococcus aureus***

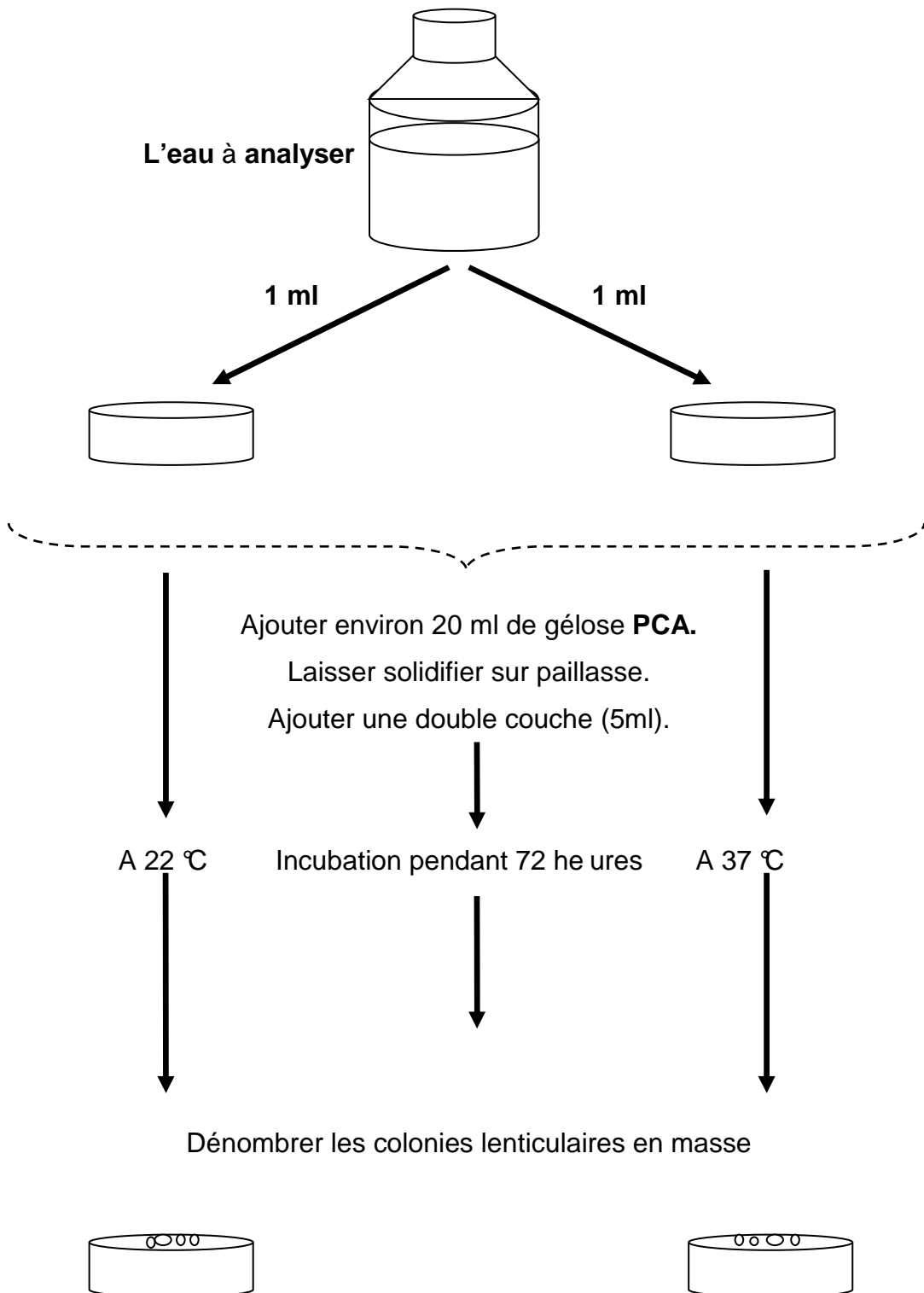
« A partir des dilutions décimales »



**Annexe 9:** Recherche et dénombrement de *staphylococcus aureus*.

**Annexe 10**

***Recherche et dénombrement des germes totaux dans l'eau.***

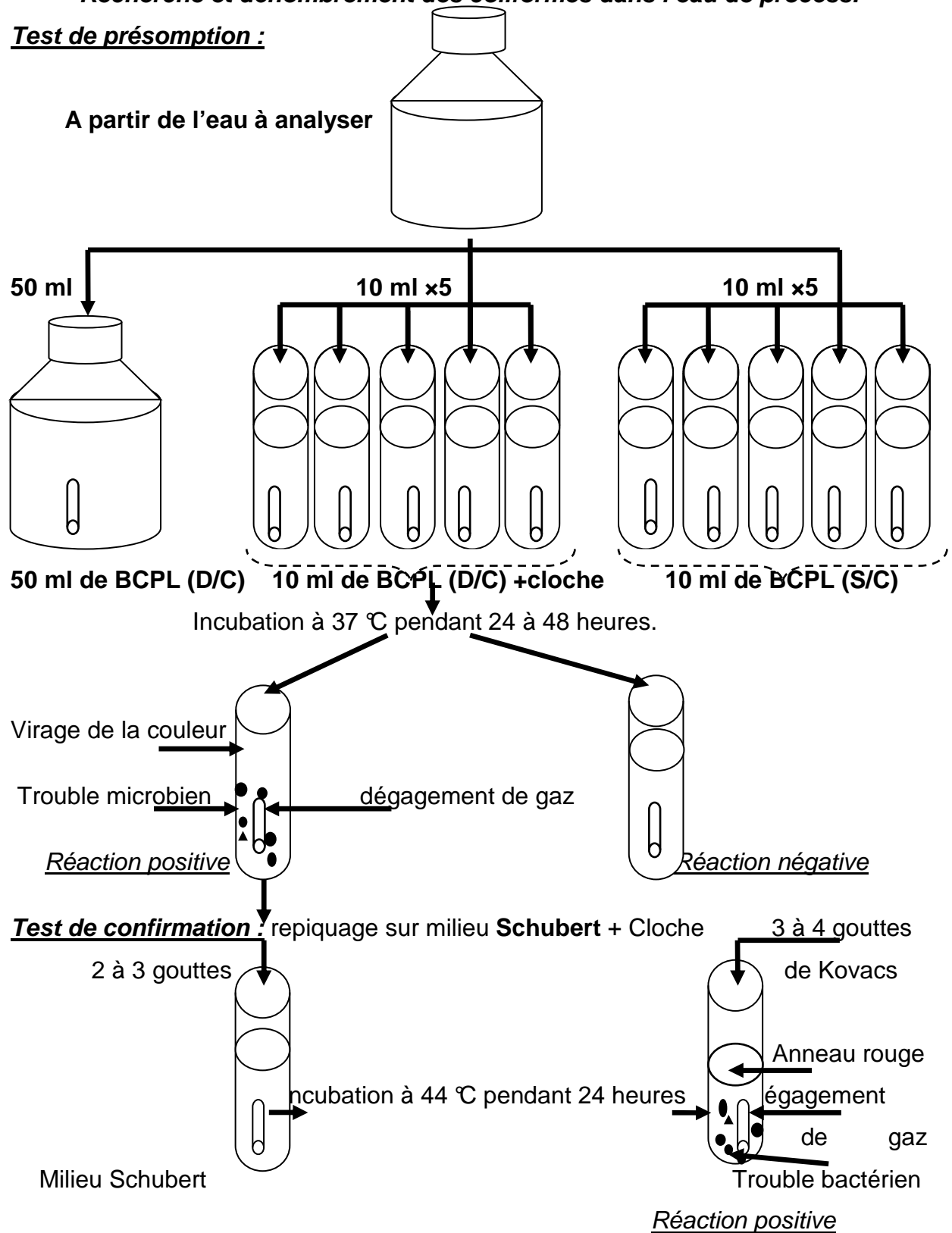


**Annexe 10:** Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux dans l'eau de procès.

## Annexe 11

### *Recherche et dénombrement des coliformes dans l'eau de procès.*

#### Test de présomption :



**Annexe 11:** Recherche et dénombrement des coliformes dans l'eau de procès.

**Annexe 12**

***Table de Mac Grady***

Nombre caractéristique	Nombre de micro-organismes
000	0,0
001	0,3
010	0,3
011	0,6
020	0,6
100	0,4
101	0,7
102	1,1
110	0,7
111	1,1
120	1,1
121	1,5
130	1,6
200	0,9
201	1,4
202	2,0
210	1,5
211	2,0
212	3,0
220	2,0
221	3,0
222	3,5
223	4,0
230	3,0
231	3,5
232	4,0
300	2,5
301	4,0
302	6,5
310	4,5
311	7,5
312	11,5
313	16,5
320	9,5
321	15,0
322	20,0
323	30,0
330	25,0
331	45,0
332	110,0
333	140,0

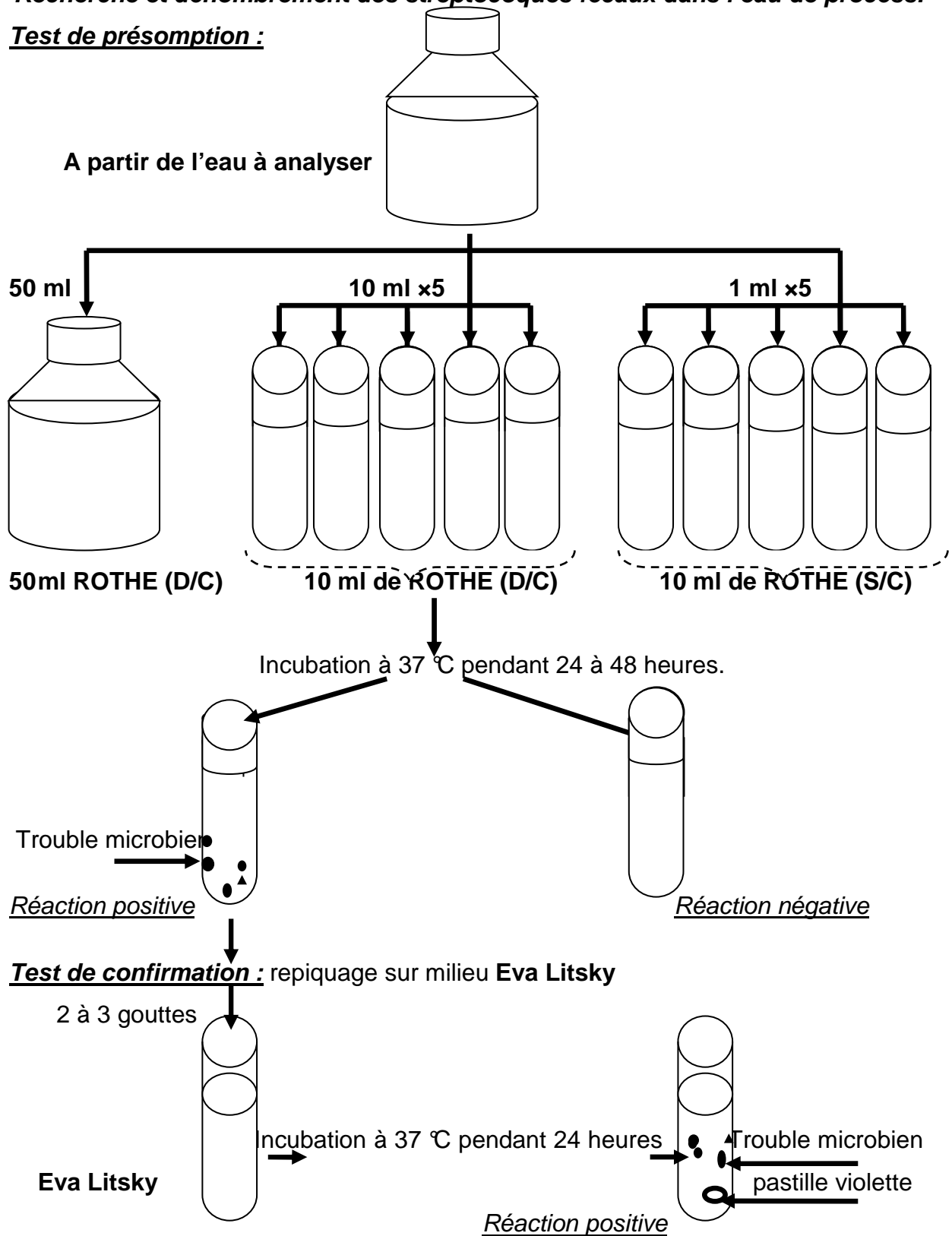
**Table de NPP**

				Limite de confiance	
1X50 mL	5X10mL	5x1Ml	Nombre caractéristique	Limite d'inférieur	supérieur
0	0	0	<1		
0	0	1	1	<0.5	4
0	0	2	2	<0.5	6
0	1	0	1	<0.5	4
0	1	1	2	<0.5	6
0	1	2	3	<0.5	8
0	2	0	2	<0.5	6
0	2	1	3	<0.5	8
0	2	2	4	<0.5	11
0	3	0	3	<0.5	8
0	3	1	5	<0.5	13
0	4	0	5	<0.5	13
1	0	0	1	<0.5	4
1	0	1	3	<0.5	8
1	0	2	4	<0.5	11
1	0	3	6	<0.5	15
1	1	0	3	<0.5	8
1	1	1	5	<0.5	13
1	1	2	7	1	17
1	1	3	9	2	21
1	2	0	5	<0.5	13
1	2	1	7	1	17
1	2	2	10	3	23
1	2	3	12	3	28
1	3	0	8	2	19
1	3	1	11	3	26
1	3	2	14	4	34
1	3	3	18	5	53
1	3	4	21	6	66
1	4	0	13	4	31
1	4	1	17	5	47
1	4	2	22	7	59
1	4	3	28	9	85
1	4	4	35	12	10
1	4	5	43	15	120
1	5	0	24	8	75
1	5	1	35	12	1
1	5	2	54	18	140
1	5	3	92	27	220
1	5	4	160	39	450
1	5	5	240		

**Annexe 13**

**Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau de process.**

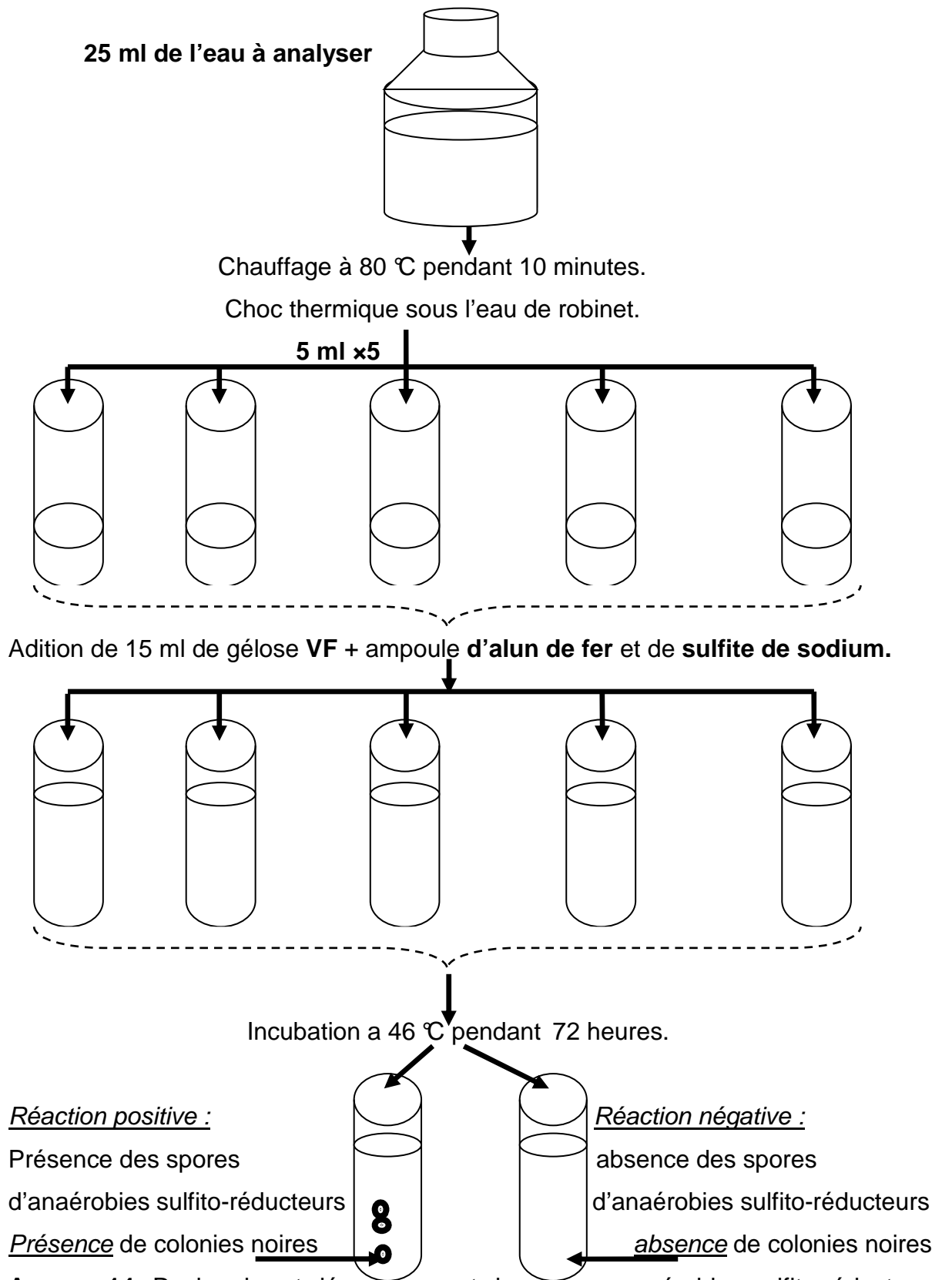
**Test de présomption :**



**Annexe 13:** Recherche et dénombrement des *streptocoques* fécaux dans l'eau de process.

## Annexe 14

### *Recherche et dénombrement des CSR dans l'eau.*



**Annexe 14:** Recherche et dénombrement des spores anaérobies sulfito-réducteurs dans l'eau.

## Annexe 15

### **Analyse de variance des différents paramètres étudiés**

#### **Analyse de variance de pH :**

	S. C. E	D.D.L	CARRES MOYENS	TESTE F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR. Totale	0,14	13	0,01				
VAR Facteur	0,14	6	0,02	27,17	0,0003		
VAR. Résiduelle	0,01	7	0,00			0,03	%0,0

#### **Analyse de variance de MG :**

	S. C. E	D.D.L	CARRES MOYENS	TESTE F	PROBA	E.T	C.V
VAR. Totale	0,08	13	0,01				
VAR Facteur	0,03	6	0,00	0,63	0,7030		
VAR. Résiduelle	0,00	7	0,01			0,08	%0,0

#### **Analyse de variance d'EST:**

	S. C. E	D.D.L	CARRES MOYENS	TESTE F	PROBA	E.T	C.V
VAR. Totale	23,10	13	1,78				
VAR Facteur	22,87	6	3,81	90,01	0,0000		
VAR. Résiduelle	0,28	7	0,04			0,08	%0,0

#### **Analyse de variance de G/S :**

	S. C. E	D.D.L	CARRES MOYENS	TESTE F	PROBA	E.T	C.V
VAR. Totale	23,23	13	1,79				
VAR Facteur	22,94	6	3,82	93,60	0,0000		
VAR. Résiduelle	0,29	7	0,04			0,20	0.3%

#### **Analyse de variance de L'Humidité :**

	S. C. E	D.D.L	CARRES MOYENS	TESTE F	PROBA	E.T	C.V
VAR. Totale	19,09	13	1,47				
VAR Facteur	19,07	6	3,81	1126,76	0,0000		
VAR. Résiduelle	0,2	7	0,00			0,00	0.1%



## Annexe 16

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

Que pensez-vous de ces sept fromages ?

Caractères Essais	Couleur	Texture	Odeur	Gout
E <sub>0</sub>				
E <sub>1</sub>				
E <sub>2</sub>				
E <sub>3</sub>				
E <sub>4</sub>				
E <sub>5</sub>				
E <sub>6</sub>				

#### **Couleur :**

- 1- Blanche crème
- 2- Jaune clair
- 3- Jaune

#### **Texture :**

- 1- pâte coulante
- 2- Tartinable
- 3- Ferme

#### **Goût :**

- 1- Acide
- 2- Equilibré
- 3- Sucré

#### **Odeur :**

- 1- Mauvaise
- 2- Acceptable
- 3- Bonne