

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE**

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

UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA

FACULTE DES SCIENCES AGRO-VETERINAIRES

DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme
De Master en Sciences de la Nature et de la Vie
Option : Sciences Alimentaires

Thème :

**Formulation d'un fromage fondu aromatisé
au gingembre**

Présenté par :

M^{LLE} BOUCHOUCHA Imène

Soutenu le: 01-07-2013

Devant le jury:

<i>D^r</i> Kadri .B	MAA., U.S.D.B	Université de Blida	Président
<i>Mme</i> ACHEHEB .H	MCB., U.S.D.B	Université de Blida	Promotrice
<i>Mme</i> Abdellaoui .Z	MAA., U.S.D.B	Université de Blida	Examinatrice
<i>Mme</i> Fernane .S	MAB., U.S.D.B	Université de Blida	Examinatrice

Promotion :2012/2013

Remerciements

*Au terme d'un labeur assidu je tiens à remercier, au préalable **Dieu** le tout puissant de m'avoir donné force sérénité en vue d'accomplir ce modeste travail.*

*Ma très vive gratitude s'adresse tout d'abord à Madame **Acheheb.H** maitre assistante au sein de département des sciences agronomiques, d'avoir accepté de suivre ce travail, pour son aide précieuse, ses encouragements et son soutien qui m'a permis de parvenir objectivement au terme de ce travail. Quelle trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance.*

*Au Directeur Générale du G.I.G **Mr Goumidi Riad**, qui m'a chaleureusement accueilli.*

J'adresse aussi mes vifs remerciements à l'ensemble du personnel de l'entreprise et laboratoire G.I.G pour avoir contribué à ma formation. Je voudrai leur exprimer mes sincères remerciements pour leur encouragement. Je cite: Melle KOUADRI Ibtissem, Mr HEDEF Mourad, Melle MAHDI Sarah.

*Je ne manquerai pas de remercier infiniment la responsable de laboratoire ITELVM_n **Diaf Soumia** et Mlle **Saadi Samia** chargée des analyses, qu'elles trouvent l'expression de la meilleure preuve de l'aide qu'ils ont apporté.*

*Je ne saurai oublier d'exprimer ma reconnaissance à Mr et Mme **Boutekrabt**, Mme Taibi Zohra, Mr Taibi Abd El kader, que je tiens à remercier de tout cœur.*

Je remercie les membres de jury :

*A **D^r Kadri .B**, pour nous avoir honorés en acceptant la présidence de ce jury devant lequel nous présentons notre projet de fin d'étude.*

***M^m. Abdellaoui. Z** et **M^m. Fernane.S** ; qui ont aimablement accepté de faire partie de mon jury en tant qu'examinatrices.*

Qu'ils trouvent ici l'expression de mon profond respect.

Dédicace

Je m'incline devant Dieu tout puissant Qui m'a ouvert la porte du savoir et m'a aidé à la franchir.

Chaleureusement je dédie ce modeste travail à :

*Mes très chers parents **Ahcène** et **Saida**, qui ont tant sacrifié pour moi, qui mon soutenu durant tout mon parcours. Ce travail est le fruit de vos sacrifices que vous avez consenti pour mon éducation et ma formation que Dieu me les garde.*

*Ma précieuse sœur **Nawel**, les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour toi.*

*Mes deux chères petites sœurs, **Dyna** et **Rania** que j'aime tant.*

Mes deux grands-mères longue vie à eux,

Mes tantes et mes oncles.

Mes cousins et cousines.

Mes amis : Imène, Nadia, Khadidja, Farida, Nihed, Amina, Asma, Samia, Souad, Amine, Djaber, Lotfi, Fahim.

Toute la promotion option Sciences alimentaires 2012/2013

Résumé

Le principal objectif de ce travail est la valorisation du gingembre, ainsi que l'élaboration d'une nouvelle préparation fromagère aromatisée.

Ce travail a été consacré à l'étude de l'incorporation de la poudre de gingembre dans la fabrication d'un fromage fondu à différentes proportions (0,5%, 1%, 1,5%), en vue de l'obtention d'un produit diététique.

Pour cela, une série d'analyses physico-chimiques et microbiologiques a porté sur le gingembre et le produit fini. Une évaluation sensorielle du fromage fondu aromatisé a été également réalisée. Ainsi qu'un suivi de la stabilité de ce dernier a été établi au cours de sa conservation pendant 21 jours à 4°C.

Les résultats des analyses sensorielles ont montré que le produit le plus apprécié par les dégustateurs est celui de l'incorporation de 1,5% de la poudre de gingembre.

Mots clés : poudre de gingembre, fromage fondu, incorporation, Stabilité.

Summary

The main objective of this work is the recovery of ginger for the development of a new cheese-flavored preparation.

This work was devoted to the study of the incorporation of ginger powder in the manufacture of a melt at different proportion (0.5%, 1%, and 1.5%) cheese for obtaining a dietary product.

For this, a series of physico-chemical and microbiological analyzes focused on the ginger and the finished product. Organoleptic evaluation of diet cream cheese was also performed. And monitor the stability of the latter was established during storage for 21 days at 4°C.

The results of the sensory analyzes have shown that the product the most appreciated by tasters is that with incorporation 1.5% of ginger powder.

Key words: ginger powder, melted cheese, incorporation, Stability.

ه في الجبن الطري للدهن

الهدف الرئيسي من هذا البحث تقيم الزنجبيل من خلال دراسة قابلية

جديد.

(1, 5 %, 1%, 0, 5%)

الزنجبيل النهائي.

التحليل الفيزيوكيميائية والميكروبيولوجية

في هذه الدراسة تم انجاز

مئوية.

4

21 يوما

هذا الأخير أثناء التخزين

أيضا تقييم

الزنجبيل.

1,5%

نتائج التقييم الحسي اظهرت ان المنتج الاكثر قبولا من قبل المتذوقين هو

، استقرار.

الزنجبيل ، الجبن الطري للدهن ،

المفتاحية :

Résumé

Le principal objectif de ce travail est la valorisation du gingembre, ainsi que l'élaboration d'une nouvelle préparation fromagère aromatisée.

Ce travail a été consacré à l'étude de l'incorporation de la poudre de gingembre dans la fabrication d'un fromage fondu à différentes proportions (0,5%, 1%, 1,5%), en vue de l'obtention d'un produit diététique.

Pour cela, une série d'analyses physico-chimiques et microbiologiques a porté sur le gingembre et le produit fini. Une évaluation sensorielle du fromage fondu aromatisé a été également réalisée. Ainsi qu'un suivi de la stabilité de ce dernier a été établi au cours de sa conservation pendant 21 jours à 4°C.

Les résultats des analyses sensorielles ont montré que le produit le plus apprécié par les dégustateurs est celui de l'incorporation de 1,5% de la poudre de gingembre.

Mots clés : poudre de gingembre, fromage fondu, incorporation, Stabilité.

Summary

The main objective of this work is the recovery of ginger for the development of a new cheese-flavored preparation.

This work was devoted to the study of the incorporation of ginger powder in the manufacture of a melt at different proportion (0.5%, 1%, and 1.5%) cheese for obtaining a dietary product.

For this, a series of physico-chemical and microbiological analyzes focused on the ginger and the finished product. Organoleptic evaluation of diet cream cheese was also performed. And monitor the stability of the latter was established during storage for 21 days at 4°C.

The results of the sensory analyzes have shown that the product the most appreciated by tasters is that with incorporation 1.5% of ginger powder.

Key words: ginger powder, melted cheese, incorporation, Stability.

ه في الجبن الطري للدهن

الهدف الرئيسي من هذا البحث تقيم الزنجبيل من خلال دراسة قابلية

جديد.

(1, 5 %, 1%, 0, 5%)

الزنجبيل النهائي.

التحليل الفيزيوكيميائية والميكروبيولوجية

في هذه الدراسة تم انجاز

مئوية.

4

21 يوما

هذا الأخير أثناء التخزين

أيضا تقييم

الزنجبيل.

1,5%

نتائج التقييم الحسي اظهرت ان المنتج الاكثر قبولا من قبل المتذوقين هو

، استقرار.

الزنجبيل ، الجبن الطري للدهن ،

المفتاحية :

Table des matières

Introduction	1
---------------------------	---

Partie bibliographique

Chapitre I.

Fromage fondu

I.1. Aperçu historique et économique du fromage fondu	3
I.2. Présentation du fromage fondu	3
I.2.1. Définition du fromage fondu.....	3
I.2.2. Les différents types du fromage fondu.....	4
I.2.3. La valeur nutritionnelle du fromage fondu.....	5
I.3. Ingrédients utilisés pour la fabrication du fromage fondu	6
I.3.1. Les matières premières	6
I.3.1.1. Matières premières laitières.....	7
I.3.1.2. Matières premières non laitières.....	8
I.3.2. Additifs alimentaires.....	10
I.3.3. Additifs technologiques de fonte.....	11
I.3.4. Rôle des sels de fonte	12
I.3.5. Facteurs favorisant la fonte	13
I.3.6. Phénomènes biochimiques de la fonte	14
I.3.6.1. Peptisation	14
I.3.6.2. Crémage-phase de restructuration	14
I.3.6.3. Refroidissement.....	14
I.4. Technologie de fabrication du fromage fondu	15
I.4.1. Sélection des matières premières.....	15
I.4.2. Ecrouûtage, découpage et broyage des fromages	15
I.4.3. Mélange	16
I.4.4. Fonte proprement dite	16
I.4.5. Stérilisation et crémage	16

I.4.6. Homogénéisation.....	17
I.4.7. Le conditionnement et emballage	17
I.4.8. Refroidissement	18
I.4.9. Stockage et conservation du produit fini	20
I.5. Défauts de fabrications du fromage fondu	20
I.5.1. Défaut d'origine microbiologique.....	20
I.5.2. Défaut d'origine physique.....	23

Chapitre II.

Le gingembre

II.1. Présentation du gingembre.....	26
II.2. Historique du gingembre.....	26
II.3. Description du gingembre	27
II.3.1. Classification Botanique	27
II.3.2. Composition chimique	28
II.4. Composition nutritionnelle du rhizome de gingembre	30
II.4.1. Rhizome frais	30
II.4.2. Le rhizome séché	31
II.5. Transformation du gingembre	33
II.6. Propriétés pharmacologiques du rhizome du gingembre	33
II.6.1. Action antioxydante	34
II.6.2. Effet sur la pression artérielle	34
II.6.3. Activités anti-inflammatoire et analgésique.....	35
II.6.4. Effets sur les nausées et les vomissements	I.2. Présentation du fromage
fondu	35
II.6.5. Actions antimicrobiennes.....	36
II.7. Précaution dans la consommation du gingembre	36

Partie expérimentale

Chapitre III.

Matériel et méthode

III.1. Lieu de stage	38
----------------------------	----

III.2. Matériel d'étude	40
III.2.1. Matériel biologique.....	40
III.2.2. Matériel non biologique	40
III.3. Méthodes utilisées	41
III.3.1. Présentation du procédé de fabrication	41
III.3.2. Essais de l'incorporation de la poudre de gingembre dans le fromage fondu	42
➤ Le produit fini témoin	43
➤ Essais de formulation	43
III.3.3. Suivi de la stabilité	43
III.3.4. Evaluation sensorielle	44
III.3.5. Etude statistique	45
III.3.6. Analyses physico-chimiques.....	45
III.3.6.1. Prélèvements et constitution d'échantillons	45
III.3.6.2. Analyses	46
➤ Détermination du titre alcalimétrique (TA) et Titre Alcalimétrique Complet (TAC) d'eau.....	47
➤ Détermination du titre hydrométrique	48
➤ Détermination de chlorure Cl^-	49
➤ Mesure du pH	49
➤ Détermination de l'extrait sec	50
➤ Détermination de l'extrait sec dégraissé.....	52
➤ Détermination de l'humidité	52
➤ Détermination de matière grasse	52
➤ Détermination de la matière minérale du gingembre.....	55
➤ Détermination de la cellulose brute	56
➤ Dosage de la matière azotée total.....	56
III.3.7. Analyse microbiologiques	58
III.3.7.1. Echantillonnage	58
III.3.7.2. Préparation des dilutions	60
➤ Recherche et dénombrement des germes mésophiles totaux.....	61
➤ Recherche et dénombrement des spores de <i>Clostridium</i> sulfito- réducteur	62

➤ Recherche et dénombrement des coliformes par comptage des colonies	63
➤ Recherche et dénombrement des coliformes par le nombre le plus probable (NPP)	64
➤ Recherche et dénombrement de <i>Staphylococcus aureus</i>	66
➤ Recherche et dénombrement des levures et moisissures	67
➤ Recherche et dénombrement des germes totaux dans l'eau.....	68
➤ Recherche et dénombrement des coliformes dans l'eau	70
➤ Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau..	71
➤ Recherche et dénombrement des Clostridium Sulfito-réducteur dans l'eau de process	72
➤ Dénombrement et recherche des salmonelles dans la poudre de gingembre	73

Chapitre IV.

Résultats et discussion

IV.1. Les résultats des analyses physico-chimiques	75
IV.1.1. Matières première	75
IV.1.2. Les produits finis	78
IV.1.2.1. Variation de l'extrait sec	79
IV.1.2.2. Variation de la matière grasse	80
IV.1.2.3. Variation du G/S	81
IV.1.2.4. Variation du pH	81
IV.1.2.5. Variation de l'humidité	82
IV.1.2.6. Variation de la MAT	83
IV.2. Résultats des analyses microbiologiques	83
IV.2.1. Matières première	83
IV.2.2. Produits finis	87
IV.3. Résultats de l'étude de stabilité des produits finis	88
IV.3.1. variations du pH	89
IV.3.2. Variation de l'EST	90
IV.3.3. Variation de la matière grasse	91

IV.4. Les résultats des analyses sensorielles	92
IV.4.1. Résultats du test hédonique	92
IV.4.2. classement des essais par ordre de préférences	95

Conclusion	96
-------------------------	----

Annexes

Références bibliographiques

Table des matières

Introduction	1
---------------------------	---

Partie bibliographique

Chapitre I.

Fromage fondu

I.1. Aperçu historique et économique du fromage fondu	3
I.2. Présentation du fromage fondu	3
I.2.1. Définition du fromage fondu.....	3
I.2.2. Les différents types du fromage fondu.....	4
I.2.3. La valeur nutritionnelle du fromage fondu.....	5
I.3. Ingrédients utilisés pour la fabrication du fromage fondu	6
I.3.1. Les matières premières	6
I.3.1.1. Matières premières laitières.....	7
I.3.1.2. Matières premières non laitières.....	8
I.3.2. Additifs alimentaires.....	10
I.3.3. Additifs technologiques de fonte.....	11
I.3.4. Rôle des sels de fonte	12
I.3.5. Facteurs favorisant la fonte	13
I.3.6. Phénomènes biochimiques de la fonte	14
I.3.6.1. Peptisation	14
I.3.6.2. Crémage-phase de restructuration	14
I.3.6.3. Refroidissement.....	14
I.4. Technologie de fabrication du fromage fondu	15
I.4.1. Sélection des matières premières.....	15
I.4.2. Ecrouûtage, découpage et broyage des fromages	15
I.4.3. Mélange	16
I.4.4. Fonte proprement dite	16
I.4.5. Stérilisation et crémage	16

I.4.6. Homogénéisation.....	17
I.4.7. Le conditionnement et emballage	17
I.4.8. Refroidissement	18
I.4.9. Stockage et conservation du produit fini	20
I.5. Défauts de fabrications du fromage fondu	20
I.5.1. Défaut d'origine microbiologique.....	20
I.5.2. Défaut d'origine physique.....	23

Chapitre II.

Le gingembre

II.1. Présentation du gingembre.....	26
II.2. Historique du gingembre.....	26
II.3. Description du gingembre	27
II.3.1. Classification Botanique	27
II.3.2. Composition chimique	28
II.4. Composition nutritionnelle du rhizome de gingembre	30
II.4.1. Rhizome frais	30
II.4.2. Le rhizome séché	31
II.5. Transformation du gingembre	33
II.6. Propriétés pharmacologiques du rhizome du gingembre	33
II.6.1. Action antioxydante	34
II.6.2. Effet sur la pression artérielle	34
II.6.3. Activités anti-inflammatoire et analgésique.....	35
II.6.4. Effets sur les nausées et les vomissements	I.2. Présentation du fromage
fondu	35
II.6.5. Actions antimicrobiennes	36
II.7. Précaution dans la consommation du gingembre	36

Partie expérimentale

Chapitre III.

Matériel et méthode

III.1. Lieu de stage	38
----------------------------	----

III.2. Matériel d'étude	40
III.2.1. Matériel biologique.....	40
III.2.2. Matériel non biologique	40
III.3. Méthodes utilisées	41
III.3.1. Présentation du procédé de fabrication	41
III.3.2. Essais de l'incorporation de la poudre de gingembre dans le fromage fondu	42
➤ Le produit fini témoin	43
➤ Essais de formulation	43
III.3.3. Suivi de la stabilité	43
III.3.4. Evaluation sensorielle	44
III.3.5. Etude statistique	45
III.3.6. Analyses physico-chimiques.....	45
III.3.6.1. Prélèvements et constitution d'échantillons	45
III.3.6.2. Analyses	46
➤ Détermination du titre alcalimétrique (TA) et Titre Alcalimétrique Complet (TAC) d'eau.....	47
➤ Détermination du titre hydrométrique	48
➤ Détermination de chlorure Cl^-	49
➤ Mesure du pH	49
➤ Détermination de l'extrait sec	50
➤ Détermination de l'extrait sec dégraissé.....	52
➤ Détermination de l'humidité	52
➤ Détermination de matière grasse	52
➤ Détermination de la matière minérale du gingembre.....	55
➤ Détermination de la cellulose brute	56
➤ Dosage de la matière azotée total.....	56
III.3.7. Analyse microbiologiques	58
III.3.7.1. Echantillonnage	58
III.3.7.2. Préparation des dilutions	60
➤ Recherche et dénombrement des germes mésophiles totaux.....	61
➤ Recherche et dénombrement des spores de <i>Clostridium</i> sulfito- réducteur	62

➤ Recherche et dénombrement des coliformes par comptage des colonies	63
➤ Recherche et dénombrement des coliformes par le nombre le plus probable (NPP)	64
➤ Recherche et dénombrement de <i>Staphylococcus aureus</i>	66
➤ Recherche et dénombrement des levures et moisissures	67
➤ Recherche et dénombrement des germes totaux dans l'eau.....	68
➤ Recherche et dénombrement des coliformes dans l'eau	70
➤ Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau..	71
➤ Recherche et dénombrement des Clostridium Sulfito-réducteur dans l'eau de process	72
➤ Dénombrement et recherche des salmonelles dans la poudre de gingembre	73

Chapitre IV.

Résultats et discussion

IV.1. Les résultats des analyses physico-chimiques	75
IV.1.1. Matières première	75
IV.1.2. Les produits finis	78
IV.1.2.1. Variation de l'extrait sec	79
IV.1.2.2. Variation de la matière grasse	80
IV.1.2.3. Variation du G/S	81
IV.1.2.4. Variation du pH	81
IV.1.2.5. Variation de l'humidité	82
IV.1.2.6. Variation de la MAT	83
IV.2. Résultats des analyses microbiologiques	83
IV.2.1. Matières première	83
IV.2.2. Produits finis	87
IV.3. Résultats de l'étude de stabilité des produits finis	88
IV.3.1. variations du pH	89
IV.3.2. Variation de l'EST	90
IV.3.3. Variation de la matière grasse	91

IV.4. Les résultats des analyses sensorielles	92
IV.4.1. Résultats du test hédonique	92
IV.4.2. classement des essais par ordre de préférences	95

Conclusion	96
-------------------------	----

Annexes

Références bibliographiques

La lise des abréviations

Abs : Absence

AFNOR : Association Française de Normalisation

ANOVA Analyse de la variance

AOAC: Association of official analytical chemistry

Art : Article

BCPL : Bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol

CSR : *Clostridium* Sulfito-Réducteur

D/C : Double Concentration

F° : degré français

E : Essai

ESD : Extrait sec dégraissé

EST : Extrait sec total

g : gramme

G.I.G : Groupe Industriel Goumidi

G/S : Gras sur Sec

h : heure

H: Humidité

ISO : International standardisation organisation

J.O.R.A: Journal Officiel de la République Algérienne

Kcal : kilocalorie

Kg : kilogramme

L : litre

MAT : Matière Azotée Totale

mg : milligramme

MG : Matière grasse

ml : millilitre.

Min, mn : minute

NT: Azote total

NPP: Nombre le Plus Probable

OMS : Organisation Mondiale de la santé.

PCA: plate Count Agar

pH : potentiel d'Hydrogène

S/C : Simple Concentration

S.aureus : *Staphylococcus aureus*

T° : Température

TPS : Tube en Plastique Stérile

trs : Tours

TSE : Tryptone Sel Eau

UFC : Unité Formant Colonie

UHT : Ultra Haute Température

V : Volume.

VF : Viande Foie.

VRBL : Violet Red Bile agar with Lactose.

La liste des figures

Figure 1 : Représentation schématique des phénomènes biochimiques de la fonte	15
Figure 2 : Etapes de fabrication de fromage fondu.....	19
Figure 3 : Schéma de la plante entière du <i>Zingiber officinale</i>	27
Figure 4 : La plante entière du <i>Zingiber officinale</i>	28
Figure 5 : Quelques principes actifs de l'oléorésine du gingembre.....	30
Figure 6 : Les étapes de fabrication du fromage fondu en portion.....	39
Figure 7 : Teneur en EST des produits finis	79
Figure 8 : Valeurs de la matière grasse des différents produits finis.....	80
Figure 9 : Valeurs du G/S des produits finis	81
Figure 10 : Valeurs du pH des différents produits finis	81
Figure 11 : Valeur de l'H% des produits finis	82
Figure 12 : Variation de la MAT dans les produits finis.....	83
Figure 13 : Variation du pH des produits finis au cours du stockage	89
Figure 14 : Variation de l'EST des produits finis au cours du stockage	90
Figure 15 : Variation de la MG des produits finis au cours de stockage	91
Figure 16 : Les caractéristiques des dégustateurs	92
Figure 17 : Profil sensoriel des essais d'incorporations de la poudre de gingembre dans un fromage fondu.....	92
Figure 18 : Les trois essais de formulation de fromage fondu au gingembre	94
Figure 19 : Classement des échantillons.....	95
Figure 20 : préparation des dilutions pour les produits liquides.....	Annexe2
Figure 21 : Préparation de la dilution mère et les dilutions décimales pour le produit solide.....	Annexe2
Figure 22 : Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux.....	Annexe2
Figure 23 : Recherche et dénombrement des spores de <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs.....	Annexe2

- Figure 24:** Recherche et dénombrement des coliformes en milieu solide.....Annexe2
- Figure 25:** Recherche et dénombrement des coliformes dans un milieu liquide.....Annexe2
- Figure 26:** Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus*.....Annexe2
- Figure 27:** Recherche et dénombrement des levures et moisissures.....Annexe2
- Figure 28:** Recherche et dénombrement des germes totaux dans l'eau.....Annexe2
- Figure 29:** Recherche et dénombrement des coliformes dans l'eau de process.....Annexe2
- Figure 30:** Recherche des streptocoques fécaux dans l'eau de process.....Annexe2
- Figure 31:** Recherche et dénombrement des spores de *Clostridium* sulfito-réducteur dans l'eau de process.....Annexe2
- Figure 32:** Recherche et dénombrement des salmonelles.....Annexe2
- Figure 33:** Les différentes transformations du rhizome du gingembre..... Annexe4

La liste des tableaux

Tableau N°1 : Composition nutritionnelle du fromage fondu.....	5
Tableau N°2 : Taux d'incorporation des acides et des sels de fonte	12
Tableau N°3 : Origines possibles des défauts de fabrication.....	23
Tableau N°4 : défauts observés au cours du stockage.....	24
Tableau N°5 : Composition chimique moyenne pour 100 g de rhizome	30
Tableau N°6 : Apport énergétique et valeurs nutritionnelles di rhizome séché	31
Tableau N°7 : La composition du fromage fondu témoin pour 100g.	42
Tableau N°8 : Composition du fromage fondu témoin et des essais (1Kg).....	43
Tableau N°9 : Les analyses physicochimiques effectuées sur les différents prélèvements	46
Tableau N°10 : les analyses physico-chimique d'eau.....	47
Tableau N°11 : Les analyses microbiologiques effectuées sur les différents prélèvements	58
Tableau N°12 : Les germes recherchés, les milieux de cultures, le temps et la température d'incubation	59
Tableau N°13 : Résultats des analyses physico-chimique de la poudre de lait	75
Tableau N°14 : Résultats des analyses physico-chimiques du Cheddar	76
Tableau N°15 : Résultats physico-chimiques du beurre	76
Tableau N°16 : Résultats des analyses physico-chimique de l'eau de process.....	77
Tableau N°17 : Résultats des analyses physicochimiques de gingembre	78
Tableau N°18 : Résultats des analyses physico-chimiques des produits finis.....	79
Tableau N°19 : Résultats des analyses microbiologiques de la poudre de lait	84
Tableau N°20 : Résultats des analyses microbiologiques du cheddar	84
Tableau N°21 : Résultats des analyses microbiologiques de beurre	85
Tableau N°22 : Résultats des analyses microbiologiques de l'eau de process	86
Tableau N°23 : Résultats des analyses microbiologiques de la poudre de gingembre	87
Tableau N°24 : Résultats des analyses microbiologique des produits finis	88
Tableau N°25 : Evolution et stabilité de pH.....	89

Tableau N°26 : Evolution et stabilité de l'EST	90
Tableau N°27 : Evolution et stabilité de la MG.....	91
Tableau N°28 : Résultat de test du classement	95
Tableau N°29 : Le matériel de laboratoire de physicochimie et de microbiologie de l'entreprise G.I.G	Annexe1
Tableau N°30 : les milieux de cultures utilisées et leurs composition	Annexe3

La liste des annexes

Annexe 1 : Tableau représentant le matériel de laboratoire de physicochimie et de microbiologie.

Annexe 2 : Les figures des analyses microbiologiques.

Annexe 3 : Tableau représente les milieux de cultures utilisées et leurs compositions.

Annexe 4 : Les différentes transformations du rhizome de gingembre

Annexe 5 : Table de Mac Grady.

Annexe 6 : Les analyses statistiques.

Annexe 7 : Fiche de dégustation.

Glossaire

Herbacé : en botanique, qui a l'aspect de l'herbe.

Algie : en médecine, douleur physique.

Analgésique : en médecine, qui rend insensible à la douleur.

Antalgique : en pharmacologie, calmant la douleur.

Antiarthritique : en médecine, pour combattre l'arthrite.

Antibactérien : en biologie, prévenant ou combattant les bactéries, l'infection bactérienne.

Antipyrétique : en pharmacologie, réduisant la fièvre.

Anticancéreux : en pharmacologie, qualifie une thérapeutique destinée à lutter contre la prolifération cancéreuse.

Antiémétique : en pharmacologie, propre à combattre les vomissements.

Antifongique : qui détruit les champignons ; en pharmacologie, luttant contre les infections par les champignons.

Anti-inflammatoire : en pharmacologie, propre à combattre l'inflammation

Antimicrobien : en biologie, prévenant ou combattant l'infection microbienne.

Antimigraineux : en pharmacologie, combattant la migraine, les douleurs migraineuses.

Antioxydant : composé qui protège les cellules du corps des dommages causés par les radicaux libres. (Ces derniers sont des molécules très réactives qui seraient impliquées dans le développement des maladies cardiovasculaires, de certains cancers et d'autres maladies liées au vieillissement.)

Cholagogue : en médecine, qualifie une substance à effet cholérétique, évacuant la bile.

Hypoglycémiant : en médecine, se dit d'un médicament qui provoque une diminution du taux de glucose dans le sang.

A une époque où les produits alimentaires sont de plus en plus industrialisés et standardisés et/ou le consommateur a besoin d'être rassuré sur ce qu'il mange, un intérêt tout particulier se porte sur les produits de large consommation. Parmi ces produits, le fromage.

Le fromage a toujours été une valeur sûre de l'alimentation humaine. C'est le résultat d'une transformation du lait. Et d'anciens écrits témoignent de sa fabrication quelque trois mille ans avant notre ère en basse Mésopotamie (**Boutonnier, 2000**). Il constitue une forme ancestrale de conservation des protéines, de la matière grasse, ainsi qu'une partie du calcium et du phosphore et dont les qualités nutritionnelles et organoleptiques sont appréciées par l'homme dans toutes les régions du globe (**Mahaut et al., 2000**). Les fromages se présentent sur le marché sous diverses variétés.

En Algérie, le fromage le plus consommé est le fromage fondu. Les algériens en consomment plus de 20 000 tonnes par an. Le fromage en portions se taille la part de lion. Ce qui explique cette tendance à la consommation, c'est le facteur de conservation de longue durée et également le moins cher (**Arbaoui, 2007**).

L'évolution de nos habitudes alimentaires a conduit l'industrie à proposer au consommateur des aliments de plus en plus élaborés qui répondent au mieux à ses besoins sur le plan nutritionnel et organoleptique.

Dans ce contexte, le travail présenté dans ce mémoire se veut une étude des caractéristiques physicochimique, microbiologique et organoleptiques d'un fromage fondu diététique enrichi par la poudre de gingembre à différents pourcentages (**0.5, 1, 1.5%**), tout en citant ses effets thérapeutiques sur la santé.

Hormis l'introduction et la conclusion, le manuscrit, résultat de ce travail, est donc organisé en trois grandes parties.

La première partie consiste en une synthèse bibliographique sur le fromage fondu, après des généralités sur le gingembre.

Dans la deuxième partie est alors exposé l'éventail de matériel et méthodes mis en œuvre dans le cadre du travail expérimental. Des analyses physico-chimiques

et microbiologiques sur le gingembre, la matière première du fromage fondu et les produits finis, ainsi une analyse sensorielle sur le produit fini a été réalisée pour déterminer son acceptabilité auprès du consommateur.

Notre démarche expérimentale s'est articulée autour des réponses à apporter aux questions suivantes :

- L'incorporation de la poudre de gingembre va-t-elle influencer les paramètres physico-chimiques du fromage fondu ?
- Les produits finis seront-ils conformes aux normes exigées ?
- Ce nouveau produit sera-t-il apprécié par le consommateur ?

Les résultats sont ensuite développés dans une troisième partie.

A une époque où les produits alimentaires sont de plus en plus industrialisés et standardisés et/ou le consommateur a besoin d'être rassuré sur ce qu'il mange, un intérêt tout particulier se porte sur les produits de large consommation. Parmi ces produits, le fromage.

Le fromage a toujours été une valeur sûre de l'alimentation humaine. C'est le résultat d'une transformation du lait. Et d'anciens écrits témoignent de sa fabrication quelque trois mille ans avant notre ère en basse Mésopotamie (**Boutonnier, 2000**). Il constitue une forme ancestrale de conservation des protéines, de la matière grasse, ainsi qu'une partie du calcium et du phosphore et dont les qualités nutritionnelles et organoleptiques sont appréciées par l'homme dans toutes les régions du globe (**Mahaut et al., 2000**). Les fromages se présentent sur le marché sous diverses variétés.

En Algérie, le fromage le plus consommé est le fromage fondu. Les algériens en consomment plus de 20 000 tonnes par an. Le fromage en portions se taille la part de lion. Ce qui explique cette tendance à la consommation, c'est le facteur de conservation de longue durée et également le moins cher (**Arbaoui, 2007**).

L'évolution de nos habitudes alimentaires a conduit l'industrie à proposer au consommateur des aliments de plus en plus élaborés qui répondent au mieux à ses besoins sur le plan nutritionnel et organoleptique.

Dans ce contexte, le travail présenté dans ce mémoire se veut une étude des caractéristiques physicochimique, microbiologique et organoleptiques d'un fromage fondu diététique enrichi par la poudre de gingembre à différents pourcentages (**0.5, 1, 1.5%**), tout en citant ses effets thérapeutiques sur la santé.

Hormis l'introduction et la conclusion, le manuscrit, résultat de ce travail, est donc organisé en trois grandes parties.

La première partie consiste en une synthèse bibliographique sur le fromage fondu, après des généralités sur le gingembre.

Dans la deuxième partie est alors exposé l'éventail de matériel et méthodes mis en œuvre dans le cadre du travail expérimental. Des analyses physico-chimiques

et microbiologiques sur le gingembre, la matière première du fromage fondu et les produits finis, ainsi une analyse sensorielle sur le produit fini a été réalisée pour déterminer son acceptabilité auprès du consommateur.

Notre démarche expérimentale s'est articulée autour des réponses à apporter aux questions suivantes :

- L'incorporation de la poudre de gingembre va-t-elle influencer les paramètres physico-chimiques du fromage fondu ?
- Les produits finis seront-ils conformes aux normes exigées ?
- Ce nouveau produit sera-t-il apprécié par le consommateur ?

Les résultats sont ensuite développés dans une troisième partie.

I.1. Aperçu historique et économique du fromage fondu

Par rapport à certains fromages dont l'existence remonte à plusieurs siècles, les fromages fondus datent seulement du début du 20^{ème} siècle, à partir de cette époque que le fromage fondu est devenu une source importante de protéines. Les premiers essais eurent lieu en 1908.

Trois ans plus tard, deux suisses, **Walter Gerber** et **Fritz Stettler**, inventent un procédé permettant de transformer une pâte d'emmental fondue et granuleuse en une émulsion stable pouvant longtemps se conserver. Le fromage fondu était né en 1917, les frères Graf créèrent la première usine de fabrication de fromage fondu en Europe. Mais ce n'est qu'en 1930 qu'un très grand progrès fût obtenu grâce à l'utilisation de polyphosphate de sodium ; ces sels de fonte vont permettre de fondre efficacement les fromages à pâte pressée cuite ; ceci est à l'origine du développement important du fromage fondu. Aujourd'hui, plus de 10 millions de portions de ce fromage fondu sont dégustées chaque jour sur la planète soit 2500 portions toutes les 20 secondes (**Chambre et Daurelles, 2006**).

L'Algérie est le premier consommateur de lait et dérivés du lait au Maghreb, elle se place ainsi au troisième rang mondial en matière d'importation de laits et produits laitiers, après l'Italie et le Mexique (**Amellal, 1995**).

Malgré l'immense diversification des types de fromage dans le marché, les fromages en portions ressortent avec une meilleure prédilection du consommateur algérien au dépend des autres types de fromage qui sont considérés comme des produits de luxe. L'Algérie est un pays importateur de fromage fondu. L'évolution des importations de fromage fondu a enregistré un taux très élevé en 2010. Ceci montre que la production des fromages en Algérie était faible et n'arrivait pas à satisfaire les besoins du marché algérien (**Anonyme, 2010**).

I.2. Présentation du fromage fondu

I.2.1. Définition du fromage fondu

Le fromage fondu est un produit obtenu par le mélange de fromage de différentes origines et à différents stades d'affinage avec des sels de fonte ; ce mélange est broyé puis chauffé sous vide partiel et agitation constante , jusque à l'obtention d'une masse homogène qui est conditionnée dans un emballage protecteur (**Paquet, 1988 ; Guinee et al., 2004**) ; on peut ajouter d'autres matières

premières d'origine laitière (beurre , la poudre de lait ou incorporer des ingrédients aromatiques) (**Eck ;1997et vierling .1999**) .

Le produit obtenu est homogène, stable et se conserve parfaitement dans le temps. Ses principaux avantages cités par (**Hokes et al ,1989**) :

- C'est un Produit stabilisé par traitement thermique, ce qui lui confère d'excellentes qualités de conservation et permet sa commercialisation même dans les zones à climats chauds ;
- C'est un Produit à goût doux et régulier ;
- Un Produit présentant une excellente valeur nutritionnelle du fait de l'origine laitière des matières premières utilisées ;
- Produit à large possibilités de présentation, d'usage et d'aromatisation ; le produit peut être consommé à tout moment de la journée, à froid comme à chaud, pour le grignotage, le tartinage ou la cuisine.

I.2.2. Les différents types du fromage fondu

La commission de codex alimentarius 2004 a classé le fromage fondu en deux catégories selon les caractéristiques physique du produit : **fromage fondu** et **fromage fondu a tartiné** qui diffèrent par leurs taux d'humidité, le fromage fondu a tartiné étant plus doux (**Smith, 1990**).

Alors que, D'après (**Boutonnier, 2000**), ces produits issus de la fonte de fromages peuvent être regroupés en cinq familles classées ci-après par ordre chronologique d'apparition sur le marché mondial:

- **Fromage fondu type « bloc »** : le traitement thermique subi est modéré de manière à conserver au produit fini une élasticité marquée est une bonne tranchabilité comparable a celle d'un fromage classique. Pour assurer sa stabilité, 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 a quatre points de moins de matière sèche que le précédent, ce qui le rend plus agréable a 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 fonte)** : il se présente généralement sous forme de tranches adaptées a une utilisation dans les cheeseburgers, les croque-monsieur ... ce produit doit refondre rapidement sans carbonisation superficielle, comme une tranche d'emmental par exemple, ce qui exige une préservation importante de la structure protéique 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.

Ces divers présentations de fromage fondu ne diffèrent en réalité que par la teneur en extrait sec, le rapport MG/EST et le mode de traitement thermique appliqué au cours de la fonte.

I.2.3. La valeur nutritionnelle du fromage fondu

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). Comme tous les produits laitiers, c'est une source importante de protéines et de calcium (**Chambre et Daurelles, 2006**).

La composition nutritionnelle du fromage fondu est représentée dans le tableau suivant :

Tableau N°1 : Composition nutritionnelle du fromage fondu.

Eléments constitutif du fromage fondu	Quantité (pour100g)
Eau (g)	48
Energie (Kcal)	280
Glucides (g)	2,5
Lipides (g)	22
Protéines (g)	18
Calcium (mg)	680
Phosphate (mg)	900
Potassium (mg)	95

Sodium (mg)	1650
Zinc (mg)	9

(Carole, 2002).

I.3. Ingrédients utilisés pour la fabrication du fromage fondu

I.3.1. Les matières premières

Les spécialités fromagères sont fabriquées à partir des matières premières laitières et non laitières ; caséine ou caséinates, lactosérum, matière grasse d'origine laitière et végétale, amidons, sels de fonte, additifs... (Cari , 2000 ; Fox et al., 2000 ; Huang et al., 2010).

I.3.1.1. Matières premières laitières

Elles représentent la majeure partie des matières premières utilisées en fonte. Les matières premières utilisées pour la fabrication du fromage fondu sont très divers ; souvent l'association de variétés différentes de fromage à des degrés d'affinages divers donne de bons résultats à savoir la saveur caractéristique.

- **Les fromages :**

Le fromage fondu et la spécialité fromagère sont les produits laitiers dans lesquels le fromage est l'ingrédient laitier majoritairement utilisé comme matière première (Commission codex alimentarius, 2004). Une sélection adaptée des fromages naturels est primordiale pour la fabrication d'une spécialité fromagère de qualité (Chambre et Daurelles, 1997).

Le fromage fondu est généralement fabriqué à partir d'un mélange de différentes variétés de fromages dont les critères de sélection sont : le type, la saveur, la maturité, la consistance, la texture et l'acidité (Eck et Gillis, 1997).

Le fromage de fonte destiné à la fabrication des fromages fondus doivent provenir de lait de vache saine et indemne de toute maladie contagieuse ou transmissible à l'homme.

Les fromages les plus utilisés pour la fonte sont selon Mahaut et al (2000) :

- Des fromages à pâte pressée cuite : Emmental, Gruyère, Comté ;
- Des fromages à pâte pressée non cuite : Cheddar, Gouda, Saint-paulin ;
- Des fromages à pâte persillée : Roquefort Bleus ;
- Des fromages blancs, pour la fabrication de «fromage blanc fondu pour tartiner».

Le cheddar, fromage de type anglo-saxon est le fromage le plus fabriqué dans le monde, il a une croûte dure et lisse, parfois couverte de cire et de toile, sa pâte est homogène, ferme et lisse, de couleur crème paille et son goût est doux et piquant.

- **Matière grasse laitière :**

L'incorporation de matière grasse laitière est fréquente pour ajuster la teneur finale en matière grasse du produit et lui conférer des qualités organoleptiques notamment aromatiques agréables ; elle se fait essentiellement sous forme de beurre, de crème, de matière grasse laitière anhydride ou autres présentations commerciales.

La qualité des matières grasses laitières mise en œuvre est importante pour éviter l'apparition de défauts liés à l'oxydation (**Eck et Gillis, 1997**).

- **Autres matières premières laitières :**

- **Produits laitiers :** Parmi les principales matières premières utilisées, on peut citer :

- Les concentrés protéiques laitiers obtenus par ultrafiltration (cheese-base, rétentats,...), l'apport de protéines de sérum est possible, mais à faible taux ne devant pas excéder 5% (de la formule).

- Les poudres de lait écrémé
- Lactosérum
- Lactose
- Caséines-caséinates
- Protéines de sérum

Les matières premières laitières présentent un intérêt particulier car elles permettent de réguler les excédents et apportent des constituants notamment protéiques non dégradés par l'affinage.

En outre, elles améliorent la tartinabilité et la stabilité du fromage fondu, mais elles ne doivent pas être utilisées en quantité trop importante sous peine d'affecter la consistance du produit ou d'être à l'origine de réactions de Maillard.

L'incorporation de caséine acide ou présure, et/ou de caséinates apporte des protéines natives favorables à l'obtention d'un gel protéique stable dans le fromage fondu.

Par ailleurs, des études récentes ont été menées sur l'utilisation de nouvelles matières premières spécifiques à la fabrication du fromage fondu.

À titre d'exemple, la substitution de fromages naturels par du caséinate de calcium, l'utilisation de «cheese-base» à partir de rétentats maturés mis au point pour cette utilisation, de fromage à affinage accéléré ou de concentrés apportant des arômes fromagers (**Eck et Gillis, 1997**).

- **Préfonte :**

Il s'agit de fromage déjà fondu qui résulte de la récupération de la pâte contenue dans différents endroits du circuit du produit dans l'atelier en fin de production et notamment au niveau du conditionnement. On a constaté en pratique que lorsque la préfonte était refondue, la préfonte se comportait sur le plan de la chimie des colloïdes comme un fromage fondu ayant été exposé depuis un certain temps déjà aux phénomènes chimiques, physiques et mécaniques du processus de fonte. Ainsi, la préfonte transmet fortement ce processus physicochimique de modification de la structure au fromage fraîchement fondu auquel elle est ajoutée. Dès lors, le crémage est beaucoup plus rapide qu'en l'absence de préfonte (**Berger et al, 1993**).

Mais pour que cette addition soit profitable, la préfonte doit être de bonne qualité texturale, c'est-à-dire « crémeuse » et non surcrémée, sous peine d'entraîner un surcrémage de toute la pâte du fromage fondu. Son rôle régulateur du processus de fonte se justifie surtout dans le cas des fabrications de produits tartinables et son taux d'incorporation varie de 2 à 10 % en masse selon la nature des matières premières mises en œuvre et le type de texture recherché pour les produits finis. Elle est particulièrement intéressante dans le cas de traitements UHT pour lesquels la pâte est extrêmement fluide après stérilisation et le crémage relativement délicat (**Patart, 1987**).

I.3.1.2. Matières premières non laitières

Elles peuvent être utilisées à des fins économiques ou nutritionnelles et être source de matière grasse et/ou de protéines. Toutefois, s'il y'a incorporation de ces matières non laitières, les produits obtenus ne peuvent prétendre à la dénomination «fromage fondu».

Les matières grasses végétales à base de palme, coco, soja sont utilisées à des fins économiques alors que les huiles d'olives et de colza le sont à des fins nutritionnelles (équilibre d'acides gras saturés/insaturés). Les protéines végétales (classiquement les protéines de soja), peuvent être utilisées pour des raisons culturelles ou économiques mais leur saveur particulière reste un frein à leur

utilisation. D'autres matières premières non laitières peuvent être utilisées dans un but d'aromatisation (aromates, épices, fruits et légumes) **(Gaucheron, 2004)**.

- **L'eau**

L'humidité des fromages étant généralement faible et puisque l'on incorpore des poudres, il est absolument nécessaire d'apporter de l'eau au mélange. Celle-ci permet de solubiliser et de disperser les protéines et d'émulsionner par conséquent la matière grasse libre. Cette eau doit être de qualité alimentaire, c'est-à-dire avec une faible teneur en micro-organismes et en contaminants chimiques tels que les nitrates. Elle peut être apportée sous forme liquide en une ou plusieurs fois à différents moments de la fabrication mais toujours froide afin d'assurer une quantité d'eau de condensation constante lors du chauffage. Dans le cas des traitements thermiques de type stérilisation UHT, cette eau est injectée sous forme de vapeur dans une plage de 120 à 140°C et sous une pression de 2,105 à 4,105 Pa **(Marshall, 1990 ; Berger et al., 1993 ; Gliguem et al., 2009a)**.

- **Le sel**

Le salage exerce un effet sélectif sur les microorganismes, les enzymes et sur de nombreux autres facteurs, il modifie les propriétés de l'eau, agit sur l'hydratation des protéines, change la solubilité d'autres sels minéraux et bien sûr intervient dans l'appréciation sensorielle des aliments **(Gaucheron, 2004)**.

- **Matières premières végétales**

Les matières premières d'origine végétale sont utilisées pour la fabrication du fromage fondu d'imitation **(Mounsey et al., 1999 ; 2008 ; Kiziloz et al., 2009)**. L'utilisation des matières premières d'origine végétale proscrit l'appellation « fromage fondu » et contraint à la dénomination « spécialité fromagère fondue » **(Boutonnier, 2002)**.

- **Graisses végétales**

Plus économiques que la matière grasse laitière, elles présentent en outre l'avantage d'une absence de cholestérol et d'une grande pauvreté en acides gras saturés **(Bachmann, 2000)**.

- **Protéines végétales**

Des études ont été entreprises sur le remplacement de la caséine dans les spécialités fromagères par différents types de protéines végétales ; les protéines de soja, des arachides et le gluten du blé. Ces dernières ont une capacité élevée

d'absorption d'eau et génèrent une consistance épaisse et peu fluide. Elles doivent être incorporées à de faibles doses (2 à 3 %) (**Chen et al., 1979**).

➤ **Amidon**

Aucun autre ingrédient alimentaire ne rivalise avec l'amidon en terme de polyvalence et d'application dans l'industrie alimentaire. Les amidons ont été employés pour la diversification des textures ; l'amélioration de l'esthétique des produits ; la simplification de la déclaration du label ; la réduction des coûts de production ; la garantie de la consistance des produits et pour prolonger la durée de conservation (**Taggart et al., 2009**).

I.3.2. Additifs alimentaires

➤ **Les colorants**

Ils sont essentiellement utilisés dans les pays anglo-saxons pour conférer au produit une couleur jaune-orangé. Il s'agit essentiellement de la bixine, du carotène, etc. (**Eck et Gillis, 1997**).

➤ **Agent de texture**

Ce sont des hydrocolloïdes qui, en présence d'eau ont un fort pouvoir épaississant voire gélifiant et une action stabilisante vis-à-vis de l'eau du produit. Ils peuvent être d'origine animale (gélatine), végétale (amidon, gommes de guar, de caroube, alginates, carraghénanes, carboxyméthylcellulose...) ou produits par voie fermentaire (gommes xanthane et gellane) (**Kiziloz et al., 2009**). Leur rôle est d'améliorer la consistance et l'onctuosité de la spécialité fromagère, et permet d'éviter toute synérèse et par conséquent faciliter le décolllement de l'emballage au contact du produit (**Guinee et al., 2002 ; Lucey et al., 2003**).

➤ **Les conservateurs**

L'acide sorbique, l'acide propionique et leurs sels (sels de sodium et de potassium, sels de sodium et de calcium), peuvent être utiles dans le cas de tranches comme agents anti-moisissures. De façon générale, l'emploi de conservateurs ne se justifie pas pour les produits traités à haute température et emballés dans des conditions favorables, toutefois, on peut utiliser la nisine comme inhibiteur des germes de clostridies butyriques, responsables de gonflements (**Eck et Gillis, 1997**).

I.3.3. Additifs technologique de fonte

D'après **Luquet (1985)**, ce sont les additifs les plus importants dans la fabrication du fromage fondu.

Les sels de fonte sont ajoutés au fromage afin de donner une pâte homogène. Le chauffage d'un fromage dans un pétrin, sous l'action d'un agitateur en absence de sel de fonte, donne une masse hétérogène qui se subdivise en trois phases Les protéines au fond, l'eau au milieu et la matière grasse en surface. Par contre l'addition de 3% de sels de fonte permet d'obtenir un produit homogène.

I.3.3.1. Les sels de l'acide phosphorique : les phosphates

On distingue :

Les monophosphates : plus communément appelés orthophosphates,obtenus par neutralisation progressive d'acide phosphorique avec de la soude.ces phosphates alcalins constituent d'excellents tampons pour le pH.

Les polyphosphates linéaires : ils sont obtenus à partir d'orthophosphates très pur par condensation à haute température, les diphosphates (ou pyrophosphates) sont distinguées des polyphosphates par leur pouvoir de crémage considérable (**Eck et Gillis, 1997**).

I.3.3.2. Les sels de l'acide citrique : Les citrates

Se sont de bons séquestrants du calcium mais ils n'ont aucune action structurante au cours du « crémage », ce qui ne permet pas l'obtention d'une pâte fondu courte recherchée dans les fromages fondus à tartiner. Ils sont souvent à l'origine de défauts de marbrure dus en général à des cristallisations avec le calcium (**Eck et Gillis, 1997**). C'est le dihydrate citrate trisodique qui convient le mieux pour la fabrication et qui est le plus stable au stockage (**Boutonnier, 2000**).

Le tableau N°2 illustre les types d'acides et de sels de fonte selon leurs taux d'incorporation réglementé dans les fromages fondus :

Tableau N°2 : Taux d'incorporation des acides et de sels de fonte.

Code International	Type d'acide ou de sel de fonte	Taux d'incorporation réglementaire selon JORA (mg /Kg)
E330	Acide citrique	BPF
E331	Citrates de sodium	
E338	Acide orthophosphorique	20000
E339	Orthophosphate de sodium	20000
E340	Orthophosphate de potassium	20000
E341	Orthophosphate de calcium	20000
E350	Diphosphates de sodium, Potassium et calcium	20000
E351	Triphosphates de sodium et potassium	20000
E452	Polyphosphates de sodium, Potassium et calcium	20000

(Art3 du Décret exécutif n°12-214, **JORA 2012**).

BPF : aucune quantité maximale n'est spécifiée.

I.3.4. Rôle des sels de fonte

Les principales propriétés pour lesquelles les sels de fonte sont utilisés sont :

- **Le pouvoir complexant ou chélatant** : Il peut être défini comme l'aptitude à fixer des cations métalliques pour former des complexes solubles ; cette propriété de séquestration qu'ont les polyphosphates permet de retirer le calcium du système protéique (**Wagner et Wagner-Hering, 1981 ; Lamure, 1988 ; Schär Et al., 2002**).
- **Le pouvoir tampon** : l'ajustement du pH d'une formule de fromage fondu constitue une étape importante dans le procédé de fabrication. Les valeurs de pH tolérées durant le procédé se situent entre 5,6 et 6,1, le pouvoir tampon

des sels de fonte affecte la conformation des protéines, l'hydratation et la séquestration du calcium **(Guinee et al., 2004)**.

- **Effet bactériostatique** : Certains sels possèdent un effet bactériostatique, c'est le cas surtout des polyphosphates et des orthophosphates qui peuvent inhiber très nettement la multiplication de plusieurs espèces de Salmonella, des bactéries à Gram-positif y compris *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Clostridium sporogenes* et *Clostridium botulinum* **(Loessner Et al., 1997)**. Les orthophosphates et les citrates, déstabilise l'enveloppe des micro-organismes **(Boutonnier, 2002)**.
- **Influence sur le goût et la couleur** : les sels de fonte ont une influence considérable sur le goût par exemple, les citrates confèrent un goût de frais, mais il est préférable de les utiliser avec les polyphosphates si on veut obtenir une saveur régulière **(Corine, 1989)**. D'autre part l'influence des sels sur la couleur est non négligeable ; c'est ainsi que les citrates de calcium qui se distinguent par leur blancheur **(Eck 1997 ; Corine 1989)**.

I.3.5. Facteurs favorisant la fonte

I.3.5.1. Effet de l'affinage du fromage

Plus le fromage est affiné, plus les protéines sont hydrolysées, plus elles perdent leurs propriétés émulsifiantes. D'où la nécessité de garder une quantité minimale nécessaire de caséine intacte **(Patart, 1987)**.

I.3.5.2. Effet du pH

Les phases de peptisation (déstructuration) et de restructuration ne sont possibles que dans une gamme de pH comprise entre 5,2 et 6,2. Vers des pH = 5, la capacité émulsifiante des caséines est altérée et ne permet plus d'obtenir l'émulsion **(Marchesseau et al., 1997)**.

I.3.5.3. Effet des sels de fonte

Une peptisation suffisante n'apparaît qu'avec la présence de polyphosphates dont le taux de polymérisation est au moins égal au tripolyphosphates dans le mélange des sels de fonte **(Eck et Gillis, 1997)**.

I.3.5.4. Effet de la préfonte

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 **(Berger et al., 1993)**.

I.3.6. Phénomènes biochimiques de la fonte

Les phénomènes biochimiques de la fonte peuvent être résumés en trois phases principales (**figure1**).

I.3.6.1. Peptisation

Après avoir broyé finement les matières premières fromagères et des mises en contact avec l'eau et les sels de fonte on assiste au démarrage de l'étape de déstructuration. Les sels de fonte chélatent le calcium lié aux protéines et transforment ainsi le paracaséinate de calcium insoluble en paracaséinate de sodium soluble (**Lee et al., 1979 ; Schäffer Et al., 1999**).

Après l'échange du calcium contre du sodium, les chaînes peptidiques sont en partie déroulées et dissociées ; c'est le stade de peptisation (**Schäffer et al., 2001**).

I.3.6.2. Crémage –phase de restructuration

Selon **Étienne (1992)**, l'étape de crémage correspond à un épaississement du produit qui a deux origines :

- La peptisation des protéines, qui permet l'hydratation des chaînes, aboutit à un gonflement du milieu et à une augmentation de la viscosité.
- Les pyrophosphates de calcium formés au cours du traitement thermique ont une taille qui leur permet de s'insérer entre les chaînes protéiques pour former des liaisons ioniques inter et intra-protéiques ce qui entraîne la gélification du réseau.

La constitution du réseau protéique se fait d'autant plus vite que l'on incorpore de la préfonte ; cette dernière (fromage fondu déjà structuré) va conférer au sein du mélange où elle est introduite un modèle favorisant les interactions, ce qui va accélérer la cinétique de restructuration (**Lee et al., 1986**).

I.3.6.3. Refroidissement

C'est au cours de cette phase que se produit la gélification. Le réseau protéique formé grâce aux liaisons hydrogènes, hydrophobes et ioniques établies, va se structurer pour former un gel qui va emprisonner fortement la matière grasse émulsionnée ainsi que l'eau d'hydratation (**Bowland et al., 2001 ; Hennelly et al., 2005**).

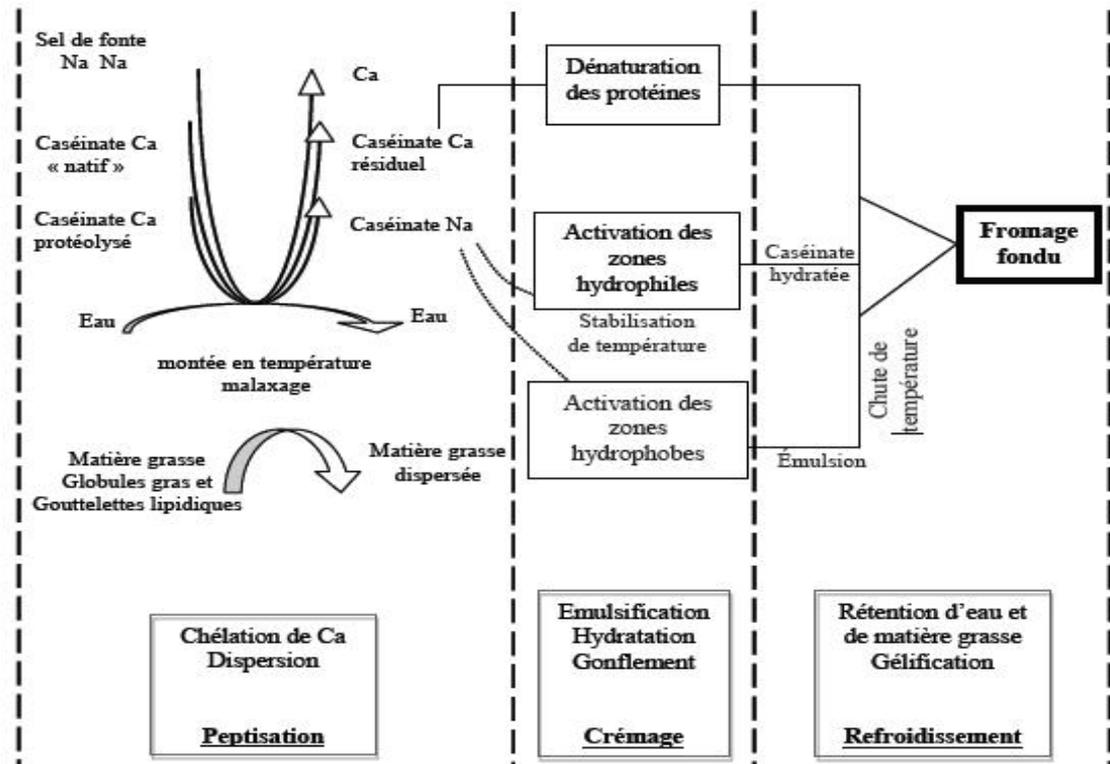


Figure 1: Représentation schématique des phénomènes biochimiques de la fonte (Paquet, 1988).

I.4. Technologie de fabrication du fromage fondu

Le processus complet des opérations de fabrication, du fromage affiné au produit fini. Le fromage fondu stérilisé et le pasteurisé comportent les phases suivantes.

I.4.1. Sélection des matières premières

Avant leur utilisation, les matières premières sélectionnées feront l'objet d'un contrôle rigoureux quant à leur composition physicochimique et bactériologique et leurs caractéristiques organoleptiques (Chambre et al., 1997).

I.4.2. Ecroûtage, découpage et broyage des fromages

Dans certains cas, la dureté des fromages peut entraîner des difficultés de fonte et une présence dans le produit fini de particules infondues.

L'ecroûtage des fromages est réalisé traditionnellement par raclage ou abrasion, ou encore par de nouvelles techniques telles que les jets d'eau chaude sous pression. Pour faciliter le mélange avec les autres ingrédients et réduire le temps de fonte, il est impératif de fragmenter les fromages (Boutonnier, 2000).

Ce broyage grossier est généralement suivi d'un broyage plus fin dans un appareil à double vis sans fin qui conduit les morceaux vers une grille dont les perforations mesurent 2 à 10 mm de diamètre selon le niveau d'intensité acceptable par le produit fini (**Eck et Gillis, 1997**).

I.4.3. Mélange

De l'eau et des sels de fonte sont ajoutés aux matières premières fromagères et laitières, puis un prébroyage de l'ensemble est effectué pendant quelques minutes pour obtenir un mélange prêt à être fondu (**Mcsweeney et al., 2004**).

I.4.4 Fonte proprement dite

C'est l'opération clef de la fabrication du fromage fondu, elle peut être réalisée dans des installations en continu reliées à des pompes d'eau, de vapeur et du vide.

Le temps et la température de fonte varient entre 70 et 95°C pendant 4 à 15 minutes, tout dépend de l'intensité de l'agitation, la texture souhaitée du produit fini et ses caractéristiques de conservation (**Fox et al., 2000**).

I.4.5. Stérilisation et crémage

Deux possibilités s'offrent aux industriels : soit une pasteurisation, soit une stérilisation.

Le traitement thermique passe par deux phases pour le fromage fondu stérilisé, Préchauffage à 85°C avant la stérilisation proprement dite, pour la stérilisation le produit préchauffé arrive à travers une tuyauterie en acier inoxydable au niveau de stérichoc où la température atteint 140°C pendant 4 à 20 secondes.

Un traitement thermique de 85 à 90 °C pendant 10 mn pour le fromage fondu pasteurisé (**Eck, 1997**).

Le choix s'effectue en fonction de la qualité bactériologique des fromages mis en œuvre et du matériel à disposition. Autrefois, la pasteurisation était le seul traitement utilisé. Les derniers développements, en matière de procédé continu, sont à mettre à l'actif des Suisses qui ont appliqué le principe de la stérilisation UHT au fromage fondu. Les traitements thermiques sont généralement suffisants pour éliminer toutes formes végétatives (**Warburton et al., 1986**), mais restent inadéquats pour se débarrasser des formes sporulées. Des températures supérieures à 130°C sont exigées pour éliminer quelques spores (**Zehren et Nusbaum, 1992 ; Mafart et al., 2001**).

Dans les cuiseurs continus, le mélange peut être chauffé jusqu'à 140°C pendant 2 à 20 secondes (traitement UHT à une valeur stérilisatrice de 4 min, c'est-à-dire de pratiquer un barème de stérilisation équivalent à 4 min à 121°C). Avec un tel traitement thermique, il est possible d'atteindre une conservation de 12 mois sans modifier la composition du fromage, sans ajouter un quelconque conservateur, ni procéder à un conditionnement aseptique. **(Zuber et al., 1987 ; Blond et al., 1988 ; Tatsumi et al., 1989 ; Tatsumi et al., 1991 ; Begueria, 1999).**

I.4.6. Homogénéisation

L'homogénéité du mélange est fondamentale pour assurer une bonne qualité du produit fini ; elle est notamment fonction du matériel, de l'intensité des forces de cisaillement générées par les systèmes d'agitation, ainsi que la durée de traitement. **(Kasomel, 1990).**

Cette étape améliore la stabilité de l'émulsion de matière grasse en diminuant la taille des globules gras ; elle améliore également la consistance, la structure, l'apparence et l'onctuosité des fromages fondus. L'homogénéisation n'est recommandée que pour des produits à teneur élevée en matière grasse **(Eck et Gillis, 1997).**

I.4.7. Le conditionnement et emballage

Le transfert du fromage se fait de plus en plus par des tuyauteries en acier inoxydable alimentant des couleuses pour éviter toute contamination au conditionnement **(Meyer, 1973).**

Le conditionnement est un processus très complexe. Il est réalisé actuellement au moyen des machines automatiques à des cadences très rapides **(Boutonnier, 2000).**

L'automatisation du conditionnement permet de réduire considérablement les risques de contamination de la pâte après les opérations de pasteurisation ou de stérilisation **(Luquet, 1985).**

Le fromage fondu chaud liquide est emballé dans les feuilles d'aluminium laqué ou des contenants en matériau plastique thermoscellable. Le fromage fondu peut être aussi emballé en tube, en boîte de conserve, ou dans des boyaux en plastique **(Meyer, 1973).**

I.4.8. Refroidissement

Le mode de refroidissement du fromage fondu varie selon le format et le type du produit.

Dans la majorité des cas, le fromage fondu conditionné à chaud doit être refroidi rapidement afin d'éviter les risques de brunissement enzymatique de la pâte. Cette vitesse de refroidissement varie avec la taille du produit et son système d'emballage. Dans le cas du fromage fondu traitable, un refroidissement rapide s'impose de manière à interrompre le processus de crémage plus ou moins intense et conserver au produit une structure courte indispensable à l'obtention d'une tartinabilité satisfaisante. Ce refroidissement peut se faire par circulation des produits sur des tapis à l'air ambiant mais les meilleurs résultats sont obtenus dans des tunnels de refroidissement (**Boutonnier, 2000**).

Le produit est refroidi et maintenu à une température comprise entre 70 et 95°C durant 4 à 15 minutes (**Zuber *et al.*, 1987 ; Blond *et al.*, 1988 ; Tatsumi *et al.*, 1989 ; Tatsumi *et al.*, 1991 ; Begueria, 1999**).

La figure 2 résume les étapes de fabrication d'un fromage fondu.

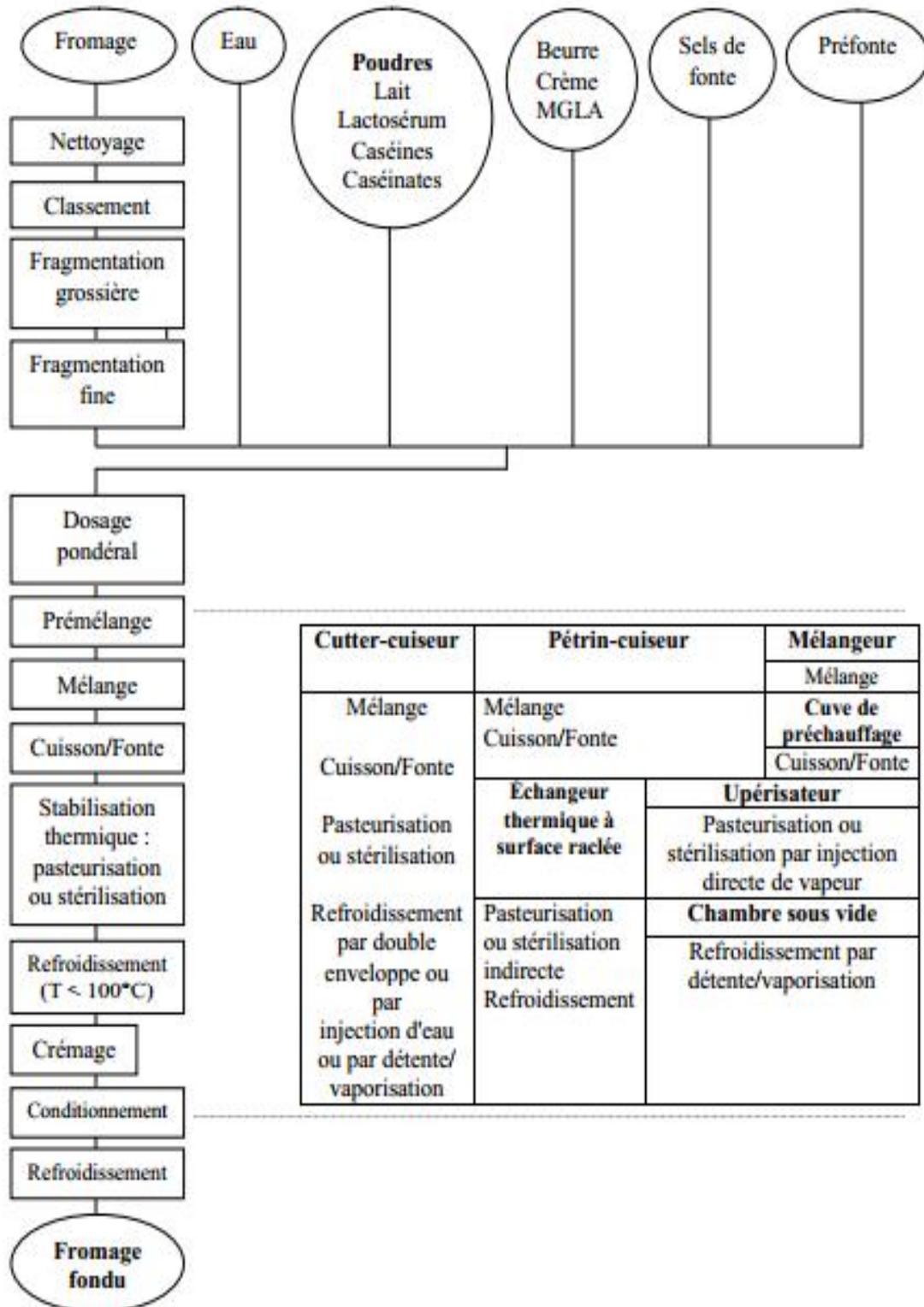


Figure 2 : Etapes de fabrication de fromage fondu (Boutonnier J.L., 2000)

I.4.9. Stockage et conservation du produit fini

Les produits mis en carton sont stockés dans des entrepôts dont la température se situe autour de 10 à 15°C et la durée de conservation peut être estimée entre 6 à 12 mois si les conditions optimales au cours de différentes étapes de fabrication sont bien respectées (**Eck et Gillis, 1997**).

A des températures de stockage comprises entre 30 et 35°C, une contamination par les moisissures, les levures et *Clostridium botulinum* pourra survenir ce qui peut mener à la sécrétion des toxines (**Kautter et al., 1979 ; Tanaka et al., 1979 ; Eckner et al., 1994**).

La conservation du fromage fondu nécessite certaines précautions élémentaires lors du stockage, du transport et de la distribution. Il s'agit de :

- 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 le brusque changement de température, notamment le passage du froid au chaud, ce qui provoque des condensations détériorant particulièrement les emballages en carton (**Luquet, 1985**).

I.5. Défauts de fabrications du fromage fondu

Les défauts de fabrication du fromage fondu dans une production bien suivie techniquement et réalisée avec une matière première de bonne qualité, sont relativement rares. Deux types de défaut sont généralement rencontrés ; il s'agit des défauts d'origine microbiologiques et physicochimiques.

I.5.1. Défaut d'origine microbiologique

Les défauts d'origine microbiologiques vont apparaître sous forme d'altération .ces dernières à leurs tours peuvent être divisées en deux origines, on note des altérations d'origine bactériennes, d'origine fongiques.

I.5.1.1. Altérations d'origine bactérienne

On peut les diviser en deux classes :

❖ les microorganismes pathogènes

➤ Salmonelles

Selon **Guiraud et Jeun (2003)** les salmonelles ont un pouvoir entéro-invasif ; les infections à salmonella peuvent donner lieu à trois types de manifestation cliniques :

- Les fièvres typhoïdes

- Les toxi infections alimentaires qui sont des gastroentérites
- Des troubles non digestifs

➤ **Staphylococcus aureus**

Le pouvoir pathogène de cette bactérie est lié à la production d'un grand nombre de substance diffusible, ou associée à la paroi (les enterotoxines) **(Bourgeois et al. 1996)**

Ces germes sont responsables des infections de la peau et des muqueuses des abcès des poumons et des septicémies .

Plus fréquemment elles causent des toxi infections par l'ingestion d'un aliment contaminé par les enterotoxines préformées **(Bourgeois et al ; 1996)**.

❖ **les bactéries témoin d'une contamination fécale**

➤ **les coliformes**

La présence de ce genre de bactéries ou plus particulièrement les coliformes thermorésistants, coliformes fécaux, est un indice de contamination fécale qui est due à une négligence technologique et hygiénique.

Les coliformes se caractérisent par le dégagement de gaz qui la cause du gonflement des fromages, il peut aussi être le responsable des toxi infections causées par Escherichia- Coli **(Guiraud,2003)**.

➤ **Les clostridium sulfito-réducteurs**

Peuvent produire des problèmes sanitaires par leur pouvoir pathogène, ainsi que des défauts technologiques par leurs capacités à sporuler dans les fromages fondus pasteurisés. Les altérations se traduisent par le gonflement, on considère comme une preuve de contamination fécale deux types de clostridium recherchés :

- Clostridium botulinum
- Clostridium perfringens

➤ **Les streptocoques fécaux (de groupe D)**

Les streptocoques de groupe D sont abondants dans les matières fécales de l'homme et des animaux.

Ce genre d'altération se manifeste seulement par des gonflements, souvent trois types sont rencontrés :

➤ **Gonflement précoces**

D'après **Mahaut et al 2000** ce phénomène peut se rencontrer dans tous les types de fromages dès le début de la fabrication .il se traduit par l'apparition d'une multitude de petits trous dans la pâte molle qui prennent l'allure d'une éponge débordante du moule.

Les accidents de gonflement sont dus à la multiplication des microorganismes gazogènes (levures, bactéries lactiques, coliformes). Ce dégagement de gaz est traduit par la production de CO₂ et les ions H⁺ à partir de la fermentation du lactose, du citrate ou encore d'autre sucre.

➤ **Gonflements tardifs (gonflement butyrique)**

C'est un des plus grave accidents qui apparaît entre 10 jours à 2 mois .il est rencontré dans tous les types de fromage ; mais surtout les fromages à pâte pressée cuite ou non cuite et dans le fromage fondu

C'est le résultat d'une fermentation butyrique, celle-ci est provoquée principalement par la présence d'une bactérie sporulée du genre *clostridium* (*clostridium tyrobutyricum*) c'est une bactérie anaérobies dont les spores sont thermo résistantes (**Mahaut et al., 2000**).

➤ **Gonflement traduit en un défaut de saveur**

Ce type d'altération a plusieurs origines, parmi lesquelles celles d'origine bactériennes .elles sont souvent dues au métabolisme de ces organismes .en effet, certains germes (bactérie lactique) produisent de manière tardive des enzymes lipolytiques et des enzymes protéolytiques, les enzymes lipolytiques conduisent à un défaut assez fréquent l'amertume, cette dernière est le résultat de l'accumulation de peptides de petite taille très hydrophobe, des acides amines, ou des amides .

I.5.1.2. Altérations d'origines fongiques

Ce sont les levures et les moisissures qui sont responsables de ce types d'altérations, elles ne possèdent pas un pouvoir pathogène, mais leur développement peut causer des altérations du produit .Généralement ce sont les gonflements qui se produisent, alors que certain germes d'altération se traduisent par l'apparition des goûts ou des odeurs anormaux ; on note par exemples des taches jaunâtre causées par les moisissures.

I.5.2. Défaut d'origine physique

Les défauts qu'on pourrait rencontrer sont extrêmement rares pour le fromage fondu et en tous cas beaucoup plus rare que pour les autres fromages, ces défauts peuvent apparaître au cours de processus technologique qu'au cours de stockage.

Les différentes origines possibles sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau N°3 : Origines possibles de défauts de fabrication et remèdes possibles à envisager.

Aspect de la pâte	Origine possible	Remèdes conseillés
La pâte n'est pas homogène	<ul style="list-style-type: none"> -La valeur de pH est trop basse -On a employé trop peu de sels de fonte . -Le temps de fonte a été très court 	<ul style="list-style-type: none"> -Augmenter le pH -Augmenter la dose -Augmenter la durée
La pâte fondue est trop liquide	<ul style="list-style-type: none"> -Fromage de fonte trop jeune -Les sels de fonte employés n'ont pas les facteurs crémants voulus -Le mélange contient une quantité élevée d'eau 	<ul style="list-style-type: none"> -Mélanger un fromage jeune avec un autre moyennement affiné. -Changer le sel de fonte par un autre sel de fonte a fort pouvoir crémant. -Vérifier la quantité d'eau
la pâte formes des fils au niveau du brasseur	<p>Mauvais crémages du à :</p> <ul style="list-style-type: none"> -L'emploi d'un sel non adéquat - Le temps de fonte est trop court. -Un sous dosage de sels de fonte 	<ul style="list-style-type: none"> -Choisir le sel de fonte approprié -prolonger la durer de la fonte -Augmenter la concentration des

	-Une vitesse trop lente du brasseur	sels. -Augmenter la vitesse de brasseur
La pâte très brillante et claire	La valeur de pH est trop élevée	-Ajuster le pH sur la valeur adéquate avec des sels correcteur acides - Veiller à ce que ces sels correcteurs soient bien dilués.
La pâte apparaît épaisse	La valeur de pH est trop basse	Augmenter la valeur de pH par l'emploi des sels correcteurs alcalins.

(Berger et al., 1989)

Au cours du stockage du fromage fondu, des problèmes concernant la qualité organoleptique du produit peuvent surgir (apparaître brusquement), le tableau N°4 montre quelques défauts observés au moment du stockage.

Tableau N°4 : défauts observés au cours du stockage et les remèdes possibles.

Aspect de la pâte	Origine possible	Remèdes conseillés
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 présente un goût instable.	-Goût fade, nul « de carton » du à des fromages jeunes. -Goût amer du à une matière de mauvaise fabrication.	-Ajouter des fromages plus vieux -vérification sensorielle approfondie des matières premières.

<p>le fondu a un goût prononcé de fromage</p>	<p>Cela est du dans la plupart des cas à un emploi des quantités élevées de fromage trop vieux, ou une valeur élevée du pH</p>	<p>-Mélanger du fromage plus jeune avec. -Réduire la quantité de sels de fonte en remplaçant la différence par du citrate de sodium qui a la capacité de couvrir le goût indésirable.</p>
<p>Le fromage est caoutchouteux.</p>	<p>-Gout alcalin du a un pH trop élevé, généralement supérieur a 6,2. -aucun apport de préfonte. -eau ajoutée en une seule fois. -vitesse de rotation du brasseur est trop lente.</p>	<p>-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.</p>

(Berger et *al.*, 1989)

II.1. Présentation du gingembre

La plante *Zingiber officinale* est une plante condimentaire et médicinale. Le gingembre ou rhizome de *Zingiber officinale*, est l'une des épices les plus prisées mondialement du fait de son caractère aromatique et de son âcreté (**Borget M, 1991**). Il pousse dans les régions tropicales, en particulier dans le sud et l'est de l'Asie. Cette épice est surtout commercialisée sous sa forme séchée (**Oti E., et al., 1988**).

II.2. Historique du gingembre

Le gingembre, *Zingiber officinale*, était déjà cultivé en Inde en tant qu'épice, médicament et aphrodisiaque avant l'apparition de l'écriture. Les premiers textes chinois le mentionnent en 400 avant Jésus-Christ.

Il y a 2 000 ans, la médecine chinoise le recommandait dans le traitement de la toux et des affections respiratoires.

Aujourd'hui, la pharmacopée chinoise lui reconnaît une action contre les vomissements, les refroidissements, les gastralgies et la toux grasse. En médecine indienne, il est utilisé comme fortifiant de la mémoire, digestif et carminatif, mais aussi dans le traitement préventif de la migraine.

La médecine arabe lui attribue la propriété aphrodisiaque et des vertus dans le traitement de troubles sexuels.

En Occident, le gingembre, connu d'abord en tant qu'épice, constituait un objet important de commerce entre l'Europe et l'Orient. Les Vénitiens l'achetaient en Égypte, et cette épice était, après le poivre, la plus commune des épices aux XIIIe et XIVe siècles. La plante qui produit le gingembre semble avoir été connue de Marco Polo vers 1285 qui disait l'avoir vue en Chine et en Inde. Le gingembre fut introduit en Amérique par Francisco de Mendoza et, dès 1547, de grandes quantités furent exportées des Indes occidentales vers l'Espagne. Au cours du XVIe siècle, il était connu pour avoir des vertus médicinales et utilisé pour combattre les troubles gastro-intestinaux, les diarrhées. Il entrait également dans la composition des bains de bouche, gargarismes et teintures dentifrices. Ainsi, les douleurs dentaires étaient soulagées en massant les gencives avec de l'huile essentielle et en introduisant un coton imbibé dans les dents cariées (**Maistre J, 1964**).

L'usage populaire a toujours utilisé le gingembre comme tonique, stimulant de la digestion et comme inhibiteur des fermentations gastro-intestinales. Quant aux

pêcheurs antillais, ils l'utilisent depuis des siècles pour se prémunir contre le mal de mer.

Le rhizome de gingembre frais, séché ou confit, faisait déjà partie de la cuisine orientale traditionnelle en tant qu'ingrédient et condiment. La plante est aujourd'hui largement cultivée en Chine, en Inde, en Asie du Sud-Est, en Afrique et au Brésil **(Daovy Allais, 2009)**.

II.3. Description du gingembre

La partie employée dans le gingembre est le rhizome **(Figure3)**, que l'on dessèche. Les morceaux, qui ont au maximum une dizaine de centimètres de long sur 1 à 1,5 de large, sont fortement comprimés latéralement et portent sur leur bord supérieur trois à quatre lobes, également aplatis, courts, obtus à leur extrémité.

Ces rhizomes sont remplis de féculé, à grains ovoïdes, arrondis, et contiennent des larmes d'une matière oléo-résineuse qui lui donne une odeur aromatique agréable et une saveur piquante **(Dechambre, 1877)**.

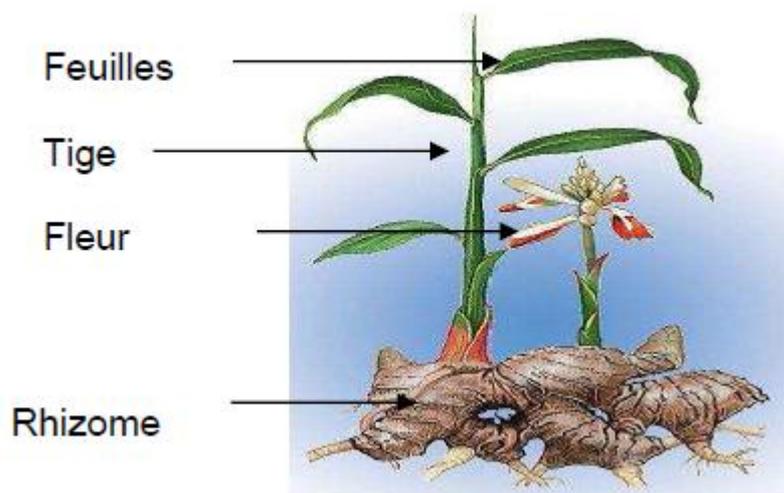


Figure 3 : Schéma de la plante entière du *Zingiber officinale*.

II.3.1. Classification Botanique

Le *Zingiber officinale*, fait partie de la famille des Zingibéracées, est une grande plante herbacée, d'environ 1,30 m, vivace par son rhizome **(Figure4)**. Les tiges stériles, sans fleur, portent des feuilles alternes, linéaires et lancéolées, ayant jusqu'à 20 cm de longueur. Les tiges fertiles, sans feuilles mais avec écailles, portent des fleurs zygomorphes de couleur jaune clair, à labelle pourpre tacheté de jaune qui rappelle la fleur de l'orchidée. Ces fleurs sont entourées de bractées vert pâle, formant des épis denses. Le rhizome, ramifié dans un seul plan, est gris, rugueux et

articulé en anneaux bien marqués. C'est par ce rhizome que la plante se reproduit. Son odeur est aromatique et sa saveur chaude et piquante. **(H.Richard et A.Loo , 1992).**

La systématique du gingembre est comme suit :

Règne : Végétal

Embranchement : Spermaphytes

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Monocotylédones

Ordre : Scitaminées

Famille : Zingibéracées

Genre : *Zingiber*

Espèce : *Officinale*

Et selon **H.B.Heath**, Spécialiste anglais des épices et des aromates, le gingembre fait partie du groupe : Des épices à saveur piquante et brûlante **(H.Richard et A.Loo , 1992).**



Figure 4 : La plante entière du *Zingiber officinale*.

II.3.2. Composition chimique

Le rhizome de *Zingiber officinale* est très riche en amidon, 10% à l'état frais et 60% à l'état sec, il renferme 0.25 à 3 % d'huile essentielle selon l'état de la matière, fraîche ou sèche, et de l'oléorésine (5 à 8%). Il contient aussi des protéines, lipides, hydrates de carbone, minéraux, vitamines et des enzymes protéolytiques

appelés zingibaïne. Il possède une odeur très aromatique et une saveur chaude et brûlante.

L'huile essentielle, dont la composition varie beaucoup en fonction de l'origine géographique, est responsable de l'arôme de la plante. Un grand nombre de constituants ont été identifiés dont les plus caractéristiques sont des carbures, principalement -sesquiterpéniques : et -zingibérène(traces à 7,4%), -sesquiphellandrol(0,2 à 1,6%) , ar-curcumène (5,7 à 27,1%), mais aussi -sesquiphellandrène(traces à 11,6%), -bisabolène (traces à 60,4%) , camphène (traces à 14 ,1%), linalol (1,0 à 5,4 %),nérolidol(0,6 à 1,6%) ,géranial (1,0 à 15,3 %), néral(0,6 à 10,1%) .

Les composés oxygénés sont surtout des aldéhydes (géranial, néral) et des alcools monoterpéniques.

La saveur piquante du rhizome est due à une résine contenant des arylalcanes, composés non volatils, à chaîne latérale aliphatique de longueur variable portant le plus souvent des groupes carbonyles et/ou hydroxyles. L'oléorésine renferme les principes piquants ; on distingue les gingérols (constituants majoritaires de ce groupe et désignés par des numéros différents selon la longueur de la chaîne latérale) accompagnés des cétones correspondantes et des produits de déshydratation, les shogaols, présents uniquement dans le rhizome séché, paradols et zingérone (**Bednarczyk et Kramer, 1975**) (**figure5**).

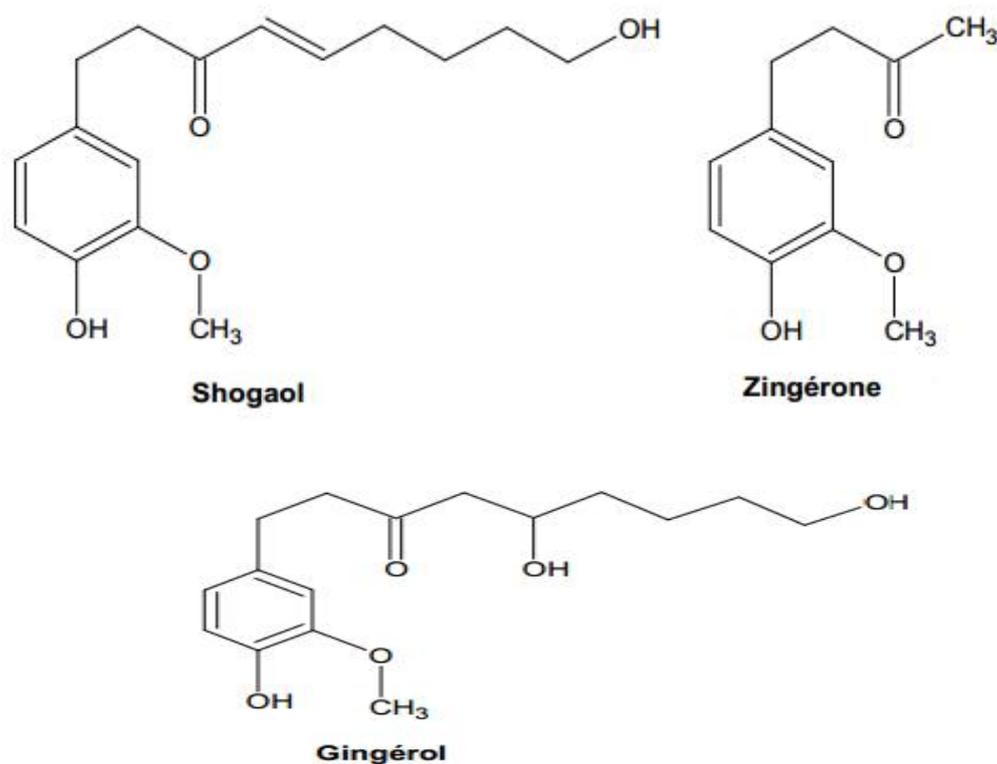


Figure 5 : Quelques principes actifs de l'oléorésine du gingembre.

II.4. Composition nutritionnelle du rhizome de gingembre

II.4.1. Rhizome frais

Les résultats de la composition nutritionnelle du rhizome de gingembre sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau N°5 : Composition chimique moyenne pour 100 g de rhizome.

Composants	Quantité (g)
Glucides (amidon en majorité)	10
Protides	1,80
Lipides (principalement dans l'huile essentielle)	1,50
Eau	85,00
Fibres alimentaires (cellulose)	>1.00

Minéraux	Quantité (mg)
Potassium	112,60
Phosphore	144,00
Calcium	43,00
Magnésium	157,00
Sodium	33,00
Fer	14,00
Cuivre	0,40
Vitamines	Quantité (mg)
Vitamines C (acide ascorbique)	35
Vitamines B1(Thiamine)	0,05
Vitamines B2(Riboflavine)	0,20
Vitamines B3 (nicotinamide)	0,20

(Zafimahova, 2006).

Selon le tableau N°5 le rhizome frais du gingembre contient une quantité importante d'eau 85g/100g, 10g/100g d'amidon, il est riche en sels minéraux et en vitamine surtout la vitamine C.

II.4.2. Le rhizome séché

L'apport énergétique (Calories) de 100 grammes et les nutriments (protéines, glucides, sucres, lipides, acides gras saturés, fibres alimentaires, sodium, sels minéraux et vitamines) qui entrent dans la composition de gingembre sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau N°6 : Apport énergétique et valeurs nutritionnelles du rhizome séché.

Composition	Quantité
Energie	
Energie - Calories	332 kcal
Energie - kilojoules	1400 kJ
Protéines	8.98 g
Glucides	57.5 g

dont Sucres	47,65g
Fibres alimentaires	9,85g
Lipides	4.24 g
dont Acide Gras saturés	2.6 g
dont Acide Gras monoinsaturés	0.479 g
dont Acide Gras polyinsaturés	0.929 g
Sodium	27 mg
soit équivalence en Sel	68.04 mg
Alcool	0 g
Eau	9.94 g
Minéraux	
Magnésium	214 mg
Phosphore	168 mg
Potassium	1320 mg
Calcium	114 mg
Manganèse	33.3 mg
Fer	19.8 mg
Cuivre	0.48 mg
Zinc	3.64 mg
Sélénium	-
Iode	-
Vitamines	
Vitamine A - Beta-Carotène	18 µg
Vitamine A - Rétinol	0 µg
Vitamine D	0 µg
Vitamine E	-
Vitamine K	-
Vitamine C	0.7 mg
Vitamine B1	0.046 mg
Vitamine B2	0.17 mg
Vitamine B3	9.62 mg
Vitamine B5	0.477 mg
Vitamine B6	0.626 mg

Vitamine B9	34 µg
Vitamine B12	0 µg

Table de composition nutritionnelle des aliments **Ciquial 2012**.

II.5. Transformation du gingembre

Le gingembre séché est produit à partir des Rhizomes mûres. C'est pour cela que les gingembres séchés ont un goût et un arôme plus prononcé. En général, le gingembre séché est exporté en gros morceaux et c'est une fois dans le pays de consommation que le conditionnement est effectué en épices plus petites. Les gingembres séchés peuvent être utilisés non seulement comme épice mais aussi comme matière première pour la production d'huile essentielle et d'oléorésine de gingembre.

Deux facteurs importants sont à considérer lors du choix des Rhizomes de gingembre à traiter (à sécher) :

➤ Etape de la maturité du gingembre : Les Rhizomes de gingembre peuvent être récoltés environ 5 mois après la plantation. A ce stade, ils ne sont pas encore mûres. Les racines sont tendres avec une saveur douce convenant à la consommation fraîche et pour la production de gingembres saumurés ou en sirop. C'est seulement une récolte 7 à 9 mois après la création de la plantation qui est convenable à la production de gingembre séché. A ce degré de maturité, ils ont un goût et une saveur suffisamment prononcé pour une qualité organoleptique acceptable du produit. Une moisson au-delà de 9 mois entraînerait une mauvaise qualité commerciale du produit dans la mesure où il y aura trop de fibres.

➤ Le cultivar sélectionné : Les différents cultivars de gingembres cultivés à travers le monde diffèrent en fonction de leur saveur, leur arôme et leur couleur. Ce sont des propriétés qui sont importantes pour la production du gingembre sec dans la mesure où on recherche un produit ayant une saveur et un arôme prononcé et ayant une couleur attirante (**Nirmala et al ., 1982**).

II.6. Propriétés pharmacologiques du rhizome de gingembre

Les rhizomes de gingembre ont différentes propriétés pharmacologiques. Ils présentent des effets gastro-intestinaux, cardiovasculaires, antiarthritiques et

antirhumatismaux, antiscorbutique, antimigraineux, antipyrétiques, analgésiques ainsi que des effets antagonistes envers la sérotonine. Le gingembre présente également une activité antitumorale, antiparasitaire, antivirale, anti-inflammatoire, antioxydante, anticancéreuse, cholagogue, antiulcéreux et une action thermogénique. Le gingembre est aussi utilisé pour prévenir et soulager les nausées et vomissements associés au mal des transports, au mal de mer, à la grossesse ainsi qu'aux nausées et vomissements postopératoires et aux nausées provoquées par la chimiothérapie sans causer les effets indésirables souvent associés aux antiémétiques classiques.

Ainsi, le gingembre joue un grand rôle dans la prévention et le traitement de nombreuses affections (**Anonyme, 2003**).

II.6.1. Action antioxydante

Les antioxydants sont des composés qui protègent les cellules du corps des dommages causés par les radicaux libres. Ces derniers sont des molécules très réactives qui seraient impliquées dans le développement des maladies cardiovasculaires, de certains cancers et d'autres maladies liées au vieillissement.

Plusieurs auteurs ont montré que le gingembre est doté de propriétés antioxydantes in vitro et in vivo. l'action d'antioxydant de gingembre est un des mécanismes majeurs pour les actions protectrices de la plante contre la toxicité et la mortalité de radiation (**Jagetia et al., 2003; Haksar et al., 2006**). Récemment, il a été démontré que [6] gingerol est doté avec une action antioxydante puissante à la fois in vivo et in vitro.

Une quarantaine de composés antioxydants ont été découverts dans le gingembre. Certains d'entre eux seraient résistants à la chaleur et pourraient même être libérés durant la cuisson, ce qui pourrait expliquer l'augmentation de l'activité antioxydante du gingembre cuit (**Kaur C et Kapoor HC, 2002**).

II.6.2. Effet sur la pression artérielle

Plusieurs éléments de preuve, notamment des études sur le rat, ont suggéré que le gingembre exerce de nombreux effets directs et indirects sur la pression artérielle et la fréquence cardiaque (**Afzal et al., 2001**). Une dose de 0,3 à 3mg/Kg induit a un effet de diminution de la pression artérielle des rats (**Ghayur et ; Gilani , 2005**).

II.6.3. Activités anti-inflammatoire et analgésique

Les propriétés anti-inflammatoires de certains constituants du gingembre sont reconnues depuis fort longtemps et sont bien documentées *in vitro*. Parmi les composés connus, mentionnons principalement les gingérols dont les effets bénéfiques ont été également observés chez l'animal, mais aussi les shogaols et les paradols qui exerceraient leurs effets par différents mécanismes d'action. D'autres composés actifs jouent probablement aussi un rôle, il reste à les découvrir. Chez l'humain, la consommation de gingembre a démontré des résultats prometteurs quant à la diminution des douleurs reliées à l'arthrite. En outre, il a été démontré que le gingerol est très actifs dans l'inhibition des prostaglandines et leucotriènes **(Afzal et al, 2001; Grzanna et al., 2005)**.

Plus récemment, il a été montré que le gingembre (et certains de ses constituants) est efficace contre les cytokines synthétisées et sécrétée aux sites d'inflammation. Les cytokines sont des petites protéines sécrétées dans les sites d'inflammation par les lymphocytes, macrophages, fibroblastes et d'autres cellules, et agissent comme des messagers chimiques entre les cellules impliquées dans les réponses immunitaires et inflammatoires. **(Grzanna et al.; 2005)**.

Les composés gingérol, et leurs dérivés, en particulier [8]-Paradol, sont des antiplaquettaire et des inhibiteurs plus puissant que l'aspirine **(Nurtjahja-Tjendraputra et al., 2003)**.

II.6.4. Effets sur les nausées et les vomissements

Plusieurs études ont évalué l'effet antiémétique (la capacité de prévenir ou d'arrêter les nausées et les vomissements) attribué au gingembre. D'abord, deux études révèlent que la consommation de 0,5 g à 1,5 g de gingembre en poudre pourrait être efficace pour traiter les nausées et les vomissements durant la grossesse. De plus, une méta-analyse récente démontre que 1 g de gingembre en poudre (sous forme de capsules) serait plus efficace qu'un placebo pour prévenir les nausées et les vomissements après une chirurgie. À titre de comparaison, 1 g à 2 g de gingembre en poudre équivaut à environ 10 g de gingembre frais. Finalement, la consommation de gingembre pourrait prévenir les nausées et les vomissements reliés au mal des transports, mais les preuves sont encore insuffisantes pour conclure à une efficacité probante. À ce sujet, deux études n'ont pas vu d'effet antiémétique à la suite de la consommation de gingembre frais. Les gingérols et les shogaols contenus dans le gingembre joueraient un rôle dans l'effet antiémétique, en

agissant entre autres sur la réduction des mouvements de l'estomac (**Anonyme, 2011**).

II.6.5. Actions antimicrobiennes

L'extrait de gingembre (10 mg / kg) par voie intrapéritonéale a dose-dépendante une activité anti-microbienne contre *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli* et *Candida albicans* (**Jagetia et al., 2003**). **Yin et Cheng (1998)** ont montré que le gingembre n'a eu aucune action significative contre certains champignons (*Aspergillus Niger* et *Aspergillus flavus*) in vitro. Cependant, **Ficker et al. (2003b)** ont constaté que, sur 29 extraits de plantes, un extrait de gingembre a la plus large gamme de l'activité antifongique mesuré soit par les champignons inhibée ou que le diamètre moyen des zones d'inhibition.

L'extrait de gingembre est le seul actif contre *Rhizopus* sp. Un organisme qui n'a pas été inhibée par aucun des autres extraits de plantes (**Ficker et al., 2003a**).

II.7. Précaution dans la consommation du gingembre

L'**OMS** (Organisation mondiale de la santé) reconnaît comme « cliniquement justifié » l'usage du gingembre dans « la prévention des nausées et des vomissements dus au mal des transports et au mal de mer, ainsi que ceux liés à une intervention chirurgicale ou à la grossesse ». Elle reconnaît comme « traditionnel » son usage dans le traitement « des troubles digestifs, du rhume et de la grippe, de la perte d'appétit et comme anti-inflammatoire dans les migraines et les douleurs musculaires ou articulaires ».

La Commission Européenne du ministère de la Santé allemand reconnaît l'usage du gingembre dans « le traitement des troubles digestifs et la prévention du mal des transports ».

L'**ESCOP** (Coordination scientifique européenne en phytothérapie) reconnaît l'usage du gingembre dans « la prévention des nausées et des vomissements dus au mal des transports, ou à la suite d'interventions chirurgicales mineures » (**Anonyme, 2007**).

Il y a cependant des précautions à prendre en considération pour la consommation du gingembre.

Différentes propriétés attribuées au gingembre (telles que des effets anticoagulant et hypoglycémiant) laissent supposer que sa consommation pourrait interférer avec certains médicaments, plantes ou suppléments, en augmentant leurs

effets. À ce sujet, plusieurs auteurs recommandent aux personnes prenant des médicaments pour le sang (telle l'héparine ou l'aspirine) ou avant une chirurgie, d'éviter de consommer de grandes quantités de gingembre afin de diminuer les risques de saignements excessifs. (**Heck AM et al., 2000**).

De plus, de grandes doses de gingembre pourraient interférer avec les médicaments pour le cœur (effet cardiotonique) et les médicaments pour le diabète (action hypoglycémiante). Ces risques d'interaction sont cependant théoriques et n'ont pas nécessairement été observés chez des patients (**Locong A et al., 2003**).

Les effets secondaires sont assez rares lorsqu'il est utilisé normalement selon les indications. Certaines personnes peuvent être sensibles au goût ou ressentir une sensation de brûlure de l'estomac. Les personnes souffrant de pierres à la vésicule biliaire devraient consulter un médecin avant de faire usage du Gingembre.

À des doses normales jusqu'à 2 grammes par jour, le gingembre n'a aucun effet indésirable sur la santé (**Bordia et al., 1997**).

III.1 Lieu de stage

Ce travail a été effectué au niveau l'entreprise « Goumidi » durant une période de 3 mois, du 1 Mars au 29 Mai afin d'Aromatiser le fromage fondu par la poudre de gingembre. L'ensemble des analyses ont été réalisées au:

- laboratoire de physicochimie et de microbiologie de l'industrie Goumidi.
- laboratoire ITELV (Institut technique des élevages) de BABA ALI.

III.1.1. Présentation de l'unité

Le Groupe Industriel **Goumidi (GIG spa)**, est une entreprise de produits laitiers et dérivés.

Créée en 1998, son objectif premier était la commercialisation de produits conditionnés (gouda, Edam et emmental) et de produits destinés à l'industrie du fromage fondu.

En 2000 l'entreprise s'est spécialisée dans la fabrication, le conditionnement et la commercialisation de fromage fondu, en portion, à tartiner, en barre et en bloc. Elle conditionne et commercialise également de la poudre de lait instantanée, de la poudre chocolatée instantanée ou encore de la purée de pommes de terre.

La technologie adoptée pour la production de fromage correspond à la technologie internationale, avec des équipements modernes et performants de marque Allemande.

La société fabrique une variété de fromage classée sous l'appellation fromage fondu à tartiner, on s'inspirant du diagramme de fabrication de l'entreprise, on propose donc un procédé de fabrication sur la **figure 6**.

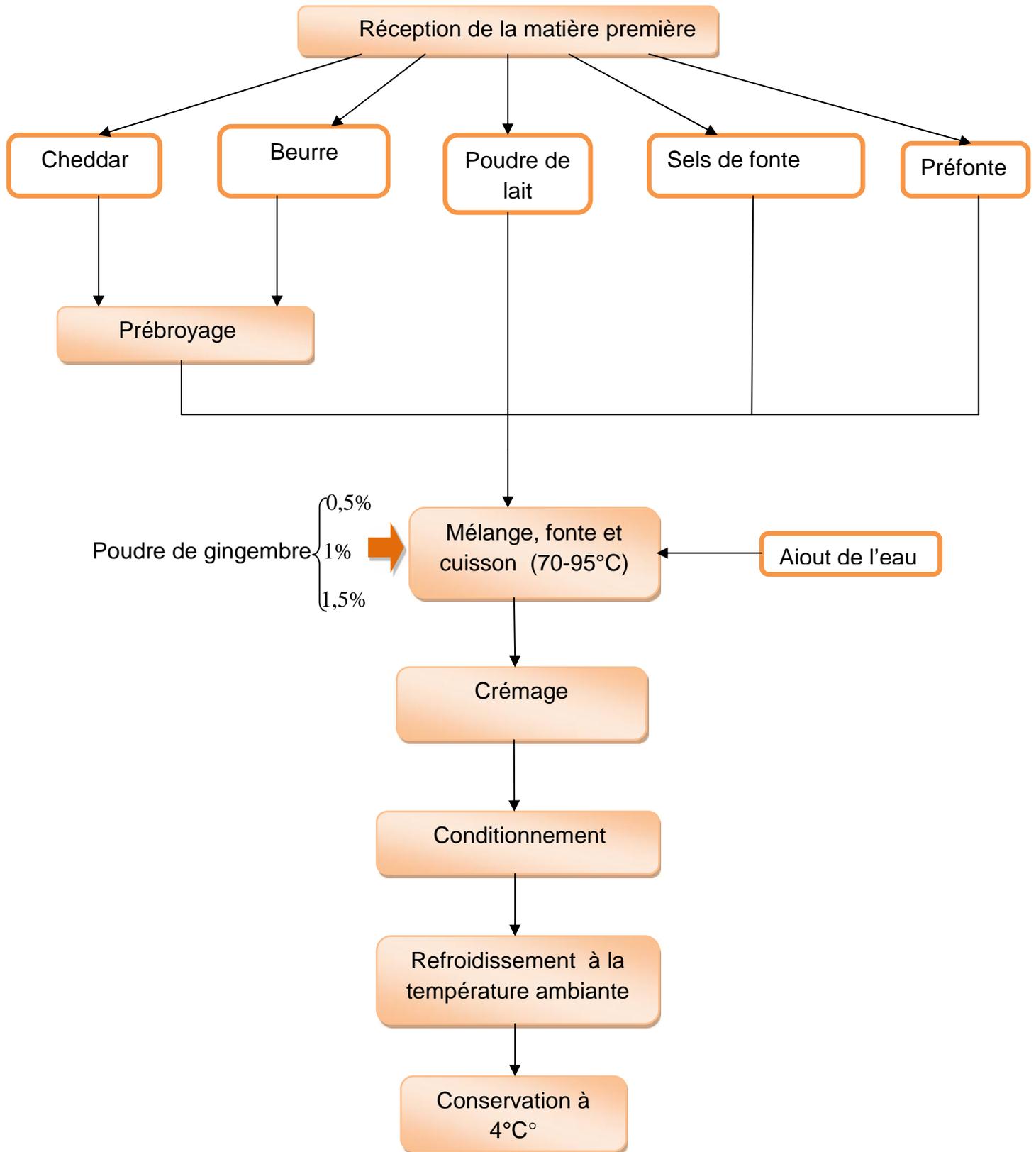


Figure 6: Les étapes de fabrication du fromage fondu.

III.2. Matériel d'étude

III.2.1. Matériel biologique

Le matériel biologique comporte les différentes matières premières utilisées :

- **La poudre de lait 26 de MG** : la poudre de lait est un produit résultant de l'enlèvement partiel de l'eau de lait, elle est conditionnée sous sacs de 25kg en polyéthylène doublé de sacs papiers.
- **Cheddar** : Le cheddar est un fromage à pâte dure dont la couleur oscille du blanc ou jaune, fabriqué à partir de lait doux entier, cru ou pasteurisé. A partir du lait cru, il est généralement fermier, sa date de péremption, dure au moins 60 jours et jusqu'à 6 mois, quelque fois 1an, il se présente généralement sous forme de bloc de 36cm de diamètre pour 30cm d'épaisseur et pesant entre 27 et 35kg.
- **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.
- **L'eau de process.**
- **NaCl** : Chlorure de Sodium.
- **Sels de fonte** : Les sels de fonte utilisés dans la fabrication du fromage fondu sont essentiellement les sels de sodium de l'acide citrique.
- **Poudre de gingembre** : les rhizomes secs sont broyés à l'aide d'un mortier puis dans un mixeur broyeur, on obtient ainsi la poudre de gingembre.

III.2.2. Matériel non biologique

- **Equipement**

Pour la réalisation des analyses microbiologique et physicochimique nous avons utilisé le matériel suivant:

- **L'appareillage**: centrifugeuse, bain marie, pH mètre, broyeur, dessiccateur, balance analytique, étuve, capsules en aluminium, baguettes en verre, butyromètre, Stomacher.
- **Les réactifs**: alcool iso amylique, acide sulfurique (d=1.225), NaOH (N/9), chlorure de sodium (voir **annexe1**).
- les sacs Stomacher, les boites pétris, l'eau physiologique, K₂HPO₄.

- **Les milieux de culture** : VRBL, PCA, BEA, Sabouraud, Giolitti cantoni , VF(additifs alin de fer + sulfure de sodium), Eau Peptone Tamponné, Sélinite-cystéine, Hektoen, Rouge de phénol (voir **annexe3**).

III.3. Méthodes utilisées

III.3.1. Présentation du procédé de fabrication

III.3.1.1. Préparation des matières premières

La sélection des matières premières est fonction de la formule du produit que l'on veut obtenir. L'essentiel du travail consiste ici au nettoyage des fromages éventuellement souillés en surface ou pour lesquels la croûte est considérée comme indésirable.

III.3.1.2. Broyage

Le broyage est une étape importante du traitement des matières premières, car elle est indispensable de dissocier finement les fromages pour obtenir un fromage fondu homogène (**Eck et Gillis, 1997**).

Le broyage du beurre et de cheddar s'effectue dans un broyeur qui permet leur découpage, ce broyage grossier est généralement suivi d'un broyage plus fin lors de la cuisson dans le thermomix.

III.3.1.3. Pesage

Une fois le broyage terminé, les matières premières sont pesées une par une pour chaque recette dans une balance.

III.3.1.4. Mélange, fonte et cuisson

L'ensemble de ces opérations (mélange, fonte, cuisson) est réalisé dans le même appareil appelé thermomix. Le mélange est porté à 70-95°C.

III.3.1.5. Crémage

Un fromage fondu à haute température a tendance à surcrémer facilement, contrairement à la fonte à température inférieure à 100°C, où il faut un temps relativement long avant de constater un épaississement de la pâte (**Kasomel, 1990**).

De ce fait pour vérifier l'épaississement de la pâte (sa viscosité), nous ouvrons le Thermomix rapidement à chaque fois et nous vérifions par observation de l'écoulement de la pâte à l'aide d'une spatule et selon la viscosité de la pâte, nous rajoutons le temps de crémage.

III.3.1.6. Conditionnement

Sachant que le conditionnement n'était pas fait, le prélèvement de quelques échantillons était nécessaire pour les analyses microbiologique, physicochimiques l'analyse sensorielle et l'étude de la stabilité du produit fini.

Le prélèvement est effectué, juste à la fin de crémage dans des TPS stériles pour les analyses physicochimiques et dans des sachets stomacher pour les analyses microbiologiques et l'étude de stabilité.

III.3.1.7. Refroidissement

Le mode de refroidissement du fromage fondu varie selon le format et le type du produit. Le fromage fondu conditionné à chaud doit être refroidi rapidement afin d'éviter les risques de brunissement enzymatique de la pâte (**Boutonnier, 2000**).

Le fromage a subi un refroidissement à la température ambiante.

III.3.1.8. Conservation

Pour faire l'analyse sensorielle, et les analyses de stabilité nous avons pris pour chaque essai des échantillons dans des flacons stérile. Une fois que le temps de refroidissement est terminé, l'échantillon doit être mis à froid (réfrigérateur). Le froid a pour but d'arrêter la réaction de crémage.

III.3.2. Essais de l'incorporation de la poudre de gingembre dans le fromage fondu

➤ Le produit fini témoin

Le tableau ci-dessous présente les ingrédients utilisés pour la fabrication du fromage fondu (1kg) :

Tableau N°7 : La composition du fromage fondu témoin pour 100g.

Ingrédients par (g)	ET (témoin)%
Cheddar (g)	12
Beurre(g)	10
Poudre de lait (g)	16
NaCl (g)	0,3
Sel de fonte (g)	2,2
Acide citrique (g)	0,3
Eau de formule (ml)	55
Protéine du lait	3

Le calcul de formulation du fromage fondu est important, non seulement pour respecter la législation (MG, EST et G/EST doivent être conformes aux indications déclarée), mais aussi pour assurer la rentabilité des produits. **(Kasomel, 1990)**

Ce travail consiste à un essai témoin comprend 0% de la poudre de gingembre et trois autres essais avec trois incorporations 0,5% ,1%, 1,5% de poudre de gingembre en diminuant à chaque fois la même quantité mesurée de la poudre de lait afin de respecter le bilan massique.

➤ **Essais de formulation**

Les trois formulations du fromage fondu sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau N°8 : Composition du fromage fondu témoin et des essais (1Kg).

Ingrédients par (g)	E1	E2	E2	ET témoin
Cheddar (g)	120	120	120	120
Beurre(g)	100	100	100	100
Poudre de lait (g)	155	150	145	160
Sel (g)	3	3	3	3
Sel de fonte (g)	22	22	22	22
Acide citrique (g)	3	3	3	3
Eau de formule (ml)	550	550	550	550
Protéine du lait	30	30	30	30
Poudre de gingembre (g)	5	10	15	/
Total (g)	988	988	988	988

III.3.3. Suivi de la stabilité

Le contrôle au cours du stockage de produit fini issu de chaque formulation est établi sur une durée de 21 jours, à 4°C en effectuant chaque semaine les

différentes analyses physicochimiques (EST, pH, MG) afin d'assurer la qualité du produit.

III.3.4. Evaluation sensorielle

Notre analyse sensorielle consiste à étudier d'une manière ordonnée et structurée les propriétés d'un produit afin de pouvoir le décrire et le classer. Cette évaluation est faite sur des consommateurs « naïf ».

Du fait des différences interindividuelles de sensibilité ou d'acceptabilité, l'évaluation sensorielle demande toujours de faire appel à plusieurs sujets.

Les dégustateurs doivent avoir l'habitude de consommer du fromage fondu au moins une fois par mois.

Notre analyse sensorielle a été réalisée sur une population homogène comportant des adultes, des vieux, et des enfants dont (60% sont de sexe féminin et 40% de sexe masculin) qui remplissent les conditions citées ci-dessus, le nombre de dégustateurs est de 30 personnes, parmi eux les étudiants du département sciences agronomiques et les professionnels du laboratoire d'analyse.

III.3.4.1. Test hédonique

Consiste à décrire un produit selon un ensemble de descripteurs, qui repose sur chacun de nos sens.

- La vue : l'observation d'un aliment nous renseigne sur sa forme, sa couleur son état et sa consistance.
- L'odorat : L'odorat nous apporte de nombreux renseignements sur l'état d'un aliment et sur sa comestibilité.
- Le goût : l'analyse stricte du goût se fait principalement sur la langue (ne pas confondre saveur et parfum), dès le contact physique. Les principaux goûts sont : sucré, salé, acide, amer, astringence.
- Le toucher : Le contact physique avec un aliment nous apporte beaucoup d'informations. exemple L'action mécanique de la bouche nous délivre des informations précises : l'onctuosité, le croustillant, le fondant, le moelleux ou le gluant pour certains fromages (**Anonyme, 2001**).

Pour sensibiliser les dégustateurs à la perception des différentes caractéristiques, une définition de chaque critère est proposée.

Définition des critères :

- Acide : piquant ex : (acidité du citron)

- Amer : produit une sensation désagréable (ex : écorce du citron, endive, bile)
- Doux : s'oppose à acide ou amer qui a un goût faible ou sucré (**Larpen, 1997**).

III.3.5. Etude statistique

Dans le but de déterminer les valeurs moyennes des résultats obtenus et les écarts type, nous avons utilisé le logiciel Excel 2007.

Afin de déterminer l'effet significatif ou pas de l'incorporation de la poudre de gingembre dans le fromage fondu, nous avons procédé à l'analyse de la variance (ANOVA) avec le logiciel Statistica .7 (**Annexe 6**).

III.3.6. Analyses physico-chimiques

III.3.6.1. Prélèvements et constitution d'échantillons

L'échantillonnage a pour but de prélever les échantillons les plus représentatifs possibles d'un lot de produit.

Quatre prélèvements ont été effectués sur les différentes matières premières utilisées pour la fabrication du fromage fondu à savoir : la poudre de lait, le beurre, le cheddar, la préfonte et l'eau, ainsi que pour le produit fini.

La bonne conduite des prélèvements nécessite :

- D'utiliser un matériel stérile pour les analyses microbiologiques, propre et sec pour les analyses physico-chimique.
 - D'effectuer les prélèvements dans des conditions d'asepsie rigoureuse, proximité d'une flamme afin d'éviter les contaminations pouvant fausser les résultats.
 - De veiller sur la représentativité de l'échantillon à analyser, plus particulièrement pour les produits en vrac, comme la poudre de lait.
- **La poudre de lait et la poudre de gingembre**
Le prélèvement s'effectue à l'aide d'une sonde stérile.
 - **Le cheddar**

Le prélèvement s'effectue dans les mêmes conditions que celles réalisées lors du prélèvement de lait en poudre et à l'aide d'une sonde de fromage.

- **Le beurre**

L'ouverture de l'emballage est réalisée par un couteau stérilisé ainsi que le découpage des morceaux de beurre qui sont introduit aseptiquement dans un bécher stérile et bien fermé.

- **L'eau**

On prélève 225ml d'eau après avoir désinfecté le robinet c'est-à-dire que l'extrémité des robinets doit être nettoyée convenablement et flambée. Laisser couler les premiers jets quelques instants, on remplit l'eau à analyser dans des flacons déjà stérilisés et bien fermés.

- **Produit fini**

Le prélèvement du produit fini, s'effectue directement on retirant aléatoirement du coté, du milieu, du haut et du bas de fromage.

III.3.6.2. Analyses

Les analyses physico-chimiques ont pour avantage de signaler toute erreur de fabrication, et toute modification des paramètres au cours du processus de fabrication.

Les analyses physico-chimiques effectuées sont présentées dans les tableaux suivants :

Tableau N°9 : les analyses physicochimiques effectuées sur les différents prélèvements.

Echantillon	EST %	MG %	H%	G/S	pH
Poudre de lait	+	+	+	-	-
Cheddar	+	+	+	-	-
Beurre	+	+	+	-	-
Produit fini	+	+	+	+	+

Tableau N°10 : les analyses physico-chimique d'eau.

	TA (°F)	TATAC	T H (°F)	Cl ⁻
Eau de process	+	+	+	+

❖ Détermination du titre alcalimétrique (TA) et Titre Alcalimétrique Complet (TAC) d'eau (AFNOR T 90-501 et T 90-506)

Principe

Cette technique est basée sur la neutralisation d'un volume d'eau par un acide sulfurique dilué en présence d'un indicateur coloré.

Titre alcalimétrique (TA)

But

Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en alcalis libre (ions hydroxydes) de la demi-concentration en carbonates alcalins caustiques (**Rodier, 2005**).

$$TA = \left[\frac{\text{OH}^-}{\text{OH}^-} + \frac{1}{2} \left[\frac{\text{CO}_3^{2-}}{\text{CO}_3^{2-}} \right] \right] \left(\frac{\text{°F}}{F} \right)$$

Mode opératoire

- Prendre 100 ml d'eau à analyser, on ajoute 2 gouttes de phénophtaléine.
- Titrer avec l'acide sulfurique 0.02N à l'aide d'une burette en agitant constamment et ceci jusqu'au passage du rose à incolore.
- Evaluer le volume de l'acide sulfurique écoulé.

Expression du résultat

$$TA = 5 \times V_1 \text{ (°F)}$$

TA : Test alcalimétrique.

V : Volume de l'acide sulfurique écoulé.

Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC)

But :

Le titre alcalimétrique complet ou TAC exprime la teneur de l'eau en alcalis libérée, carbonates et hydrogénocarbonates (**Rodier, 2005**).

$$TAC = \left[\frac{\text{OH}^-}{\text{OH}^-} + \frac{1}{2} \left[\frac{\text{CO}_3^{2-}}{\text{CO}_3^{2-}} \right] + \left[\frac{\text{HCO}_3^-}{\text{HCO}_3^-} \right] \right] \left(\frac{\text{°F}}{F} \right)$$

Mode opératoire :

Sur le même échantillon ayant servi à la détermination du TA :

- Ajouter 2 gouttes de méthyle orange : la couleur devient orange.
- Titrer avec l'acide sulfurique jusqu'à ce que l'orange vire au rouge.
- Soit V_2 le volume d'acide ajouté.

Expression du résultat :

$$\text{TAC} = [(V + V_2) - 0,5] (^\circ F)$$

TAC : Titre alcalimétrique complet

V : Volume de l'acide sulfurique écoulé au TA.

V_2 : Second volume de l'acide sulfurique écoulé.

❖ Détermination du titre hydrométrique ou TH de l'eau (AFNOR T90-501 et T90-506)**But**

Le titre hydrométrique (TH) d'une eau indique la teneur totale de l'eau en sel de calcium (Ca^{2+}) et de magnésium (Mg^{+2}).

Principe

Ce test se base sur l'identification de la coloration bleue par utilisation du tampon K10 et du noir d'Erichrome T comme indicateur coloré. Dans le cas où cette coloration n'est pas remarquée, on poursuivra le test en titrant avec de la liqueur complexométrique jusqu'à l'obtention de la coloration bleue.

Mode opératoire

- Prendre un échantillon de 25ml.
- Ajouter 10 gouttes de Tampon k10.
- 2 gouttes de noir Erichrome.

*Si la coloration vire au bleu, cela indique un TH=0.

*Si la coloration vire violet, le titrage se fait par la solution d'éthyle diamino tetraacétique (EDTA) ou liqueur complexométrique jusqu'au virage au bleu.

- Evaluer le volume du titrage V.

$$TH = V \times 4 \text{ (}^\circ F\text{)}$$

Expression des résultats

(On multiplie par 4 lorsque la solution de liqueur complexométrique est de N/50, si par contre elle est de N/25 on multiplie par 8).

❖ Détermination de chlorure Cl^- (AFNOR T90-501 et T90-50)

Définition

On entend par le chlorure l'ensemble de chlore sous la forme Cl^- ou Na Cl en solution.

Mode opératoire

Dans un bêcher on introduit 100 ml d'eau à analyser puis on ajoute 10 gouttes de bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_4$) à 10%, on titre avec la solution de nitrate d'argent ($AgNO_3$).

A 0,1 jusqu'au virage du jaune au rouge brique.

Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 100ml.

D'où :

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

V : le volume nécessaire pour le titrage.

Les chlorures sont exprimés en mg Cl^- /L d'eau (mg/l).

❖ Mesure du pH

Définition

Le pH est le potentiel chimique des ions dans une solution. Il est mesuré par un pH mètre.

Mode opératoire

Etalonner le pH mètre en plongeant l'électrode dans une solution tampon, puis l'introduire dans l'échantillon à analyser, attendre jusqu'à la stabilité du pH et lire la valeur affichée.

L'eau

La mesure du pH s'effectue en plongeant l'électrode en verre dans un bécher contenant une quantité d'eau, et la lecture se fait directement sur le pH mètre.

Matière première et produit fini

-Pour la poudre de lait, on pèse 3g dans 30 ml d'eau distillée.

-Pour le cheddar, on pèse 10g dans 50ml d'eau distillée.

-Pour le produit fini, on introduit directement l'électrode du pH mètre dans l'échantillon et on fait la lecture.

❖ Détermination de l'extrait sec (Afnor V 04-207 Septembre 1970)

Définition

C'est la perte en poids après dessiccation et évaporation complète, exprimé en pourcentage massique.

Principe

Il est basé sur la dessiccation d'une quantité déterminée de la poudre à $103^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ et la pesée du résidu.

Mode opératoire

- **Pour la poudre de lait**

Dans la capsule d'aluminium stérile séchée et tarée, on pèse 2g de poudre de lait puis l'introduire dans l'étuve à 103°C pendant 3 heures.

- **Pour le beurre**

-Dans la capsule d'aluminium stérile séchée et tarée, on pèse 5g et étuvé à 103°C pendant 5 heures.

-Mettre ensuite la capsule dans le dessiccateur en verre pendant 45 min pour qu'elle se refroidisse et pour l'absorption des traces d'eau par le gel de silice.

- **Pour le fromage**

Dans la capsule d'aluminium stérile séchée et tarée, on pèse 3g et étuver à 103°C pendant 5 heures.

Calcul et explication des résultats

L'extrait sec est exprimé en % massique:

$$EST\% = \frac{M_2 - M_0}{M_1 - M_0} \times 100$$

D'où :

M_0 : masse en gramme de capsule vide.

M_1 : masse en gramme de la capsule et de l'échantillon avant dessiccation.

M_2 : masse en gramme de la capsule et de l'échantillon après dessiccation.

- **Pour le gingembre :**

- On pèse 3g de l'échantillon dans un creuset.
- Mettre le creuset dans l'étuve pendant 5heures.
- On pèse le creuset.
- Remettre le creuset dans l'étuve pendant 1heure.
- On fait la pesée.

$$EST\% = \frac{P_0 - P_2}{P_1} \times 100$$

Expression des résultats

EST : Extrait sec totale.

P_1 : Poids du creuset et la matière sèche.

P_2 : Poids du creuset vide.

P_0 : Prise d'essai (3g).

❖ Détermination de l'extrait sec dégraissé

Calculé par la différence entre l'extrait sec du fromage et sa matière grasse.

$$\text{ESD}(\%) = \text{EST} - \text{MG} \cdot 100$$

❖ Détermination de l'humidité

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

$$\text{H}\% = 100 - \text{EST}$$

❖ Détermination de matière grasse (AFNOR 2706-1992 « fromage », AFNOR V-210 décembre 1971 « poudre de lait »).

Définition

La matière grasse proprement dite, ou lipides neutres, constituée de glycérides ou acyglycérols est très prédominant : 98%, solide à température ambiante (c'est une graisse) ; elle est presque entièrement libre et se trouve en fine dispersion dans les globules grasses (**Charles Alais ,2003**) .

Principe

Son principe est l'attaque par l'acide sulfurique les matières non grasses qui sont dissoutes libérant, et la séparation par centrifugation (1110 tours/ min) en présence d'alcool iso-amylque.

Mode opératoire

- **Pour la poudre de lait**

- Dans un butyromètre on introduit 10 ml d'acide sulfurique H_2SO_4 de densité 1,825.

- Ajouter 10 ml d'eau distillé, 2,5g de poudre de lait, et 1 ml d'alcool iso-amylque.

- Fermer le butyromètre avec un bouchon sec et propre.
- Le butyromètre est ensuite déposé dans un bain marie à température 65°C pendant 5 min.
- Centrifuger à 1110 tours/min pendant 10 min.
- Après la centrifugation, on plonge le butyromètre verticalement, bouchon en bas dans le bain marie (65°C) et on laisse 5 minutes.
- Lire la valeur de MG sur le tube de butyromètre.

- **Pour le beurre**

Le principe consiste à extraire les lipides libres par un solvant organique apolaire tel que l'hexane à la température du laboratoire pendant une durée de 3 heures dans un soxhlet. L'épuisement de l'échantillon est terminé au bout de trois heures et le solvant contenu dans le ballon préalablement taré est distillé à l'aide d'un évaporateur rotatif sous vide. La différence du poids constitue la matière grasse.

- Peser dans un godet du butyromètre préalablement taré 5g 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 1,820 ; puis 1 ml d'alcool iso-amylque.
- Ajuster le niveau par l'eau distillée jusqu'à la graduation 85(cette opération dépend du modèle du butyromètre).
- Boucher le butyromètre et opérer des retournements successifs (toujours délicatement) jusqu'à dissolution complète de beurre.
- Centrifuger le butyromètre pendant 10 minutes dans la centrifugeuse Gerber.
- Sertir le butyromètre, faire si nécessaire un 1^{er} ajustement de la colonne de la matière grasse et le placer au bain marie à 65°C.
- Après 5 min on procède 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.

- **Pour le gingembre (Norme NF V 03-713,1980)**

Le principe consiste à extraire les lipides libres par un solvant organique apolaire tel que l'Ether de petrol à la température du laboratoire pendant une durée de six heures dans un soxhlet. L'épuisement de l'échantillon est terminé au bout de six heures et le solvant est récupéré à l'aide d'un robinet, ensuite le ballon est séché à 105°C pendant 1 heure.

La teneur en matières grasses totales, exprimée en masse du produit tel quel est égale à :

$$MG\% = (m_2 - m_1 / m_0) \times 100$$

D'où :

m_0 : est la masse, en grammes, de la prise d'essai

m_1 : est la masse, en grammes, du ballon

m_2 : est la masse, en grammes, du ballon et du résidu

- **Pour le 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 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 pendant 5 minutes et agiter a plusieurs reprises jusqu'à la dissolution complète du fromage.
- Retirer le butyromètre du bain d'eau et l'agiter énergiquement pendant 10 secondes.
- Répéter les opérations de chauffage et d'agitation jusqu'à la dissolution complète des protéines c qui demande en général 1h.
- 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 à une vitesse de 1030 tours/ sec
- Replacer au bain marie à 65 °C.
- Régler la colonne des lipides à zéro.
- Lire le taux de lipides absolu à l'extrémité inférieure du ménisque.

Calcul et expression des résultats

On maintient le butyromètre verticalement et on fait la lecture :

$$MG = B - A$$

B : La valeur de la matière grasse lue sur l'extrémité supérieure de butyromètre.

A : La valeur de la matière grasse lue sur l'extrémité inférieure de butyromètre.

Le résultat est exprimé en % massique.

Calcul du rapport G/S

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

R: rapport

G: la matière grasse

$$R = G/S \cdot 100$$

S: la matière sèche

❖ Détermination de la matière minérale du gingembre (Norme interne)

Principe :

- Incinération à 550°C pendant 4 heures.
- On pèse 2 g de l'échantillon dans un creuset en porcelaine.
- Après minéralisation on pèse le creuset avec la matière minérale.

Expression des résultats

MM : Matière minérale

$$MM \% = \frac{(\text{le creuset} + MM) - (\text{creuset vide})}{\text{prise d'essai (2g)}}$$

❖ Détermination de la cellulose brute (Norme NF V O3-040, 1977)

Méthode de WEENBE (1953)

L'échantillon est soumis à deux hydrolyses (30min chacune) en milieu acide et alcalin. Après neutralisation, le résidu insoluble est lavé, séché à poids constant à 105°C. Le produit obtenu est incinéré dans un four à moufle à 600°C et pesé. La différence entre les deux pesées représente la matière cellulosique brute.

Principe :

- On pèse 1g de l'échantillon dans un creuset filtrant.
- L'échantillon passe par deux étapes d'hydrolyse :
 - Attaque acide pendant 30min : 200 ml d'acide sulfurique 12,5%
 - Attaque basique pendant 30min :
- Rinçage après chaque hydrolyse avec de l'eau distillée chaude.
- Mettre le creuset filtrant dans l'étuve pendant 3heures à 105°C.
- Retirer de l'étuve faire la pesée.
- Mettre le creuset dans le four à 550°C pendant 3heures.

Expression des résultats

CB : cellulose brute

P1 : poids de creuset après étuve.

P2 : poids de creuset après incinération

P0 : prise d'essai.

$$CB \% = \frac{P_1 - P_2}{P_0} \times 100$$

❖ Dosage de la matière azotée total

• Produit fini

La détermination de la matière azotée est effectuée selon la méthode de Kjeldahl (AOAC, 1997).

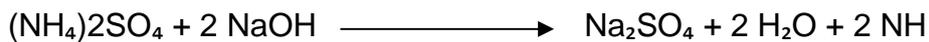
Cette méthode de référence est fondée sur la transformation de l'azote organique en azote minéral sous forme ammoniacale $(NH_4)_2SO_4$ par l'action oxydative de l'acide sulfurique bouillant sur la matière organique en présence d'un catalyseur de minéralisation (Na_2SO_4 17 g/100 g ; $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 1,5 g/100 g).

Réactif :

- Acide sulfurique solution titrée.
- Acide concentré (d=1,83).
- Hydroxyde de sodium, solution concentrée d=1,33 (33%).

- Solution d'acide borique et indicateur :

Les échantillons sont introduits dans des matras (tubes de minéralisation), puis minéralisés sur une rampe (Kjeldatherm, Gerhardt, Les Essarts le Roi, France) à 420°C pendant 3 h. Le sulfate d'ammonium (NH₄)₂SO₄ est le produit essentiel de la minéralisation, obtenu par l'ajout d'acide sulfurique 0,01N (H₂SO₄). Une base forte (NaOH) est ajoutée en volume égal au volume d'H₂SO₄ introduit.



Au cours de la distillation, l'hydroxyde d'ammonium formé (NH₄OH) est entraîné par la vapeur d'eau et récupéré dans un vase de titrage contenant une solution d'acide borique en excès.

Le borate d'ammonium formé ((NH₄)₃BO₃) fait augmenter le pH de la solution. La solution est ensuite titrée par de l'acide sulfurique titre. Le volume d'acide sulfurique ajouté correspond à l'ammonium contenu dans l'échantillon du départ. Les résultats sont exprimés en g pour 100 g de fromage selon les formules suivantes et les résultats finaux sont exprimés en pourcentage d'azote total (% NT).

$$NT = (V1 - V0) \times 0,14 \times 10 / P$$

La matière protéique du gingembre est calculée en multipliant la quantité de l'azote total par le coefficient 6,25.

$$\text{Taux protéines (g/100 g fromage)} = 6,38 \times NT$$

Avec :

V1 : volume d' H₂SO₄ nécessaire au titrage de l'échantillon en ml ;

V0 : volume d' H₂SO₄ nécessaire au titrage du blanc en ml ;

P : masse de l'échantillon du fromage en g ;

6,38 : facteur protéique du fromage (**Adler-Nissen, 1986**).

III.4.7. Analyse microbiologiques

III.4.7.1. Echantillonnage

Les échantillons ont été prélevés dans des TPS stériles pour le fromage témoin et pour les trois essais obtenus à partir des différentes proportions incorporées de la poudre de gingembre ainsi que l'essai témoin.

Les germes recherchés dans les différents prélèvements de matière premières et produit fini sont déterminés dans le journal officiel Algérien n°35 daté le 27 Mai 1998.

Le tableau N°11 indique les différents germes recherché et dénombré dans les différentes matières selon le JORA.

Tableau N°11: Les analyses microbiologiques effectuées sur les différents prélèvements.

	Poudre de lait	Cheddar	Beurre	Eau de process	Poudre de gingembre	Produit fini
Germes totaux	+	-	+	+	+	+
Coliformes	+	-	+	+	+	+
<i>S.aureus</i>	+	+	+	-	+	+
Levures et moisissures	+	-	+	-	+	+
<i>Clostridium</i> Sulfito-réducteur	+	+	+	+	+	+
Streptocoques Fécaux	-	-	-	+	+	-
Salmonelle	-	-	-	-	+	-

Les germes recherchés, les milieux de cultures, le temps et la température d'incubation sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau N°12: les germes recherchés, les milieux de cultures, le temps et la température d'incubation :

Germes recherchés	Milieux de culture	Température d'incubation (°C)	Temps	Mode de lecture	Lecture
Coliformes fécaux	VRBL	25 - 30°C	24h	Comptage des colonies	Colonies rouges diamètre > 0.5 mm
Coliformes totaux	VRBL	25- 30 °C	24h	Comptage des colonies	Colonies rouges diamètre > 0.5 mm
Germes totaux	PCA	30°C	72 h	Comptage des colonies	Apparition des colonies blanches
Levure et moisissures	Sabouraud	30°C	5 jours	Comptage des colonies	Colonies brillantes
<i>Staphylococcus aureus</i>	Giolitii cantoni Chapman	37°C	48-72h	Comptage des colonies	Colonies lisses brillantes de couleur jaune
<i>Clostridium</i> Sulfito-réducteur	VF	37°C	24-48h	Comptage des colonies	colonies noires (réduction des sulfites de sodium)

Streptocoque fécaux	Roth+ Evalitsky	37°C	24h	/	Trouble microbien, pastille violette
Salmonelle	-Eau peptonée -Bouillon au sélénite cysteine -Hectoén	37-38°C	24h	/	Colonies de couleur bleu verdâtre à contour régulier (2 à 4 mm)

III.4.7.2. Préparation des dilutions

Norme NF V 08-057-2 : microbiologique alimentaire directive générale pour la préparation des dilutions en vue de l'examen microbiologique.

La consistance et la texture des produits font la différence entre produit liquide et produit solide.

- **Cas des produits liquides** : La solution mère « SM » égale à 1
 - Dilution 10^{-1} : introduire aseptiquement à l'aide d'une pipette stérile, 1ml de SM, dans un tube à vis stérile contenant au préalable 9 ml de TSE, mélanger soigneusement et doucement.
 - Dilution 10^{-2} : changer la pipette et prendre toujours aseptiquement, 1ml de la dilution 10^{-1} , dans un tube à 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 9 ml de TSE, mélanger soigneusement et doucement.

Dans ce cas, nous disposons d'une solution mère et de trois dilutions décimales (**Annexe 2 :figure20**).

➤ **Cas de produits solides :**

La dilution mère « DM » égale 10^{-1} dont on introduit aseptiquement 25g de produit à analyser dans un flacon stérile contenant au préalable 225 ml de TSE homogénéiser pendant 6 à 8 min selon la texture de produit.

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

Dans ce cas, nous disposons d'une solution mère et de trois dilutions décimales, comme le montre la figure (**Annexe 2 : figure 21**).

❖ **Recherche et dénombrement des germes mésophiles totaux**

Norme NF V 08-051 : Relative au dénombrement des micro-organismes par méthode de comptage des colonies.

Il s'agit de l'ensemble des microorganismes capables de se multiplier en aérobiose à des températures optimales de croissance comprises entre 20°C et 45°C ; la flore totale peut être considérée comme flore d'altération, car la présence d'une flore mésophile aérobie revifiable abondante indique un processus de dégradation en cours, mais il n'y a pas de risque pour la santé du consommateur que si la flore totale mésophile aérobie est supérieure ou égale à 10^5 microorganismes (**Bonnefoy et al, 2002**).

But :

Il s'agit de compter les micro-organismes aptes à se multiplier à l'air, dont la température optimale de croissance est entre 25 et 40°C .

Principe :

Le dénombrement est réalisé sur gélose PCA, par ensemencement en profondeur ou en masse comptage des colonies lenticulaire obtenues (**Joffin et joffin, 1985**).

Mode opératoire :

A partir des dilutions décimales allant de 10^{-2} et 10^{-3} , on introduit aseptiquement 1 ml dans une boîte de pétri, complète en suit avec environ 15 ml de gélose PCA fondu puis refroidie à 47°C, homogénéise par des mouvements circulaires, laisse solidifier, puis incube les boîtes inverse à 30°C pendant 72 heures (**Annexe 2 :figure22**).

Lecture :

Retenue les boîtes contenant moins de 300 colonies et plus de 15 au niveau de deux dilutions successives

- La colonies sont lenticulaires en masse.
- Le résultat final est exprimé en UFC/g de produit analysé (unité formant colonies sur ml), le nombre des microorganismes est obtenu par l'application de la formule suivante :

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

D'où :

C : Somme des colonies dans les deux boîtes de dilution successives.

d : La première dilution.

La figure 22 dans l'**annexe 2**, montre la recherche et dénombrement des germes aérobies totaux mésophiles.

❖ **Recherche et dénombrement des spores de *Clostridium* sulfito-réducteur**

Norme : AFNOR V08-407, (2011).

Les *Clostridium* sulfito-réducteurs sont des bacilles Gram+, sporulés, anaérobies strictes, catalase et oxydase négatives, thermorésistantes et fermentent le lactose avec production de gaz. Ce sont des bactéries telluriques rencontrées souvent dans les sols, les eaux d'égouts et le tube digestif des hommes et des animaux.

But :

Détermination de l'existence ou non d'une contamination fécale ancienne car les spores de *Clostridium* sulfito-réducteur sont très résistantes, ce qui permet de savoir si l'aliment présent un risque pour la santé du consommateur (**Joffin et Joffin, 1985**).

Mode opératoire :

La recherche et le dénombrement des spores de *Clostridium* sulfito-réducteur sont effectués à partir des dilutions 10^{-1} et 10^{-2} .

- On prélève aseptiquement 1ml de chaque dilution dans un tube à vis stérile.
- Porter les quatre tubes à 80°C pendant 8 à 10 min et refroidir brutalement sous l'eau de robinet.
- Ajouter environ 15 ml de gélose viande fois préalablement fondu et refroidie à 45°C, additionné d'une ampoule d'alun de fer ainsi que d'une ampoule de sulfite de sodium (**Annexe 2 :figure23**).

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**).

❖ Recherche et dénombrement des coliformes par comptage des colonies (Annexe 2 :figure24)**Norme : NF ISO 4832, (2006)****But :**

Cette méthode qui est une méthode de routine, consiste à la recherche et dénombrement des coliformes dans les produits destinés à la consommation humaine et animale.

Principe :

Le dénombrement est réalisé par comptage des colonies obtenues en milieu solide après incubation en anaérobiose à 37°C et 44°C.

Mode opératoire :

- A partir des dilutions retenues, on transfère 1 ml d'échantillon pour chaque dilutions dans une boîte de pétri, préalablement préparé et numéroté pour cet usage.
- Dans chaque boîte de pétri, on coule environ 15 ml de gélose fondu de Désoxycholate (1pour mille) refroidie et maintenue à 45 ± 2 °C dans un bain marie.
- Mélanger soigneusement le milieu et l'inoculum et laisser le mélange se solidifier sur une paille fraîche et horizontale.
- Retourner les boîtes ainsi préparées puis les incuber à 30, 35 ou 37°C pour les coliformes totaux et à 44°C pour les coliformes fécaux pendant 24 ± 2 heures.

Lecture

Après la période d'incubation spécifiée, compter les colonies dans chaque boîte contenant entre 15 et 150 colonies, on peut également compter toutes les colonies de 2 dilutions successives présentant 15 et 150 colonies /boîte et appliquer la formule précédente.

❖ Recherche et dénombrement des coliformes par le nombre le plus probable (NPP).**Norme : NF ISO 4831, (2006)**

Les coliformes sont des bactéries qui appartient à la famille des enterobacteriaceae, sont des bacilles Gram⁻ (BGN), aérobies ou anaérobies facultatifs, non sporulés, ne possédant pas d'oxydase, capables de se multiplier en présence de sels biliaires et capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 35 et 37°C.

But

L'intérêt de la recherche et le dénombrement des coliformes totaux et fécaux est la détermination d'une contamination fécale d'un produit testé. Notons que l'E.coli représente un indice de contamination fécale récente (**joffin et joffin, 1985**).

Mode opératoire

Le dénombrement de ces germes s'effectue en milieu liquide, bouillon lactose bilié au vert brillant (BLBVL) par la technique NPP, cette méthode fait appel à deux tests consécutifs à savoir : test de présomption suivi du test de confirmation (**Annexe 2 : figure 25**).

- **Test de présomption**

-Préparer dans un portoir une série de tubes contenant le milieu sélectif (VBL) à raison de 3 tubes par dilution.

-A partir des dilutions décimales 10^{-3} à 10^{-1} porter aseptiquement 1 ml dans chacun des tubes correspondant à une dilution donnée.

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

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

Lecture

Les tubes considérés comme positifs sont ceux qui présentent à la fois un dégagement de gaz dans la cloche de Durham (1/10 de son volume) et un trouble microbien ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu. La lecture se fait selon la prescription de la table Mac-Grady (**Annexe 5**).

Le résultat final est expliqué en germes/ml ou g de produit. Cette recherche est un indice de présence probable de coliformes fécaux, pour cela on procède au test confirmatif « Test de Mackenzie ».

- **Test de confirmation**

A partir des tubes (BLBVL) trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse dans à la fois :

-Un tube VBL munie d'une cloche.

-Un tube d'Eau Peptoné Exempte d'Indole (EPEI).

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

L'incubation se fait à 44°C pendant 24 heures.

Lecture

Les tubes considérés comme positifs sont des tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux dans les tubes VBL.
- Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indol par l'E.coli après adjonction de deux à trois gouttes du réactif de Kovacs dans les tubes d'EPEI.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de table de Mac-Grady.

Remarque

Etant donné que les coliformes fécaux font partie de coliformes totaux, il est pratiquement impossible de trouver plus de coliformes fécaux que les coliformes totaux.

❖ Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus*

Norme : NA n°93-164 ,1993

Les staphylocoques appartiennent à la famille des Micrococcaceae, ce sont des coques gramme positif, catalase positif, arrondis, immobiles, dépourvus de spores et de capsules .il apparaissent le plus souvent en amas dit grappes de raisin ou isolé en diplocoque, en tétraèdre ou en courtes chainettes.

But

La recherche et le dénombrement des *Staphylococcus aureus*, les seules à produire éventuellement une enterotoxine protéique cause d'intoxication alimentaire, permettent donc de savoir si le produit à analyser présente des risques pour le consommateur (**joffin et joffin, 1985**).

Mode opératoire

A partir des dilutions décimales retenues (10^{-3} à 10^{-1}), on porte aseptiquement 1ml dans un tube à essai stérile, on ajoute par la suite environ 15 ml de milieu d'enrichissement (Giolliti Cantonii) préalablement préparé, en ajoutant une ampoule de solution de tellurite de potassium .

- L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.
- Les tubes considérés comme positifs ayant viré au noir suite à la réduction du tellurite de potassium seront isolés sur milieu Chapman par étalement en strie.
- Incubation à 37°C pendant 24 à 48 heures (**Annexe 2 :figure26**).

Lecture

Après incubation il y'a apparition des colonies lisses légèrement bombées jaunâtres.

❖ Recherche et dénombrement des levures et moisissures (NA.758/1990)

- **Les levures** : sont des micro-organismes aérobies mésophiles qui, à 25°C en utilisant un milieu gélosé, dans les conditions décrites dans la présente norme international, qui se développent à la surface du milieu en formant des colonies mates ou brillantes présentant le plus souvent un contour régulier et une surface plus ou moins convexe ou bien se développe en profondeur en formant des colonies ronde et lenticulaire.
- **Les moisissures** : sont des micro-organismes mésophiles, aérobies filamenteux, qui à la surface d'un milieu gélosé et dans les conditions décrites dans la présente norme internationale, développent des colonies étendues plates ou duveteuses présentant souvent des fructifications colorées et des formes de sporulation (**Afnor, 1986**).

Le milieu sur lequel se développent en commun les levures et les moisissures est la gélose à l'oxytetracycline (OGA) ou Sabouraud qui contient de chloramphénicol.

But

Cette méthode consiste à la recherche et le dénombrement des levures et moisissures dans toutes les catégories de denrées alimentaires. La recherche et le dénombrement sont réalisés pour deux causes :

- Leur aptitude à provoquer des altérations d'ordre organoleptique importantes au niveau de l'aliment.
- Certaines moisissures ont la propriété de produire des mycotoxines qui peuvent nuire à la santé du consommateur (**Guiraud., 2003**).

Mode opératoire

Les levures et les moisissures sont recherchées et dénombrés dans toute catégorie de denrée alimentaire selon le protocole suivant :

- A partir des dilutions décimales (10^{-3} , 10^{-2} , 10^{-1}), on porte aseptiquement 4 gouttes dans une boîte de Pétri contenant la gélose Sabouraud, on étale les gouttes à l'aide d'un râteau stérile
- Incubation à 22°C pendant 5 jours (**Annexe2 :figure27**).

Lecture

La lecture de nombre de levures et moisissures se fait séparément; les colonies de levures sont brillantes, pigmentées, sous forme convexe ou plate et elles sont souvent opaques; les moisissures sont pigmentées et à aspect velouté.

Après la période d'incubation, on peut également compter toutes les colonies de deux dilutions successives présentent entre 15 et 150 colonies/boîte et appliquer la formule suivante :

$$N = \frac{\sum c}{1,1 d}$$

Le nombre sera présenté en micro-organisme/ml ou mg.

❖ Recherche et dénombrement des germes totaux dans l'eau

Norme : NF V 08-051 : Relative au dénombrement des micro-organismes par méthode de comptage des colonies.

Principe :

La recherche et le dénombrement des germes totaux se réalisent 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 37°C.

Mode opératoire

À partir de l'eau à analyser :

- Porter aseptiquement 2 fois 1 ml dans deux boites de pétri vides préparées à cet usage et numérotées comme l'indique la figure 2.10.
- Compléter ensuite chacune des boites avec environ 20 ml de gélose PCA fondu puis refroidie à $45\pm 1^\circ\text{C}$.
- 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 la paillasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml.

Cette double couche a un rôle protecteur contre les diverses contaminations.

Incubation

- La première boite sera incubée, couvercle en bas à 20°C .
- La seconde sera incubée, couvercle en bas à 37°C , pendant 72 heures avec une :
 - Première lecture à 24 heures.
 - Deuxième lecture à 48 heures.
 - Troisième lecture à 72 heures.

Lecture

Les germes totaux se présentent dans les deux cas sous forme de colonies lenticulaires poussant en masse (**Annexe 2 :figure28**).

Dénombrement

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

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

❖ Recherche et dénombrement des coliformes dans l'eau

Norme :

Mode opératoire

Selon **Guiraud (1998)** et **Rodier (1996)**, la technique de la recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux dans l'eau est la suivante :

- **Test de présomption**

Ensemencer successivement :

- 1 flacon contenant 50 ml de BCPL (D/C) /50ml de l'échantillon à analyser.
- 5 tubes contenant chacun 10 ml de BCPL (D/C) 10 ml de l'échantillon.
- 5 tubes contenant chacun 10 ml de BCPL (S/C) 1 ml de l'échantillon.

Après homogénéisation, l'ensemble est incubé à 37°C pendant 24 à 48 heures (**Annexe 2 :figure29**).

Lecture

Les tubes présentant à la fois un trouble microbien, virage de la couleur de milieu du violet au jaune avec dégagement de gaz dans les cloches (volume égal au moins au 1/10 le volume de la cloche), sont considérés positifs, traduisant ainsi la présence des coliformes totaux. Les résultats sont exprimés en germes/ml selon la table de Mac Grady.

- **Test de confirmation**

Prélever aseptiquement à partir des tubes BCPL positifs, 3 à 4 gouttes qui sont repiquées sur milieu Shubert pourvu d'une cloche de Durham après homogénéisation, les tubes sont incubés à 44°C pendant 24 heures.

Lecture

Les tubes considérés comme positifs, présentant à la fois un trouble microbien et un dégagement de gaz dans les cloches (volume au moins égale à 1/10^{ème} le volume de la cloche) avec l'apparition d'un anneau rouge après addition de 3 à 4 gouttes de réactif de Kovacs ; témoin de la production de l'indole par l'E.coli.

L'expression des résultats se fait selon la méthode NPP, par référence de la table de Mac Grady, notons que les résultats sont exprimés en germes/ml d'eau à analyser.

❖ Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau

Norme : AFNOR, (1986)

Le dénombrement se fait en milieu liquide sélectif. On utilise dans un premier temps un milieu d'enrichissement sélectif : le milieu de Rothe et en deuxième temps, on utilise le milieu de Litsky pour le test de confirmation (**Joffin et Joffin, 1999**).

But

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

Mode opératoire

D'après **Rodier (1996)** : la recherche et le dénombrement sont réalisés en deux tests :

- **Test de présomption**

-Un flacon de milieu Rothe (50 ml), D/C par 50 ml d'eau à analyser.

-5 flacons de milieu Rothe D/C par 10 ml d'eau à analyser.

A partir des dilutions (10^{-3} , 10^{-2} , 10^{-1}), on ensemence une série de tubes (trois tubes) de milieu Rothe (S/C). L'incubation se fait à 37°C pendant 48 h. La présence d'un trouble dans le milieu de Rothe indique la suspicion de présence de Streptocoques fécaux, seuls les tubes présentant ce trouble microbien seront soumis au test de confirmation.

-Incuber les tubes à 37°C pendant 24 heures. La figure dans (**Annexe 2 :figure30**).

Lecture

Les tubes présentant un trouble microbien après incubation, sont considérés comme positifs.

- **Test de confirmation**

À partir des tubes positifs, on transfère à l'aide d'une pipette stérile 3 à 4 gouttes sur milieu Eva Litsky.

Incuber les tubes à 44°C pendant 24 heures.

Lecture

Les tubes présentant une pastille violette au fond de tube avec un trouble microbien sont considérés comme positifs, donc présence des streptocoques fécaux.

❖ Recherche et dénombrement des Clostridium Sulfite-réducteur dans l'eau de process

Norme : AFNOR, (1986)

Ce sont des bactéries telluriques rencontrées souvent dans les sols, les eaux d'égouts et le tube digestif des hommes et des animaux. Elles ont une forme bacillaire, Gram +, sporulées, anaérobies strictes, catalase et oxydase négatives

On utilise la gélose viande foie (VF), pour leur mise en évidence, et à laquelle on ajoute le sulfite de sodium et alun de fer.

Mode opératoire

Un échantillon de 25 ml d'eau de process à analyser est placé dans un flacon stérile, porter au bain marie à 80°C pendant 10 minutes, l'eau est ensuite refroidi brutalement à l'eau de robinet dans le but d'éliminer les formes végétatives et garder uniquement les formes sporulées.

- Porter cinq fois aseptiquement 5 ml de l'eau traitée dans cinq tubes stérile, ajouter 15 ml de gélose Viande-foie en surfusion à 45°C additionnée de 5 ml de la solution de sulfite de sodium et 1 ml de la solution d'Alun de fer.
- Après solidification du milieu à température ambiante, les tubes sont incubés à 46°C pendant 72 heures, en effectuant la lecture chaque jour (**Annexe 2 :figure31**).

Lecture

Considérer comme résultant d'une spore de bactérie anaérobie sulfite-réductrice toutes colonies noires entourées d'un halo noir.

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

❖ **Dénombrement et recherche des salmonelles dans la poudre de gingembre**

La recherche des salmonelles nécessite quatre phases :

Norme : NA n°93-164 ,1993.

Ce sont des entérobactéries bacilles à Gram négatifs, pouvant être à l'origine de toxi-infections alimentaires très graves ; présentent dans le tube digestif des animaux et de l'homme (malades ou porteurs sains) ; elles sont détruites par la cuisson.

Les salmonelles peuvent, en effet, être présentes en petit nombre et sont souvent accompagnées d'un nombre beaucoup plus grand d'autres micro-organismes appartenant à la famille des Entérobactériaceae ou à d'autres familles.

En conséquence, un enrichissement sélectif est nécessaire : de plus un préenrichissement est aussi souvent nécessaire afin de pouvoir rechercher les Salmonelles en nombre restreint ou les salmonelles ayant subi une altération (**Iso 6887**).

Mode opératoire

- **Pré-enrichissement**

Introduire 25 g de la poudre de gingembre dans 225 mL d'eau peptonée tamponnée à température ambiante puis incubation à 37°C durant 18 à 24 heures.

- **Enrichissement primaire**

A partir du milieu de pré enrichissement on porte 10 ml sur bouillon Sélénite cystine réparti à raison de 100 ml par flacon, qui sera incubé à son tour à 37°C pendant 18 à 24 h. Le virement de la couleur du marron au rouge indique le résultat positif.

- **Enrichissement secondaire et isolement**

Le bouillon Sélénite cystine incubé 24 h avant, fera l'objet :

- D'une part d'un enrichissement secondaire sur un milieu SFB en tube à raison de 0,1 ml par tube.
- D'autre part, d'un isolement sur gélose Hektoen (H₁).

Dans les deux cas, l'incubation se fait donc à 37°C pendant 24 h.

- **Lecture et identification**

- D'une part, le bouillon SFB fera l'objet d'un isolement sur gélose Hektoen (H₂).
- D'autre part, la boîte de gélose Hektoen (H₁) subira une lecture en tenant compte du fait que les *salmonelles* se présentent le plus souvent sous forme de colonies de couleur grise bleu avec un centre noir ou sans.

La confirmation des salmonelles est réalisée par une identification biochimique (H₂ S, lysine, urée) (**Annexe 2 :figure32**).

III.1 Lieu de stage

Ce travail a été effectué au niveau l'entreprise « Goumidi » durant une période de 3 mois, du 1 Mars au 29 Mai afin d'Aromatiser le fromage fondu par la poudre de gingembre. L'ensemble des analyses ont été réalisées au:

- laboratoire de physicochimie et de microbiologie de l'industrie Goumidi.
- laboratoire ITELV (Institut technique des élevages) de BABA ALI.

III.1.1. Présentation de l'unité

Le Groupe Industriel **Goumidi (GIG spa)**, est une entreprise de produits laitiers et dérivés.

Créée en 1998, son objectif premier était la commercialisation de produits conditionnés (gouda, Edam et emmental) et de produits destinés à l'industrie du fromage fondu.

En 2000 l'entreprise s'est spécialisée dans la fabrication, le conditionnement et la commercialisation de fromage fondu, en portion, à tartiner, en barre et en bloc. Elle conditionne et commercialise également de la poudre de lait instantanée, de la poudre chocolatée instantanée ou encore de la purée de pommes de terre.

La technologie adoptée pour la production de fromage correspond à la technologie internationale, avec des équipements modernes et performants de marque Allemande.

La société fabrique une variété de fromage classée sous l'appellation fromage fondu à tartiner, on s'inspirant du diagramme de fabrication de l'entreprise, on propose donc un procédé de fabrication sur la **figure 6**.

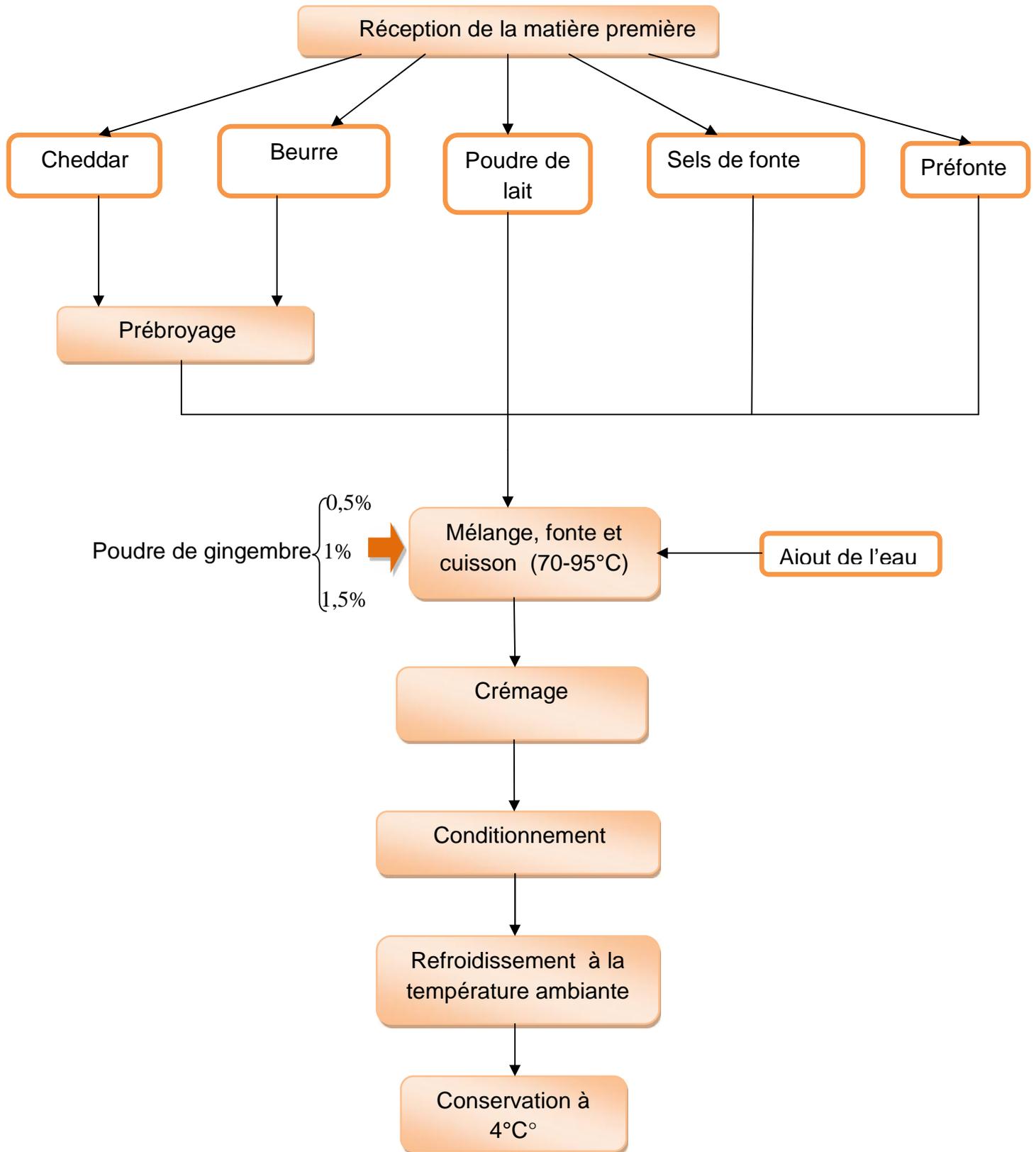


Figure 6: Les étapes de fabrication du fromage fondu.

III.2. Matériel d'étude

III.2.1. Matériel biologique

Le matériel biologique comporte les différentes matières premières utilisées :

- **La poudre de lait 26 de MG** : la poudre de lait est un produit résultant de l'enlèvement partiel de l'eau de lait, elle est conditionnée sous sacs de 25kg en polyéthylène doublé de sacs papiers.
- **Cheddar** : Le cheddar est un fromage à pâte dure dont la couleur oscille du blanc ou jaune, fabriqué à partir de lait doux entier, cru ou pasteurisé. A partir du lait cru, il est généralement fermier, sa date de péremption, dure au moins 60 jours et jusqu'à 6 mois, quelque fois 1an, il se présente généralement sous forme de bloc de 36cm de diamètre pour 30cm d'épaisseur et pesant entre 27 et 35kg.
- **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.
- **L'eau de process.**
- **NaCl** : Chlorure de Sodium.
- **Sels de fonte** : Les sels de fonte utilisés dans la fabrication du fromage fondu sont essentiellement les sels de sodium de l'acide citrique.
- **Poudre de gingembre** : les rhizomes secs sont broyés à l'aide d'un mortier puis dans un mixeur broyeur, on obtient ainsi la poudre de gingembre.

III.2.2. Matériel non biologique

- **Equipement**

Pour la réalisation des analyses microbiologique et physicochimique nous avons utilisé le matériel suivant:

- **L'appareillage**: centrifugeuse, bain marie, pH mètre, broyeur, dessiccateur, balance analytique, étuve, capsules en aluminium, baguettes en verre, butyromètre, Stomacher.
- **Les réactifs**: alcool iso amylique, acide sulfurique (d=1.225), NaOH (N/9), chlorure de sodium (voir **annexe1**).
- les sacs Stomacher, les boites pétris, l'eau physiologique, K₂HPO₄.

- **Les milieux de culture** : VRBL, PCA, BEA, Sabouraud, Giolitti cantoni , VF(additifs alin de fer + sulfure de sodium), Eau Peptone Tamponné, Sélinite-cystéine, Hektoen, Rouge de phénol (voir **annexe3**).

III.3. Méthodes utilisées

III.3.1. Présentation du procédé de fabrication

III.3.1.1. Préparation des matières premières

La sélection des matières premières est fonction de la formule du produit que l'on veut obtenir. L'essentiel du travail consiste ici au nettoyage des fromages éventuellement souillés en surface ou pour lesquels la croûte est considérée comme indésirable.

III.3.1.2. Broyage

Le broyage est une étape importante du traitement des matières premières, car elle est indispensable de dissocier finement les fromages pour obtenir un fromage fondu homogène (**Eck et Gillis, 1997**).

Le broyage du beurre et de cheddar s'effectue dans un broyeur qui permet leur découpage, ce broyage grossier est généralement suivi d'un broyage plus fin lors de la cuisson dans le thermomix.

III.3.1.3. Pesage

Une fois le broyage terminé, les matières premières sont pesées une par une pour chaque recette dans une balance.

III.3.1.4. Mélange, fonte et cuisson

L'ensemble de ces opérations (mélange, fonte, cuisson) est réalisé dans le même appareil appelé thermomix. Le mélange est porté à 70-95°C.

III.3.1.5. Crémage

Un fromage fondu à haute température a tendance à surcrémer facilement, contrairement à la fonte à température inférieure à 100°C, où il faut un temps relativement long avant de constater un épaississement de la pâte (**Kasomel, 1990**).

De ce fait pour vérifier l'épaississement de la pâte (sa viscosité), nous ouvrons le Thermomix rapidement à chaque fois et nous vérifions par observation de l'écoulement de la pâte à l'aide d'une spatule et selon la viscosité de la pâte, nous rajoutons le temps de crémage.

III.3.1.6. Conditionnement

Sachant que le conditionnement n'était pas fait, le prélèvement de quelques échantillons était nécessaire pour les analyses microbiologique, physicochimiques l'analyse sensorielle et l'étude de la stabilité du produit fini.

Le prélèvement est effectué, juste à la fin de crémage dans des TPS stériles pour les analyses physicochimiques et dans des sachets stomacher pour les analyses microbiologiques et l'étude de stabilité.

III.3.1.7. Refroidissement

Le mode de refroidissement du fromage fondu varie selon le format et le type du produit. Le fromage fondu conditionné à chaud doit être refroidi rapidement afin d'éviter les risques de brunissement enzymatique de la pâte (**Boutonnier, 2000**).

Le fromage a subi un refroidissement à la température ambiante.

III.3.1.8. Conservation

Pour faire l'analyse sensorielle, et les analyses de stabilité nous avons pris pour chaque essai des échantillons dans des flacons stérile. Une fois que le temps de refroidissement est terminé, l'échantillon doit être mis à froid (réfrigérateur). Le froid a pour but d'arrêter la réaction de crémage.

III.3.2. Essais de l'incorporation de la poudre de gingembre dans le fromage fondu

➤ Le produit fini témoin

Le tableau ci-dessous présente les ingrédients utilisés pour la fabrication du fromage fondu (1kg) :

Tableau N°7 : La composition du fromage fondu témoin pour 100g.

Ingrédients par (g)	ET (témoin)%
Cheddar (g)	12
Beurre(g)	10
Poudre de lait (g)	16
NaCl (g)	0,3
Sel de fonte (g)	2,2
Acide citrique (g)	0,3
Eau de formule (ml)	55
Protéine du lait	3

Le calcul de formulation du fromage fondu est important, non seulement pour respecter la législation (MG, EST et G/EST doivent être conformes aux indications déclarée), mais aussi pour assurer la rentabilité des produits. **(Kasomel, 1990)**

Ce travail consiste à un essai témoin comprend 0% de la poudre de gingembre et trois autres essais avec trois incorporations 0,5% ,1%, 1,5% de poudre de gingembre en diminuant à chaque fois la même quantité mesurée de la poudre de lait afin de respecter le bilan massique.

➤ **Essais de formulation**

Les trois formulations du fromage fondu sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau N°8 : Composition du fromage fondu témoin et des essais (1Kg).

Ingrédients par (g)	E1	E2	E2	ET témoin
Cheddar (g)	120	120	120	120
Beurre(g)	100	100	100	100
Poudre de lait (g)	155	150	145	160
Sel (g)	3	3	3	3
Sel de fonte (g)	22	22	22	22
Acide citrique (g)	3	3	3	3
Eau de formule (ml)	550	550	550	550
Protéine du lait	30	30	30	30
Poudre de gingembre (g)	5	10	15	/
Total (g)	988	988	988	988

III.3.3. Suivi de la stabilité

Le contrôle au cours du stockage de produit fini issu de chaque formulation est établi sur une durée de 21 jours, à 4°C en effectuant chaque semaine les

différentes analyses physicochimiques (EST, pH, MG) afin d'assurer la qualité du produit.

III.3.4. Evaluation sensorielle

Notre analyse sensorielle consiste à étudier d'une manière ordonnée et structurée les propriétés d'un produit afin de pouvoir le décrire et le classer. Cette évaluation est faite sur des consommateurs « naïf ».

Du fait des différences interindividuelles de sensibilité ou d'acceptabilité, l'évaluation sensorielle demande toujours de faire appel à plusieurs sujets.

Les dégustateurs doivent avoir l'habitude de consommer du fromage fondu au moins une fois par mois.

Notre analyse sensorielle a été réalisée sur une population homogène comportant des adultes, des vieux, et des enfants dont (60% sont de sexe féminin et 40% de sexe masculin) qui remplissent les conditions citées ci-dessus, le nombre de dégustateurs est de 30 personnes, parmi eux les étudiants du département sciences agronomiques et les professionnels du laboratoire d'analyse.

III.3.4.1. Test hédonique

Consiste à décrire un produit selon un ensemble de descripteurs, qui repose sur chacun de nos sens.

- La vue : l'observation d'un aliment nous renseigne sur sa forme, sa couleur son état et sa consistance.
- L'odorat : L'odorat nous apporte de nombreux renseignements sur l'état d'un aliment et sur sa comestibilité.
- Le goût : l'analyse stricte du goût se fait principalement sur la langue (ne pas confondre saveur et parfum), dès le contact physique. Les principaux goûts sont : sucré, salé, acide, amer, astringence.
- Le toucher : Le contact physique avec un aliment nous apporte beaucoup d'informations. exemple L'action mécanique de la bouche nous délivre des informations précises : l'onctuosité, le croustillant, le fondant, le moelleux ou le gluant pour certains fromages (**Anonyme, 2001**).

Pour sensibiliser les dégustateurs à la perception des différentes caractéristiques, une définition de chaque critère est proposée.

Définition des critères :

- Acide : piquant ex : (acidité du citron)

- Amer : produit une sensation désagréable (ex : écorce du citron, endive, bile)
- Doux : s'oppose à acide ou amer qui a un goût faible ou sucré (**Larpen, 1997**).

III.3.5. Etude statistique

Dans le but de déterminer les valeurs moyennes des résultats obtenus et les écarts type, nous avons utilisé le logiciel Excel 2007.

Afin de déterminer l'effet significatif ou pas de l'incorporation de la poudre de gingembre dans le fromage fondu, nous avons procédé à l'analyse de la variance (ANOVA) avec le logiciel Statistica .7 (**Annexe 6**).

III.3.6. Analyses physico-chimiques

III.3.6.1. Prélèvements et constitution d'échantillons

L'échantillonnage a pour but de prélever les échantillons les plus représentatifs possibles d'un lot de produit.

Quatre prélèvements ont été effectués sur les différentes matières premières utilisées pour la fabrication du fromage fondu à savoir : la poudre de lait, le beurre, le cheddar, la préfonte et l'eau, ainsi que pour le produit fini.

La bonne conduite des prélèvements nécessite :

- D'utiliser un matériel stérile pour les analyses microbiologiques, propre et sec pour les analyses physico-chimique.
 - D'effectuer les prélèvements dans des conditions d'asepsie rigoureuse, proximité d'une flamme afin d'éviter les contaminations pouvant fausser les résultats.
 - De veiller sur la représentativité de l'échantillon à analyser, plus particulièrement pour les produits en vrac, comme la poudre de lait.
- **La poudre de lait et la poudre de gingembre**
Le prélèvement s'effectue à l'aide d'une sonde stérile.
 - **Le cheddar**

Le prélèvement s'effectue dans les mêmes conditions que celles réalisées lors du prélèvement de lait en poudre et à l'aide d'une sonde de fromage.

- **Le beurre**

L'ouverture de l'emballage est réalisée par un couteau stérilisé ainsi que le découpage des morceaux de beurre qui sont introduit aseptiquement dans un bécher stérile et bien fermé.

- **L'eau**

On prélève 225ml d'eau après avoir désinfecté le robinet c'est-à-dire que l'extrémité des robinets doit être nettoyée convenablement et flambée. Laisser couler les premiers jets quelques instants, on remplit l'eau à analyser dans des flacons déjà stérilisés et bien fermés.

- **Produit fini**

Le prélèvement du produit fini, s'effectue directement on retirant aléatoirement du coté, du milieu, du haut et du bas de fromage.

III.3.6.2. Analyses

Les analyses physico-chimiques ont pour avantage de signaler toute erreur de fabrication, et toute modification des paramètres au cours du processus de fabrication.

Les analyses physico-chimiques effectuées sont présentées dans les tableaux suivants :

Tableau N°9 : les analyses physicochimiques effectuées sur les différents prélèvements.

Echantillon	EST %	MG %	H%	G/S	pH
Poudre de lait	+	+	+	-	-
Cheddar	+	+	+	-	-
Beurre	+	+	+	-	-
Produit fini	+	+	+	+	+

Tableau N°10 : les analyses physico-chimique d'eau.

	TA (°F)	TATAC	T H (°F)	Cl ⁻
Eau de process	+	+	+	+

❖ Détermination du titre alcalimétrique (TA) et Titre Alcalimétrique Complet (TAC) d'eau (AFNOR T 90-501 et T 90-506)

Principe

Cette technique est basée sur la neutralisation d'un volume d'eau par un acide sulfurique dilué en présence d'un indicateur coloré.

Titre alcalimétrique (TA)

But

Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en alcalis libre (ions hydroxydes) de la demi-concentration en carbonates alcalins caustiques (**Rodier, 2005**).

$$TA = \left[\frac{\text{OH}^-}{\text{OH}^-} + \frac{1}{2} \left[\frac{\text{CO}_3^{2-}}{\text{CO}_3^{2-}} \right] \right] \left(\frac{\text{°F}}{F} \right)$$

Mode opératoire

- Prendre 100 ml d'eau à analyser, on ajoute 2 gouttes de phénophtaléine.
- Titrer avec l'acide sulfurique 0.02N à l'aide d'une burette en agitant constamment et ceci jusqu'au passage du rose à incolore.
- Evaluer le volume de l'acide sulfurique écoulé.

Expression du résultat

$$TA = 5 \times V_1 \text{ (°F)}$$

TA : Test alcalimétrique.

V : Volume de l'acide sulfurique écoulé.

Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC)

But :

Le titre alcalimétrique complet ou TAC exprime la teneur de l'eau en alcalis libérée, carbonates et hydrogénocarbonates (**Rodier, 2005**).

$$TAC = \left[\frac{\text{OH}^-}{\text{OH}^-} + \frac{1}{2} \left[\frac{\text{CO}_3^{2-}}{\text{CO}_3^{2-}} \right] + \left[\frac{\text{HCO}_3^-}{\text{HCO}_3^-} \right] \right] \left(\frac{\text{°F}}{F} \right)$$

Mode opératoire :

Sur le même échantillon ayant servi à la détermination du TA :

- Ajouter 2 gouttes de méthyle orange : la couleur devient orange.
- Titrer avec l'acide sulfurique jusqu'à ce que l'orange vire au rouge.
- Soit V_2 le volume d'acide ajouté.

Expression du résultat :

$$\text{TAC} = [(V + V_2) - 0,5] (^\circ F)$$

TAC : Titre alcalimétrique complet

V : Volume de l'acide sulfurique écoulé au TA.

V_2 : Second volume de l'acide sulfurique écoulé.

❖ Détermination du titre hydrométrique ou TH de l'eau (AFNOR T90-501 et T90-506)**But**

Le titre hydrométrique (TH) d'une eau indique la teneur totale de l'eau en sel de calcium (Ca^{2+}) et de magnésium (Mg^{+2}).

Principe

Ce test se base sur l'identification de la coloration bleue par utilisation du tampon K10 et du noir d'Erichrome T comme indicateur coloré. Dans le cas où cette coloration n'est pas remarquée, on poursuivra le test en titrant avec de la liqueur complexométrique jusqu'à l'obtention de la coloration bleue.

Mode opératoire

- Prendre un échantillon de 25ml.
- Ajouter 10 gouttes de Tampon k10.
- 2 gouttes de noir Erichrome.

*Si la coloration vire au bleu, cela indique un TH=0.

*Si la coloration vire violet, le titrage se fait par la solution d'éthyle diamino tetraacétique (EDTA) ou liqueur complexométrique jusqu'au virage au bleu.

- Evaluer le volume du titrage V.

$$TH = V \times 4 \text{ (}^\circ F\text{)}$$

Expression des résultats

(On multiplie par 4 lorsque la solution de liqueur complexométrique est de N/50, si par contre elle est de N/25 on multiplie par 8).

❖ Détermination de chlorure Cl^- (AFNOR T90-501 et T90-50)

Définition

On entend par le chlorure l'ensemble de chlore sous la forme Cl^- ou Na Cl en solution.

Mode opératoire

Dans un bêcher on introduit 100 ml d'eau à analyser puis on ajoute 10 gouttes de bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_4$) à 10%, on titre avec la solution de nitrate d'argent ($AgNO_3$).

A 0,1 jusqu'au virage du jaune au rouge brique.

Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 100ml.

D'où :

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

V : le volume nécessaire pour le titrage.

Les chlorures sont exprimés en mg Cl^- /L d'eau (mg/l).

❖ Mesure du pH

Définition

Le pH est le potentiel chimique des ions dans une solution. Il est mesuré par un pH mètre.

Mode opératoire

Etalonner le pH mètre en plongeant l'électrode dans une solution tampon, puis l'introduire dans l'échantillon à analyser, attendre jusqu'à la stabilité du pH et lire la valeur affichée.

L'eau

La mesure du pH s'effectue en plongeant l'électrode en verre dans un bécher contenant une quantité d'eau, et la lecture se fait directement sur le pH mètre.

Matière première et produit fini

-Pour la poudre de lait, on pèse 3g dans 30 ml d'eau distillée.

-Pour le cheddar, on pèse 10g dans 50ml d'eau distillée.

-Pour le produit fini, on introduit directement l'électrode du pH mètre dans l'échantillon et on fait la lecture.

❖ Détermination de l'extrait sec (Afnor V 04-207 Septembre 1970)

Définition

C'est la perte en poids après dessiccation et évaporation complète, exprimé en pourcentage massique.

Principe

Il est basé sur la dessiccation d'une quantité déterminée de la poudre à $103^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ et la pesée du résidu.

Mode opératoire

- **Pour la poudre de lait**

Dans la capsule d'aluminium stérile séchée et tarée, on pèse 2g de poudre de lait puis l'introduire dans l'étuve à 103°C pendant 3 heures.

- **Pour le beurre**

-Dans la capsule d'aluminium stérile séchée et tarée, on pèse 5g et étuvé à 103°C pendant 5 heures.

-Mettre ensuite la capsule dans le dessiccateur en verre pendant 45 min pour qu'elle se refroidisse et pour l'absorption des traces d'eau par le gel de silice.

- **Pour le fromage**

Dans la capsule d'aluminium stérile séchée et tarée, on pèse 3g et étuver à 103°C pendant 5 heures.

Calcul et explication des résultats

L'extrait sec est exprimé en % massique:

$$EST\% = \frac{M_2 - M_0}{M_1 - M_0} \times 100$$

D'où :

M_0 : masse en gramme de capsule vide.

M_1 : masse en gramme de la capsule et de l'échantillon avant dessiccation.

M_2 : masse en gramme de la capsule et de l'échantillon après dessiccation.

- **Pour le gingembre :**

- On pèse 3g de l'échantillon dans un creuset.
- Mettre le creuset dans l'étuve pendant 5heures.
- On pèse le creuset.
- Remettre le creuset dans l'étuve pendant 1heure.
- On fait la pesée.

$$EST\% = \frac{P_0 - P_2}{P_1} \times 100$$

Expression des résultats

EST : Extrait sec totale.

P_1 : Poids du creuset et la matière sèche.

P_2 : Poids du creuset vide.

P_0 : Prise d'essai (3g).

❖ Détermination de l'extrait sec dégraissé

Calculé par la différence entre l'extrait sec du fromage et sa matière grasse.

$$\text{ESD}(\%) = \text{EST} - \text{MG} \cdot 100$$

❖ Détermination de l'humidité

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

$$\text{H}\% = 100 - \text{EST}$$

❖ Détermination de matière grasse (AFNOR 2706-1992 « fromage », AFNOR V-210 décembre 1971 « poudre de lait »).

Définition

La matière grasse proprement dite, ou lipides neutres, constituée de glycérides ou acyglycérols est très prédominant : 98%, solide à température ambiante (c'est une graisse) ; elle est presque entièrement libre et se trouve en fine dispersion dans les globules grasses (**Charles Alais ,2003**) .

Principe

Son principe est l'attaque par l'acide sulfurique les matières non grasses qui sont dissoutes libérant, et la séparation par centrifugation (1110 tours/ min) en présence d'alcool iso-amylque.

Mode opératoire

- **Pour la poudre de lait**

- Dans un butyromètre on introduit 10 ml d'acide sulfurique H_2SO_4 de densité 1,825.

- Ajouter 10 ml d'eau distillé, 2,5g de poudre de lait, et 1 ml d'alcool iso-amylque.

- Fermer le butyromètre avec un bouchon sec et propre.
- Le butyromètre est ensuite déposé dans un bain marie à température 65°C pendant 5 min.
- Centrifuger à 1110 tours/min pendant 10 min.
- Après la centrifugation, on plonge le butyromètre verticalement, bouchon en bas dans le bain marie (65°C) et on laisse 5 minutes.
- Lire la valeur de MG sur le tube de butyromètre.

- **Pour le beurre**

Le principe consiste à extraire les lipides libres par un solvant organique apolaire tel que l'hexane à la température du laboratoire pendant une durée de 3 heures dans un soxhlet. L'épuisement de l'échantillon est terminé au bout de trois heures et le solvant contenu dans le ballon préalablement taré est distillé à l'aide d'un évaporateur rotatif sous vide. La différence du poids constitue la matière grasse.

- Peser dans un godet du butyromètre préalablement taré 5g 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 1,820 ; puis 1 ml d'alcool iso-amylque.
- Ajuster le niveau par l'eau distillée jusqu'à la graduation 85(cette opération dépend du modèle du butyromètre).
- Boucher le butyromètre et opérer des retournements successifs (toujours délicatement) jusqu'à dissolution complète de beurre.
- Centrifuger le butyromètre pendant 10 minutes dans la centrifugeuse Gerber.
- Sertir le butyromètre, faire si nécessaire un 1^{er} ajustement de la colonne de la matière grasse et le placer au bain marie à 65°C.
- Après 5 min on procède 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.

- **Pour le gingembre (Norme NF V 03-713,1980)**

Le principe consiste à extraire les lipides libres par un solvant organique apolaire tel que l'Ether de petrol à la température du laboratoire pendant une durée de six heures dans un soxhlet. L'épuisement de l'échantillon est terminé au bout de six heures et le solvant est récupéré à l'aide d'un robinet, ensuite le ballon est séché à 105°C pendant 1 heure.

La teneur en matières grasses totales, exprimée en masse du produit tel quel est égale à :

$$MG\% = (m_2 - m_1 / m_0) \times 100$$

D'où :

m_0 : est la masse, en grammes, de la prise d'essai

m_1 : est la masse, en grammes, du ballon

m_2 : est la masse, en grammes, du ballon et du résidu

- **Pour le 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 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 pendant 5 minutes et agiter a plusieurs reprises jusqu'à la dissolution complète du fromage.
- Retirer le butyromètre du bain d'eau et l'agiter énergiquement pendant 10 secondes.
- Répéter les opérations de chauffage et d'agitation jusqu'à la dissolution complète des protéines c qui demande en général 1h.
- 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 à une vitesse de 1030 tours/ sec
- Replacer au bain marie à 65 °C.
- Régler la colonne des lipides à zéro.
- Lire le taux de lipides absolu à l'extrémité inférieure du ménisque.

Calcul et expression des résultats

On maintient le butyromètre verticalement et on fait la lecture :

$$MG = B - A$$

B : La valeur de la matière grasse lue sur l'extrémité supérieure de butyromètre.

A : La valeur de la matière grasse lue sur l'extrémité inférieure de butyromètre.

Le résultat est exprimé en % massique.

Calcul du rapport G/S

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

R: rapport

G: la matière grasse

$$R = G/S \cdot 100$$

S: la matière sèche

❖ Détermination de la matière minérale du gingembre (Norme interne)

Principe :

- Incinération à 550°C pendant 4 heures.
- On pèse 2 g de l'échantillon dans un creuset en porcelaine.
- Après minéralisation on pèse le creuset avec la matière minérale.

Expression des résultats

MM : Matière minérale

$$MM \% = \frac{(\text{le creuset} + MM) - (\text{creuset vide})}{\text{prise d'essai (2g)}}$$

❖ Détermination de la cellulose brute (Norme NF V O3-040, 1977)

Méthode de WEENBE (1953)

L'échantillon est soumis à deux hydrolyses (30min chacune) en milieu acide et alcalin. Après neutralisation, le résidu insoluble est lavé, séché à poids constant à 105°C. Le produit obtenu est incinéré dans un four à moufle à 600°C et pesé. La différence entre les deux pesées représente la matière cellulosique brute.

Principe :

- On pèse 1g de l'échantillon dans un creuset filtrant.
- L'échantillon passe par deux étapes d'hydrolyse :
 - Attaque acide pendant 30min : 200 ml d'acide sulfurique 12,5%
 - Attaque basique pendant 30min :
- Rinçage après chaque hydrolyse avec de l'eau distillée chaude.
- Mettre le creuset filtrant dans l'étuve pendant 3heures à 105°C.
- Retirer de l'étuve faire la pesée.
- Mettre le creuset dans le four à 550°C pendant 3heures.

Expression des résultats

CB : cellulose brute

P1 : poids de creuset après étuve.

P2 : poids de creuset après incinération

P0 : prise d'essai.

$$CB \% = \frac{P_1 - P_2}{P_0} \times 100$$

❖ Dosage de la matière azotée total

• Produit fini

La détermination de la matière azotée est effectuée selon la méthode de Kjeldahl (AOAC, 1997).

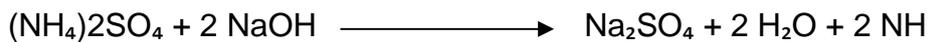
Cette méthode de référence est fondée sur la transformation de l'azote organique en azote minéral sous forme ammoniacale $(NH_4)_2SO_4$ par l'action oxydative de l'acide sulfurique bouillant sur la matière organique en présence d'un catalyseur de minéralisation (Na_2SO_4 17 g/100 g ; $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 1,5 g/100 g).

Réactif :

- Acide sulfurique solution titrée.
- Acide concentré (d=1,83).
- Hydroxyde de sodium, solution concentrée d=1,33 (33%).

- Solution d'acide borique et indicateur :

Les échantillons sont introduits dans des matras (tubes de minéralisation), puis minéralisés sur une rampe (Kjeldatherm, Gerhardt, Les Essarts le Roi, France) à 420°C pendant 3 h. Le sulfate d'ammonium (NH₄)₂SO₄ est le produit essentiel de la minéralisation, obtenu par l'ajout d'acide sulfurique 0,01N (H₂SO₄). Une base forte (NaOH) est ajoutée en volume égal au volume d'H₂SO₄ introduit.



Au cours de la distillation, l'hydroxyde d'ammonium formé (NH₄OH) est entraîné par la vapeur d'eau et récupéré dans un vase de titrage contenant une solution d'acide borique en excès.

Le borate d'ammonium formé ((NH₄)₃BO₃) fait augmenter le pH de la solution. La solution est ensuite titrée par de l'acide sulfurique titre. Le volume d'acide sulfurique ajouté correspond à l'ammonium contenu dans l'échantillon du départ. Les résultats sont exprimés en g pour 100 g de fromage selon les formules suivantes et les résultats finaux sont exprimés en pourcentage d'azote total (% NT).

$$NT = (V1 - V0) \times 0,14 \times 10 / P$$

La matière protéique du gingembre est calculée en multipliant la quantité de l'azote total par le coefficient 6,25.

$$\text{Taux protéines (g/100 g fromage)} = 6,38 \times NT$$

Avec :

V1 : volume d' H₂SO₄ nécessaire au titrage de l'échantillon en ml ;

V0 : volume d' H₂SO₄ nécessaire au titrage du blanc en ml ;

P : masse de l'échantillon du fromage en g ;

6,38 : facteur protéique du fromage (**Adler-Nissen, 1986**).

III.4.7. Analyse microbiologiques

III.4.7.1. Echantillonnage

Les échantillons ont été prélevés dans des TPS stériles pour le fromage témoin et pour les trois essais obtenus à partir des différentes proportions incorporées de la poudre de gingembre ainsi que l'essai témoin.

Les germes recherchés dans les différents prélèvements de matière premières et produit fini sont déterminés dans le journal officiel Algérien n°35 daté le 27 Mai 1998.

Le tableau N°11 indique les différents germes recherché et dénombré dans les différentes matières selon le JORA.

Tableau N°11: Les analyses microbiologiques effectuées sur les différents prélèvements.

	Poudre de lait	Cheddar	Beurre	Eau de process	Poudre de gingembre	Produit fini
Germes totaux	+	-	+	+	+	+
Coliformes	+	-	+	+	+	+
<i>S.aureus</i>	+	+	+	-	+	+
Levures et moisissures	+	-	+	-	+	+
<i>Clostridium</i> Sulfito-réducteur	+	+	+	+	+	+
Streptocoques Fécaux	-	-	-	+	+	-
Salmonelle	-	-	-	-	+	-

Les germes recherchés, les milieux de cultures, le temps et la température d'incubation sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau N°12: les germes recherchés, les milieux de cultures, le temps et la température d'incubation :

Germes recherchés	Milieux de culture	Température d'incubation (°C)	Temps	Mode de lecture	Lecture
Coliformes fécaux	VRBL	25 - 30°C	24h	Comptage des colonies	Colonies rouges diamètre > 0.5 mm
Coliformes totaux	VRBL	25- 30 °C	24h	Comptage des colonies	Colonies rouges diamètre > 0.5 mm
Germes totaux	PCA	30°C	72 h	Comptage des colonies	Apparition des colonies blanches
Levure et moisissures	Sabouraud	30°C	5 jours	Comptage des colonies	Colonies brillantes
<i>Staphylococcus aureus</i>	Giolitii cantoni Chapman	37°C	48-72h	Comptage des colonies	Colonies lisses brillantes de couleur jaune
<i>Clostridium</i> Sulfito-réducteur	VF	37°C	24-48h	Comptage des colonies	colonies noires (réduction des sulfites de sodium)

Streptocoque fécaux	Roth+ Evalitsky	37°C	24h	/	Trouble microbien, pastille violette
Salmonelle	-Eau peptonée -Bouillon au sélénite cysteine -Hectoen	37-38°C	24h	/	Colonies de couleur bleu verdâtre à contour régulier (2 à 4 mm)

III.4.7.2. Préparation des dilutions

Norme NF V 08-057-2 : microbiologique alimentaire directive générale pour la préparation des dilutions en vue de l'examen microbiologique.

La consistance et la texture des produits font la différence entre produit liquide et produit solide.

- **Cas des produits liquides** : La solution mère « SM » égale à 1
 - Dilution 10^{-1} : introduire aseptiquement à l'aide d'une pipette stérile, 1ml de SM, dans un tube à vis stérile contenant au préalable 9 ml de TSE, mélanger soigneusement et doucement.
 - Dilution 10^{-2} : changer la pipette et prendre toujours aseptiquement, 1ml de la dilution 10^{-1} , dans un tube à 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 9 ml de TSE, mélanger soigneusement et doucement.

Dans ce cas, nous disposons d'une solution mère et de trois dilutions décimales (**Annexe 2 :figure20**).

➤ **Cas de produits solides :**

La dilution mère « DM » égale 10^{-1} dont on introduit aseptiquement 25g de produit à analyser dans un flacon stérile contenant au préalable 225 ml de TSE homogénéiser pendant 6 à 8 min selon la texture de produit.

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

Dans ce cas, nous disposons d'une solution mère et de trois dilutions décimales, comme le montre la figure (**Annexe 2 : figure 21**).

❖ **Recherche et dénombrement des germes mésophiles totaux**

Norme NF V 08-051 : Relative au dénombrement des micro-organismes par méthode de comptage des colonies.

Il s'agit de l'ensemble des microorganismes capables de se multiplier en aérobiose à des températures optimales de croissance comprises entre 20°C et 45°C ; la flore totale peut être considérée comme flore d'altération, car la présence d'une flore mésophile aérobie revifiable abondante indique un processus de dégradation en cours, mais il n'y a pas de risque pour la santé du consommateur que si la flore totale mésophile aérobie est supérieure ou égale à 10^5 microorganismes (**Bonnefoy et al, 2002**).

But :

Il s'agit de compter les micro-organismes aptes à se multiplier à l'air, dont la température optimale de croissance est entre 25 et 40°C .

Principe :

Le dénombrement est réalisé sur gélose PCA, par ensemencement en profondeur ou en masse comptage des colonies lenticulaire obtenues (**Joffin et joffin, 1985**).

Mode opératoire :

A partir des dilutions décimales allant de 10^{-2} et 10^{-3} , on introduit aseptiquement 1 ml dans une boîte de pétri, complète en suit avec environ 15 ml de gélose PCA fondu puis refroidie à 47°C, homogénéise par des mouvements circulaires, laisse solidifier, puis incube les boîtes inverse à 30°C pendant 72 heures (**Annexe 2 :figure22**).

Lecture :

Retenue les boîtes contenant moins de 300 colonies et plus de 15 au niveau de deux dilutions successives

- La colonies sont lenticulaires en masse.
- Le résultat final est exprimé en UFC/g de produit analysé (unité formant colonies sur ml), le nombre des microorganismes est obtenu par l'application de la formule suivante :

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

D'où :

C : Somme des colonies dans les deux boîtes de dilution successives.

d : La première dilution.

La figure 22 dans l'**annexe 2**, montre la recherche et dénombrement des germes aérobies totaux mésophiles.

❖ **Recherche et dénombrement des spores de *Clostridium* sulfito-réducteur**

Norme : AFNOR V08-407, (2011).

Les *Clostridium* sulfito-réducteurs sont des bacilles Gram+, sporulés, anaérobies strictes, catalase et oxydase négatives, thermorésistantes et fermentent le lactose avec production de gaz. Ce sont des bactéries telluriques rencontrées souvent dans les sols, les eaux d'égouts et le tube digestif des hommes et des animaux.

But :

Détermination de l'existence ou non d'une contamination fécale ancienne car les spores de *Clostridium* sulfito-réducteur sont très résistantes, ce qui permet de savoir si l'aliment présent un risque pour la santé du consommateur (**Joffin et Joffin, 1985**).

Mode opératoire :

La recherche et le dénombrement des spores de *Clostridium* sulfito-réducteur sont effectués à partir des dilutions 10^{-1} et 10^{-2} .

- On prélève aseptiquement 1ml de chaque dilution dans un tube à vis stérile.
- Porter les quatre tubes à 80°C pendant 8 à 10 min et refroidir brutalement sous l'eau de robinet.
- Ajouter environ 15 ml de gélose viande fois préalablement fondu et refroidie à 45°C, additionné d'une ampoule d'alun de fer ainsi que d'une ampoule de sulfite de sodium (**Annexe 2 :figure23**).

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**).

❖ Recherche et dénombrement des coliformes par comptage des colonies (Annexe 2 :figure24)**Norme : NF ISO 4832, (2006)****But :**

Cette méthode qui est une méthode de routine, consiste à la recherche et dénombrement des coliformes dans les produits destinés à la consommation humaine et animale.

Principe :

Le dénombrement est réalisé par comptage des colonies obtenues en milieu solide après incubation en anaérobiose à 37°C et 44°C.

Mode opératoire :

- A partir des dilutions retenues, on transfère 1 ml d'échantillon pour chaque dilutions dans une boite de pétri, préalablement préparé et numéroté pour cet usage.
- Dans chaque boite de pétri, on coule environ 15 ml de gélose fondu de Désoxycholate (1pour mille) refroidie et maintenue à 45 ± 2 °C dans un bain marie.
- Mélanger soigneusement le milieu et l'inoculum et laisser le mélange se solidifier sur une paille fraîche et horizontale.
- Retourner les boites ainsi préparées puis les incuber à 30 ,35 ou 37°C pour les coliformes totaux et à 44°C pour les coliformes fécaux pendant 24 ± 2 heures.

Lecture

Après la période d'incubation spécifiée, compter les colonies dans chaque boite contenant entre 15 et 150 colonies, on peut également compter toutes les colonies de 2 dilutions successives présentant 15 et 150 colonies /boite et appliquer la formule précédente.

❖ Recherche et dénombrement des coliformes par le nombre le plus probable (NPP).**Norme : NF ISO 4831, (2006)**

Les coliformes sont des bactéries qui appartient à la famille des enterobacteriaceae, sont des bacilles Gram⁻ (BGN), aérobies ou anaérobies facultatifs, non sporulés, ne possédant pas d'oxydase, capables de se multiplier en présence de sels biliaires et capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 35 et 37°C.

But

L'intérêt de la recherche et le dénombrement des coliformes totaux et fécaux est la détermination d'une contamination fécale d'un produit testé. Notons que l'E.coli représente un indice de contamination fécale récente (**joffin et joffin, 1985**).

Mode opératoire

Le dénombrement de ces germes s'effectue en milieu liquide, bouillon lactose bilié au vert brillant (BLBVL) par la technique NPP, cette méthode fait appel à deux tests consécutifs à savoir : test de présomption suivi du test de confirmation (**Annexe 2 : figure 25**).

- **Test de présomption**

-Préparer dans un portoir une série de tubes contenant le milieu sélectif (VBL) à raison de 3 tubes par dilution.

-A partir des dilutions décimales 10^{-3} à 10^{-1} porter aseptiquement 1 ml dans chacun des tubes correspondant à une dilution donnée.

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

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

Lecture

Les tubes considérés comme positifs sont ceux qui présentent à la fois un dégagement de gaz dans la cloche de Durham (1/10 de son volume) et un trouble microbien ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu. La lecture se fait selon la prescription de la table Mac-Grady (**Annexe 5**).

Le résultat final est expliqué en germes/ml ou g de produit. Cette recherche est un indice de présence probable de coliformes fécaux, pour cela on procède au test confirmatif « Test de Mackenzie ».

- **Test de confirmation**

A partir des tubes (BLBVL) trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse dans à la fois :

-Un tube VBL munie d'une cloche.

-Un tube d'Eau Peptoné Exempte d'Indole (EPEI).

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

L'incubation se fait à 44°C pendant 24 heures.

Lecture

Les tubes considérés comme positifs sont des tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux dans les tubes VBL.
- Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indol par l'E.coli après adjonction de deux à trois gouttes du réactif de Kovacs dans les tubes d'EPEI.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de table de Mac-Grady.

Remarque

Etant donné que les coliformes fécaux font partie de coliformes totaux, il est pratiquement impossible de trouver plus de coliformes fécaux que les coliformes totaux.

❖ Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus*

Norme : NA n°93-164 ,1993

Les staphylocoques appartiennent à la famille des Micrococcaceae, ce sont des coques gramme positif, catalase positif, arrondis, immobiles, dépourvus de spores et de capsules .il apparaissent le plus souvent en amas dit grappes de raisin ou isolé en diplocoque, en tétraèdre ou en courte chainettes.

But

La recherche et le dénombrement des *Staphylococcus aureus*, les seules à produire éventuellement une enterotoxine protéique cause d'intoxication alimentaire, permettent donc de savoir si le produit à analyser présente des risques pour le consommateur (**joffin et joffin, 1985**).

Mode opératoire

A partir des dilutions décimales retenues (10^{-3} à 10^{-1}), on porte aseptiquement 1ml dans un tube à essai stérile, on ajoute par la suite environ 15 ml de milieu d'enrichissement (Giolliti Cantonii) préalablement préparé, en ajoutant une ampoule de solution de tellurite de potassium .

- L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.
- Les tubes considérés comme positifs ayant viré au noir suite à la réduction du tellurite de potassium seront isolés sur milieu Chapman par étalement en strie.
- Incubation à 37°C pendant 24 à 48 heures (**Annexe 2 :figure26**).

Lecture

Après incubation il y'a apparition des colonies lisses légèrement bombées jaunâtres.

❖ Recherche et dénombrement des levures et moisissures (NA.758/1990)

- **Les levures** : sont des micro-organismes aérobies mésophiles qui, à 25°C en utilisant un milieu gélosé, dans les conditions décrites dans la présente norme international, qui se développent à la surface du milieu en formant des colonies mates ou brillantes présentant le plus souvent un contour régulier et une surface plus ou moins convexe ou bien se développe en profondeur en formant des colonies ronde et lenticulaire.
- **Les moisissures** : sont des micro-organismes mésophiles, aérobies filamenteux, qui à la surface d'un milieu gélosé et dans les conditions décrites dans la présente norme internationale, développent des colonies étendues plates ou duveteuses présentant souvent des fructifications colorées et des formes de sporulation (**Afnor, 1986**).

Le milieu sur lequel se développent en commun les levures et les moisissures est la gélose à l'oxytetracycline (OGA) ou Sabouraud qui contient de chloramphénicol.

But

Cette méthode consiste à la recherche et le dénombrement des levures et moisissures dans toutes les catégories de denrées alimentaires. La recherche et le dénombrement sont réalisés pour deux causes :

- Leur aptitude à provoquer des altérations d'ordre organoleptique importantes au niveau de l'aliment.
- Certaines moisissures ont la propriété de produire des mycotoxines qui peuvent nuire à la santé du consommateur (**Guiraud., 2003**).

Mode opératoire

Les levures et les moisissures sont recherchées et dénombrés dans toute catégorie de denrée alimentaire selon le protocole suivant :

- A partir des dilutions décimales (10^{-3} , 10^{-2} , 10^{-1}), on porte aseptiquement 4 gouttes dans une boîte de Pétri contenant la gélose Sabouraud, on étale les gouttes à l'aide d'un râteau stérile
- Incubation à 22°C pendant 5 jours (**Annexe2 :figure27**).

Lecture

La lecture de nombre de levures et moisissures se fait séparément; les colonies de levures sont brillantes, pigmentées, sous forme convexe ou plate et elles sont souvent opaques; les moisissures sont pigmentées et à aspect velouté.

Après la période d'incubation, on peut également compter toutes les colonies de deux dilutions successives présentent entre 15 et 150 colonies/boîte et appliquer la formule suivante :

$$N = \frac{\sum c}{1,1 d}$$

Le nombre sera présenté en micro-organisme/ml ou mg.

❖ Recherche et dénombrement des germes totaux dans l'eau

Norme : NF V 08-051 : Relative au dénombrement des micro-organismes par méthode de comptage des colonies.

Principe :

La recherche et le dénombrement des germes totaux se réalisent 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 37°C.

Mode opératoire

À partir de l'eau à analyser :

- Porter aseptiquement 2 fois 1 ml dans deux boites de pétri vides préparées à cet usage et numérotées comme l'indique la figure 2.10.
- Compléter ensuite chacune des boites avec environ 20 ml de gélose PCA fondu puis refroidie à $45\pm 1^\circ\text{C}$.
- 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 la paillasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml.

Cette double couche a un rôle protecteur contre les diverses contaminations.

Incubation

- La première boite sera incubée, couvercle en bas à 20°C .
- La seconde sera incubée, couvercle en bas à 37°C , pendant 72 heures avec une :
 - Première lecture à 24 heures.
 - Deuxième lecture à 48 heures.
 - Troisième lecture à 72 heures.

Lecture

Les germes totaux se présentent dans les deux cas sous forme de colonies lenticulaires poussant en masse (**Annexe 2 :figure28**).

Dénombrement

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

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

❖ Recherche et dénombrement des coliformes dans l'eau**Norme :****Mode opératoire**

Selon **Guiraud (1998)** et **Rodier (1996)**, la technique de la recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux dans l'eau est la suivante :

• Test de présomption

Ensemencer successivement :

- 1 flacon contenant 50 ml de BCPL (D/C) /50ml de l'échantillon à analyser.
- 5 tubes contenant chacun 10 ml de BCPL (D/C) 10 ml de l'échantillon.
- 5 tubes contenant chacun 10 ml de BCPL (S/C) 1 ml de l'échantillon.

Après homogénéisation, l'ensemble est incubé à 37°C pendant 24 à 48 heures (**Annexe 2 :figure29**).

Lecture

Les tubes présentant à la fois un trouble microbien, virage de la couleur de milieu du violet au jaune avec dégagement de gaz dans les cloches (volume égal au moins au 1/10 le volume de la cloche), sont considérés positifs, traduisant ainsi la présence des coliformes totaux. Les résultats sont exprimés en germes/ml selon la table de Mac Grady.

• Test de confirmation

Prélever aseptiquement à partir des tubes BCPL positifs, 3 à 4 gouttes qui sont repiquées sur milieu Shubert pourvu d'une cloche de Durham après homogénéisation, les tubes sont incubés à 44°C pendant 24 heures.

Lecture

Les tubes considérés comme positifs, présentant à la fois un trouble microbien et un dégagement de gaz dans les cloches (volume au moins égale à 1/10^{ème} le volume de la cloche) avec l'apparition d'un anneau rouge après addition de 3 à 4 gouttes de réactif de Kovacs ; témoin de la production de l'indole par l'E.coli.

L'expression des résultats se fait selon la méthode NPP, par référence de la table de Mac Grady, notons que les résultats sont exprimés en germes/ml d'eau à analyser.

❖ Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau

Norme : AFNOR, (1986)

Le dénombrement se fait en milieu liquide sélectif. On utilise dans un premier temps un milieu d'enrichissement sélectif : le milieu de Rothe et en deuxième temps, on utilise le milieu de Litsky pour le test de confirmation (**Joffin et Joffin, 1999**).

But

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

Mode opératoire

D'après **Rodier (1996)** : la recherche et le dénombrement sont réalisés en deux tests :

- **Test de présomption**

-Un flacon de milieu Rothe (50 ml), D/C par 50 ml d'eau à analyser.

-5 flacons de milieu Rothe D/C par 10 ml d'eau à analyser.

A partir des dilutions (10^{-3} , 10^{-2} , 10^{-1}), on ensemence une série de tubes (trois tubes) de milieu Rothe (S/C). L'incubation se fait à 37°C pendant 48 h. La présence d'un trouble dans le milieu de Rothe indique la suspicion de présence de Streptocoques fécaux, seuls les tubes présentant ce trouble microbien seront soumis au test de confirmation.

-Incuber les tubes à 37°C pendant 24 heures. La figure dans (**Annexe 2 :figure30**).

Lecture

Les tubes présentant un trouble microbien après incubation, sont considérés comme positifs.

- **Test de confirmation**

À partir des tubes positifs, on transfère à l'aide d'une pipette stérile 3 à 4 gouttes sur milieu Eva Litsky.

Incuber les tubes à 44°C pendant 24 heures.

Lecture

Les tubes présentant une pastille violette au fond de tube avec un trouble microbien sont considérés comme positifs, donc présence des streptocoques fécaux.

❖ Recherche et dénombrement des Clostridium Sulfite-réducteur dans l'eau de process

Norme : AFNOR, (1986)

Ce sont des bactéries telluriques rencontrées souvent dans les sols, les eaux d'égouts et le tube digestif des hommes et des animaux. Elles ont une forme bacillaire, Gram +, sporulées, anaérobies strictes, catalase et oxydase négatives

On utilise la gélose viande foie (VF), pour leur mise en évidence, et à laquelle on ajoute le sulfite de sodium et alun de fer.

Mode opératoire

Un échantillon de 25 ml d'eau de process à analyser est placé dans un flacon stérile, porter au bain marie à 80°C pendant 10 minutes, l'eau est ensuite refroidi brutalement à l'eau de robinet dans le but d'éliminer les formes végétatives et garder uniquement les formes sporulées.

- Porter cinq fois aseptiquement 5 ml de l'eau traitée dans cinq tubes stérile, ajouter 15 ml de gélose Viande-foie en surfusion à 45°C additionnée de 5 ml de la solution de sulfite de sodium et 1 ml de la solution d'Alun de fer.
- Après solidification du milieu à température ambiante, les tubes sont incubés à 46°C pendant 72 heures, en effectuant la lecture chaque jour (**Annexe 2 :figure31**).

Lecture

Considérer comme résultant d'une spore de bactérie anaérobie sulfito-réductrice toutes colonies noires entourées d'un halo noir.

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

❖ **Dénombrement et recherche des salmonelles dans la poudre de gingembre**

La recherche des salmonelles nécessite quatre phases :

Norme : NA n°93-164 ,1993.

Ce sont des entérobactéries bacilles à Gram négatifs, pouvant être à l'origine de toxi-infections alimentaires très graves ; présentent dans le tube digestif des animaux et de l'homme (malades ou porteurs sains) ; elles sont détruites par la cuisson.

Les salmonelles peuvent, en effet, être présentes en petit nombre et sont souvent accompagnées d'un nombre beaucoup plus grand d'autres micro-organismes appartenant à la famille des Entérobactériaceae ou à d'autres familles.

En conséquence, un enrichissement sélectif est nécessaire : de plus un préenrichissement est aussi souvent nécessaire afin de pouvoir rechercher les Salmonelles en nombre restreint ou les salmonelles ayant subi une altération (**Iso 6887**).

Mode opératoire

- **Pré-enrichissement**

Introduire 25 g de la poudre de gingembre dans 225 mL d'eau peptonée tamponnée à température ambiante puis incubation à 37°C durant 18 à 24 heures.

- **Enrichissement primaire**

A partir du milieu de pré enrichissement on porte 10 ml sur bouillon Sélénite cystine réparti à raison de 100 ml par flacon, qui sera incubé à son tour à 37°C pendant 18 à 24 h. Le virement de la couleur du marron au rouge indique le résultat positif.

- **Enrichissement secondaire et isolement**

Le bouillon Sélénite cystine incubé 24 h avant, fera l'objet :

- D'une part d'un enrichissement secondaire sur un milieu SFB en tube à raison de 0,1 ml par tube.
- D'autre part, d'un isolement sur gélose Hektoen (H₁).

Dans les deux cas, l'incubation se fait donc à 37°C pendant 24 h.

- **Lecture et identification**

- D'une part, le bouillon SFB fera l'objet d'un isolement sur gélose Hektoen (H₂).
- D'autre part, la boîte de gélose Hektoen (H₁) subira une lecture en tenant compte du fait que les *salmonelles* se présentent le plus souvent sous forme de colonies de couleur grise bleu avec un centre noir ou sans.

La confirmation des salmonelles est réalisée par une identification biochimique (H₂ S, lysine, urée) (**Annexe 2 :figure32**).

IV.1. Les résultats des analyses physico-chimiques

IV.1.1. Matières première

IV.1.1.1. La poudre de lait

Les résultats des analyses physico-chimiques de la poudre de lait 26% de MG sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau N°13 : Résultats des analyses physico-chimique de la poudre de lait.

Paramètres	Résultats	Norme interne	Note
Extrait sec(EST)%	95,79 ±0,02	95-97	Conforme
Matière grasse(MG)%	26 ± 0,04	26	Conforme
Taux d'humidité(H)%	4,21 ± 0,02	3-5	Conforme

Le taux de l'extrait sec total est de (95,79%), il est cependant conforme aux normes interne (95-97%), ce qui va donner une bonne texture du fromage fondu.

Le pourcentage de la matière grasse est de (26%) donc elle est conforme aux normes (26%), cela s'explique par un bon écrémage du lait lors de sa fabrication.

Pour l'humidité elle est de (4,21%) conforme aux normes (3-5%). En effet, une humidité trop élevée conduit à l'oxydation de la poudre de lait, tandis qu'un extrait sec totale élevé conditionne une bonne consistance de fromage (**Alais et al., 2008**).

Il est à constater que les paramètres physicochimiques analysés (EST, Humidité, matière grasse) sont conformes aux normes.

Ces résultats indiquent une bonne qualité physico-chimique de la poudre de lait, cela est dû aux modalités de fabrication et aux bonnes conditions de stockage.

IV.1.1.2. Le cheddar

Les résultats des analyses physico-chimiques du cheddar sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau N°14: Résultats des analyses physico-chimiques du Cheddar.

Paramètre	Résultat	Norme interne	Note
Extrait sec(EST)%	64,36 ±0.01	60-67	Conforme
Matière grasse(MG)%	31,5 ± 0,7	31-33	Conforme
Taux d'humidité(H)%	35,64 ±0,01	33-44	Conforme

Les résultats des paramètres physico-chimiques du cheddar, sont un taux d'extrait sec de (64,36%), une humidité de (35,64%) et une matière grasse (31,5%).

Ces paramètres physicochimiques (EST, MG, H) sont conformes aux normes avec respectivement : (60 à 67%), (31 à 33%), (33 à 44%).

D'après ces résultats on conclut que les conditions de stockage (Température, humidité) sont rigoureusement respectées.

IV.1.1.3. Le beurre

Les résultats de l'analyse physicochimique du beurre sont illustrés dans le tableau ci-après :

Tableau N°15 : résultats physico-chimiques du beurre.

Paramètre	Résultats	Norme interne	Note
Extrait sec(EST)%	82 ,66± 0,3	82-84	Conforme
Matière grasse(MG)%	80,75 ±0,06	80-82	Conforme
Taux d'humidité(H)%	17,34 ±0,3	16-18	Conforme

Le taux de l'extrait sec total est de (82,66%), il est cependant conforme aux normes interne (82-84%).

Le pourcentage de la matière grasse est de (80,75%) donc elle est conforme aux normes (80-82%).

Pour l'humidité elle est de (17,34%) conforme aux normes (16-18%).

D'après les résultats des analyses physicochimiques de beurre utilisé dans la fabrication de fromage fondu, on conclut que le beurre utilisé est de bonne qualité.

IV.1.1.4. L'eau de process

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de process sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau N°16 : Résultats des analyses physico-chimique de l'eau de process.

Paramètre	Résultats	Norme interne	Note
TA (°F)	0	0	Conforme
TAC (°F)	20,5±0,06	<50	Conforme
TH (°F)	5 ±0,40	<15	Conforme
TA/TAC	0	-	Conforme
Chlore Cl ⁻ (mg/l)	25±0,3	Max 200	Conforme
pH	7	6 à 8	Conforme

La valeur de pH est de 7, et TA égale à (0°F) cela se traduit par une absence de carbonate, la valeur du titre alcalimétrique complet est de (20,5°F) conforme à la valeur recommandée, ceci correspond à l'absence de bicarbonates.

Le titre hydrométrique TH est de (5°F), une référence à la teneur en ions Ca²⁺ et Mg²⁺, du point de vue physicochimique, une eau est dite dure lorsqu'elle est fortement chargée en ions calcium et magnésium et douce lorsqu'elle en contient peu. Une dureté élevée peut entraîner des dépôts de tartre (**OMS ,1985**).

Les résultats obtenus montrent la conformité de l'eau de process aux normes établies par l'entreprise en ce qui concerne le TA, TAC, TA/TAC, TH, Cl⁻ et pH.

IV.1.1.5. Le gingembre

Les résultats des analyses physicochimiques de la poudre de gingembre utilisée pour la préparation du fromage fondu, sont rapportés dans le tableau ci-après :

Tableau N°17: Résultats des analyses physicochimiques de la poudre gingembre.

Paramètres	Résultats
L'extrait sec (EST)%	80,40±0,7
Matière grasse(MG)%	1,92±0,02
Fibres alimentaires (CB) %	5,24±0,03
Matière minérale (cendres)%	4,24±0,04
Matière azotée Totale(MAT)%	8,20±0,5

Nous pouvons constater que le gingembre présente une quantité importante en extrait sec qui est de 80,40%.

On note aussi que le gingembre est riche en protéine avec un pourcentage de 8,20%, on se référant au tableau Ciqual avec 8,98% ce résultat est proche.

Pour la matière grasse elle est de 1,92 et 5,24 pour la teneur en cellulose brute.

Pour les cendres, la teneur est 4,24%, Cette valeur ne présente pas la valeur exacte des sels minéraux contenus dans l'échantillon, car un grand nombre de sels minéraux sont détruits, modifiés ou se volatilisent à la température d'incinération.

On conclut d'après les résultats que le gingembre est très riche en extrait sec et pauvre en matière grasse, avec une teneur non négligeable en protéines végétales.

IV.1.2. Les produits finis

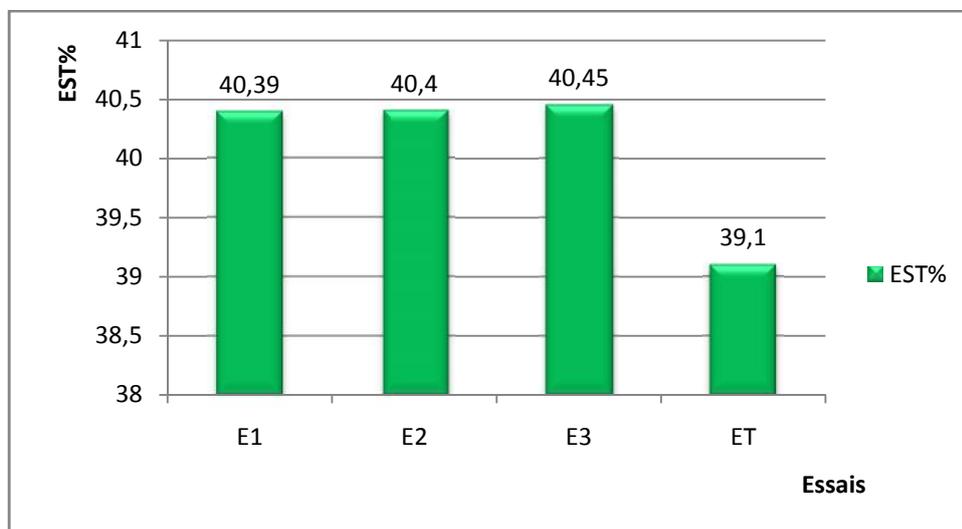
Les valeurs moyennes des paramètres physicochimiques des produits finis de chaque essai sont rapportées dans le tableau ci-après :

Tableau N°18: Résultats des analyses physico-chimiques des produits finis.

Echantillons Paramètre	E1	E2	E3	ET (témoin)	Norme Interne
EST%	40,39±0,28	40,40±0,03	40,45±0,04	39,10±0,42	≥38
MG%	16,5±0,71	16,5±1,13	16,5±0,99	16,5±0,06	16-17
MG/EST%	40,85±0,28	40,84±0,07	40,79±0,04	41,77±0,42	40-42
ESD%	23,89±0,28	23,9±0,03	23,95±0,04	22,6±0,42	22-23
pH	5,8±0,01	5,83±0,01	5,88±0,02	5,78±0,04	5,2-6,2
MAT%	10,43±0,04	10,47±0,07	10,51±0,01	10,39±0,01	≥10
H%	59,61±0,28	59,60±0,03	59,55±0,04	60,9±0,42	60-62

IV.1.2.1. Variation de l'extrait sec total

Les valeurs de l'extrait sec total des produits finis, essai (témoin ET) et des trois essais de formulation E1, E2, E3 pour un taux d'incorporation de la poudre de gingembre respectivement de 0,5 ,1 et 1,5% sont représentées sur la figure ci-après.

**Figure 7 :** Variation de l'EST des produits finis.

Les résultats de l'extrait sec, sont respectivement de 40.39% ,40.40% ,40.45%,39.10% pour les échantillons E1, E2, E3, ET .On constate que la poudre de gingembre a modifier le taux d'EST par rapport à l'échantillon Et (témoin). Ainsi plus

le pourcentage de la poudre de gingembre augmente et plus l'EST augmente. Cette augmentation est significative ($p=0,0177 < 0,05$) (**Annexe6**).

IV.1.2.2. Variation de la matière grasse

Les valeurs de la matière grasse des produits finis sont illustrées sur la figure 8.

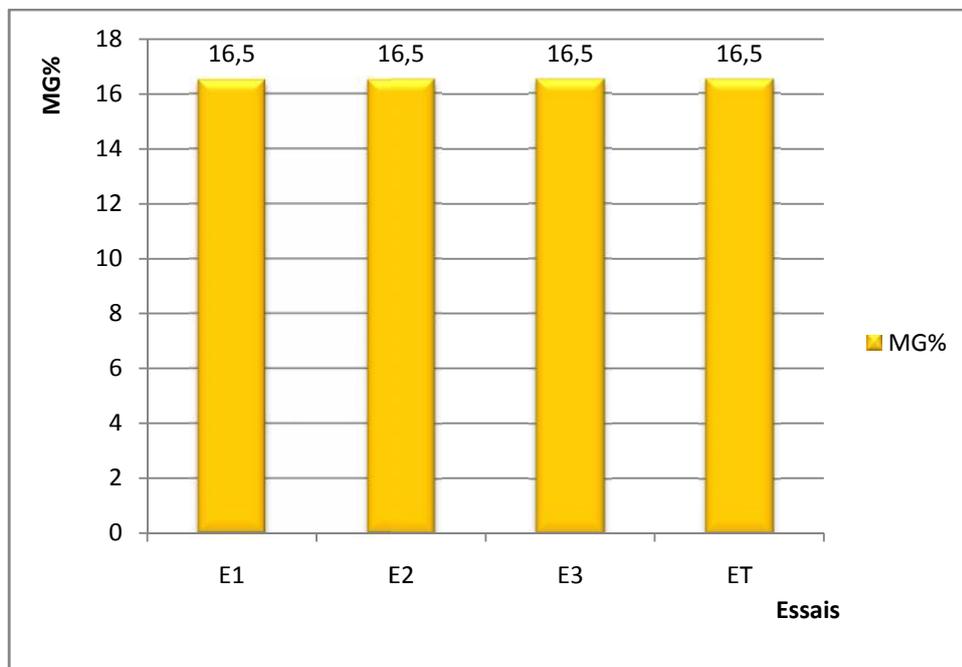


Figure 8 : Valeurs de la matière grasse des différents produits finis.

On constate que le pourcentage de la matière grasse est le même pour tout les échantillons E1, E2, E3, ET qui est 16,5 %, donc la poudre de gingembre n'a pas eu d'influence sur le taux de la matière grasse. L'analyse de la variance a donné un effet non significatif ($p=0,990 > 0,05$) de l'incorporation de la poudre de gingembre à différentes doses sur la teneur en MG (**Annexe6**).

IV.1.2.3. Variation du G/S

Les valeurs du rapport **G/S** des produits finis, sont illustrées sur la figure 9.

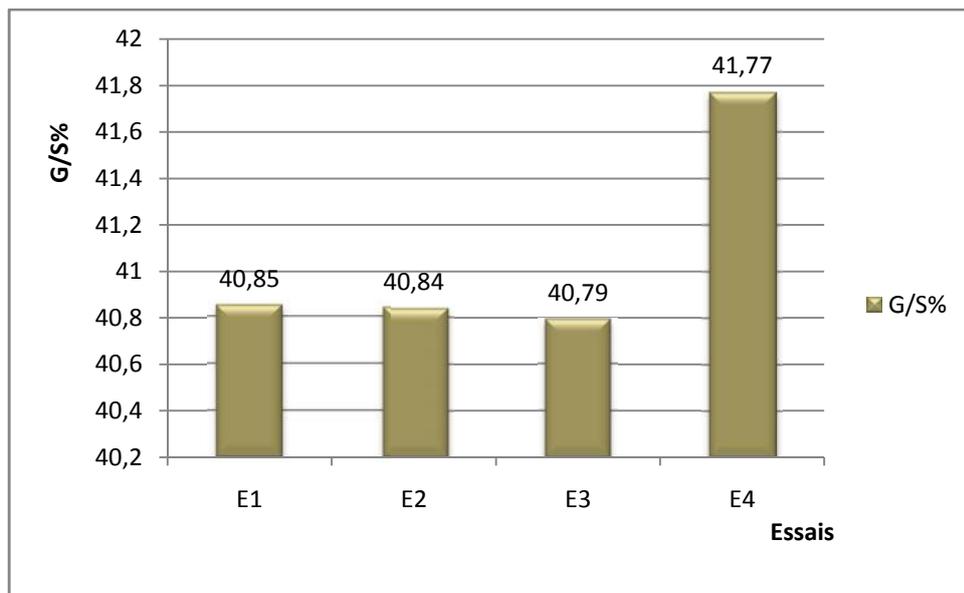


Figure 9 : Valeurs du G/S des produits finis.

Les résultats du rapport G/S sont respectivement de 40,85%, 40,84%, 40,79% pour les échantillons E1, E2, E3, ces résultats sont inférieurs à celui de ET avec une valeur de 41,77%, mais toujours conforme à la norme. L'analyse statistique a montré l'effet significatif ($p=0,04 < 0,05$) de l'incorporation de la poudre de gingembre à différentes doses sur le rapport **G/S(Annexe6)**.

IV.1.2.4. Variation du pH

Les valeurs de pH des produits finis, sont représentées sur la figure ci-dessous.

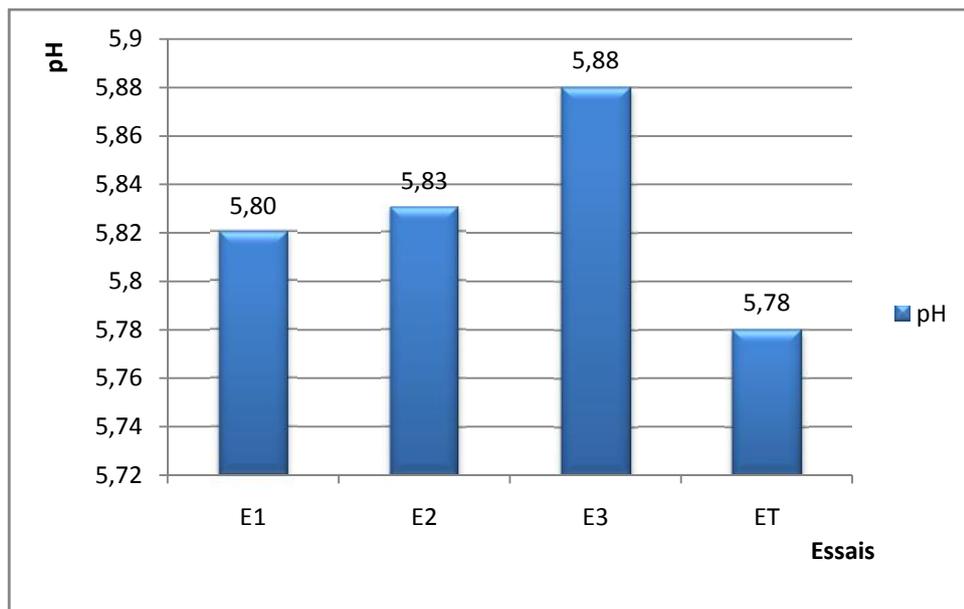


Figure 10 : Valeurs du pH des produits finis.

Les résultats obtenus montrent une légère augmentation du pH pour les trois essais E1, E2, E3 qui sont situées dans un intervalle de 5,80 à 5,88 avec l'augmentation de la quantité de la poudre de gingembre (0,5%, 1%, 1,5%) mais demeurent conformes aux normes interne de l'industrie Goumidi qui préconisent un pH qui varie entre 5,2 à 6,2, les phénomènes physicochimiques sont optimaux dans cette fourchette de pH (**Paquet, 1988**). En effet le pH a une grande influence sur la texture ; à pH bas vers 5, la pâte est ferme et cassante, on risque d'un accident de dégraissage au cours de la cuisson (séparation de la matière grasse), mais la conservation sera meilleure à pH trop élevé plus de 6 la pâte est molle onctueuse avec en plus un danger de détérioration par les bactéries (**Alais, 2008**). L'analyse de la variance a montré l'effet significatif ($P= 0,040 < 0,05$) de l'incorporation de la poudre de gingembre à différentes doses sur le pH(**Annexe6**).

IV.1.2.5. Variation de l'humidité

Les valeurs de la teneur en eau des produits finis, sont représentées sur la figure ci-dessous.

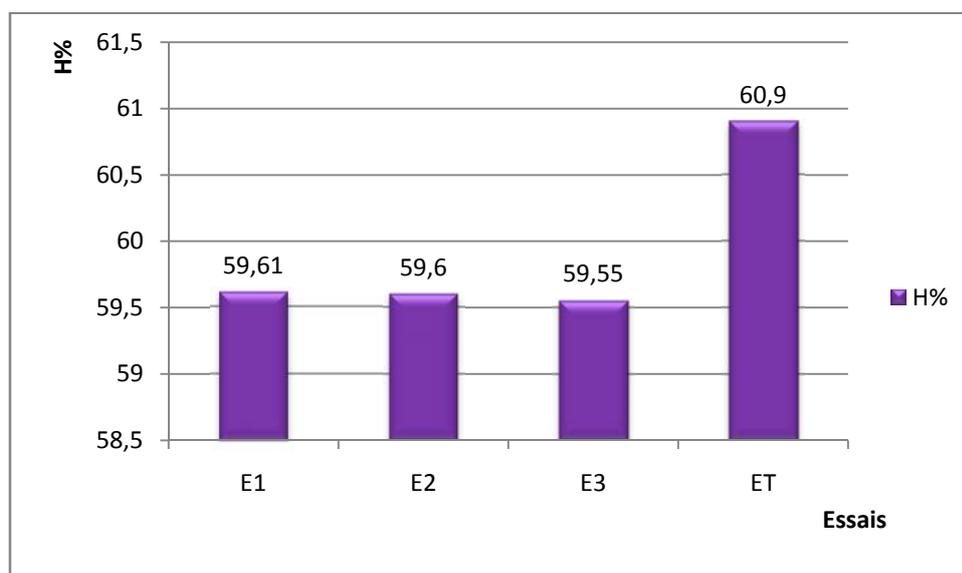


Figure 11 : Valeur de l'H% des produits finis.

Les valeurs de la teneur en eau d'après la figure ci-dessus, sont respectivement de 59,61%, à 59,60%, 59,55% pour les échantillons E1, E2 et E3 alors que ET est de 60,9%. On conclut alors que la poudre de gingembre a modifié le taux de l'humidité qui diminue plus le pourcentage de la poudre de gingembre augmente. L'analyse de la variance a montré cependant un effet

significatif ($p=0,0177 < 0,05$) de l'incorporation de la poudre de gingembre à différentes doses sur la teneur en eau (**Annexe6**).

IV.1.2.6. Variation de la MAT

Les valeurs de la matière azotée totale des produits finis sont représentées sur la figure 12.

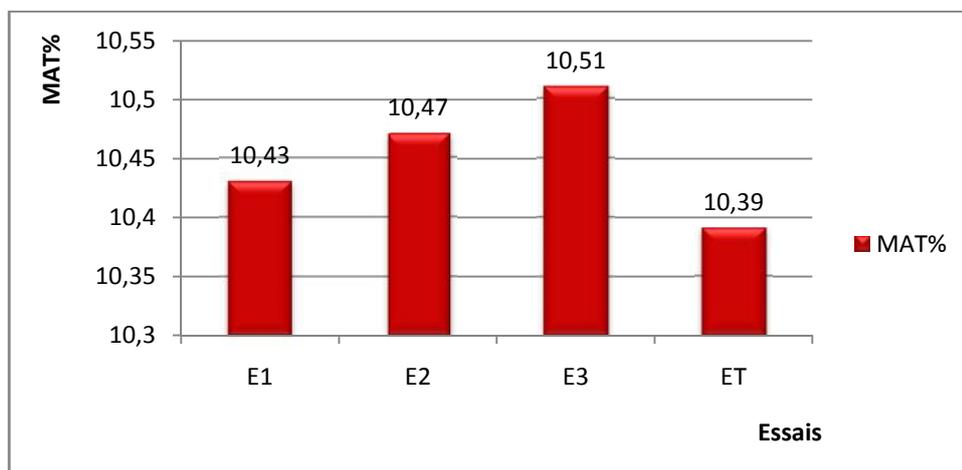


Figure 12 : Variation de la MAT dans les produits finis.

D'après les résultats, l'analyse de la matière azotée totale indique des teneurs proches avec respectivement (10,43%, 10,47%, 10,51%) pour les essais E1, E2, E3, qui peuvent être attribués à la quantité de la poudre de gingembre ajoutée puisque l'échantillon témoin (ET) est de 10,39%.

A la lumière de cette figure, et en se référant à l'essai témoin, il apparaît que le gingembre a enrichi légèrement le produit fini en matière protéique et a fait accroître le taux d'extrait sec pour tous les essais enrichi par gingembre. Cependant l'analyse de la variance a montré l'effet non significatif ($p=0,1608 > 0,05$) de l'incorporation de la poudre de gingembre à différentes doses dans le fromage fondu (**Annexe6**).

IV.2. Résultats des analyses microbiologiques

IV.2.1. Matières premières

IV.2.1.1. Poudre de lait

Les résultats des analyses physicochimiques de la poudre de lait sont résumés dans le tableau N°19:

Tableau N°19 : Résultats des analyses microbiologiques de la poudre de lait.

Germes recherchés	Résultats	Norme	Note
Germes totaux	Abs	2.10 ⁵ germes/g	Conforme
Coliformes totaux	Abs	10 germes/g*	Conforme
Coliformes fécaux	Abs	1 germes/g	Conforme
<i>Clostridium</i> Sulfito-réducteur	Abs	Absence	Conforme
S.aureus	Abs	Absence	Conforme
Levures et Moisissures	Abs	50 UFC*	Conforme

* : Normes fixés par l'entreprise.

Normes : **JORA** n°35 daté le 27 Mai 1998 (voir annexe)

Les résultats montrent une absence totale des germes indicateurs de contamination fécale ainsi que l'absence des germes pathogènes, en l'occurrence : *Clostridium* Sulfito -réducteur et S.aureus qui selon **Leyral et vierling (2007)**, leur ingestion provoquent des toxi-infections alimentaires. L'absence des levures et moisissures nous amène à dire que les conditions de stockage sont bonne. Donc la poudre de lait utilisée comme matière première est de bonne qualité microbiologique qui selon **Fine et Gervais (2007)**, la faible activité de l'eau caractérisant la poudre de lait réduit même inhibe le développement microbien ainsi le produit est microbiologiquement stable tant qu'il demeure à l'état sec.

IV.2.1.2. Le cheddar

Le tableau englobe les résultats des analyses microbiologiques du cheddar.

Tableau N°20 : Résultats des analyses microbiologiques du cheddar.

Germes recherchés	Résultats	Normes (JORA)	Note
<i>Clostridium</i> Sulfito-réducteur	Abs	Absence*	Conforme
S.aureus	Abs	Absence	Conforme

* : Normes fixée par l'entreprise.

Les résultats des analyses microbiologiques du cheddar indiquent l'absence totale des germes pathogènes : *Clostridium* sulfito-réducteur et *Staphylococcus aureus*, ce qui donne une conformité parfaite aux normes fixées par le JORA n°35 et les normes fixées par l'industrie Goumidi.

En conclusion, le cheddar utilisé est de bonne qualité microbiologique.

IV.2.1.3. Le beurre

Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur le beurre sont représentés dans le tableau.

Tableau N°21: Résultats des analyses microbiologiques de beurre.

Germes recherchés	Résultats	Norme (JORA)	Note
Germes totaux	Abs	100 germes/g	Conforme
Coliformes	Abs	10 germes/g	Conforme
<i>Clostridium</i> sulfito-réducteur	Abs	Absence*	Conforme
S.aureus	Abs	Absence	Conforme
Levures et moisissures	Abs	Absence	Conforme

* : Normes fixées par l'entreprise.

D'après les résultats on constate :

- Une absence des germes pathogènes : *Clostridium* sulfito-réducteur, *S.aureus*.
- Une absence des germes totaux.
- Une absence des coliformes.
- Une absence des Levures et moisissures.

Tous les résultats obtenus sont conformes aux normes, donc le beurre utilisé présente une bonne qualité sur le plan microbiologique.

IV.2.1.4. L'eau de process

Les résultats des analyses microbiologiques de l'eau sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau N°22: Résultats des analyses microbiologiques de l'eau de process.

Germes recherchés	Résultats	Norme (JORA, 1998)	Note
Germes totaux 22°C	Abs	20 germes/ml	Conforme
Germes totaux 37°C	Abs	<10 ² germes/ml	Conforme
Coliformes totaux/100ml	Abs	<10 germes/ml	Conforme
Coliformes fécaux/100mls	Abs	Absence	Conforme
Streptocoque fécaux	Abs	Absence	Conforme
<i>Clostridium</i> Sulfito-réducteur	Abs	Absence	Conforme

Norme : JORA n°35 date le 27 Mai1998.

Les résultats regroupés dans le tableau ci-dessus montrent que l'eau utilisés au niveau de l'unité de production est une eau de qualité satisfaisante (conforme aux normes) ;donc de bonne de bonne qualité microbiologique démontrée par l'absence des germes pathogènes et les germes totaux qui selon (**Bourgeois et Al, 1996**) renseignent sur la qualité globale du produit, et les coliformes totaux, fécaux ainsi que les streptocoques fécaux qui selon (**Joffin et Joffin, 1999**) sont des indices de contamination fécale, ainsi que l'absence des *Clostridium* Sulfito-réducteur dont leur recherche permet d'apprécier l'efficacité des traitements (filtration,chloration) et l'état de propreté des réseaux de distribution. De plus, leur présence est indésirable dans

les eaux en raison des problèmes sanitaires et organoleptiques qui peuvent résulter de leurs introductions (**Bourgeois et Leveau, 1991**).

IV.2.1.4. Le gingembre

Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur la poudre de gingembre sont représentés dans le tableau :

Tableau N°23: Les résultats des analyses microbiologiques de la poudre de gingembre.

Germes recherchés	Résultats
Germes totaux	Abs
Coliformes totaux	Abs
Coliformes fécaux	Abs
<i>Clostridium</i> Sulfite-réducteur	Abs
<i>S.aureus</i>	Abs
Salmonelle	Abs
Levures et moisissures	Abs

Il est à remarquer d'après les résultats des analyses microbiologiques de la poudre de gingembre présentés sur le tableau ci-dessus, l'absence totale de germes pathogènes, de contaminations et d'altérations.

IV.2.2. Produits finis

Le tableau ci-dessous présente les résultats des analyses microbiologiques des produits finis.

Tableau N°24: Résultats des analyses microbiologiques des produits finis.

Germes recherchés	E1	E2	E3	ET (témoin)	Normes (JORA)	Note
Germes totaux	Abs	Abs	Abs	Abs	100germes/g*	Conforme
Coliformes toutaux	Abs	Abs	Abs	Abs	100 germes/g	Conforme
Coliformes fécaux	Abs	Abs	Abs	Abs	10 germes/g	Conforme
<i>Clostridium</i> sulfito-réducteur	Abs	Abs	Abs	Abs	Absence	Conforme
S.aureus	Abs	Abs	Abs	Abs	10 germes/g	Conforme
Levures et Moisissures	Abs	Abs	Abs	Abs	Absence	Conforme

* : Norme fixé par l'entreprise.

A la lumière de ce tableau :

nous remarquons une absence totale des germes recherchés et dénombrés par les normes du **JORA n°35 date le 27 Mai 1998** et celles fixées par l'entreprise, cela peut être expliqué par le respect des conditions aseptiques au cours des prélèvements des échantillons et à l'efficacité du traitement thermique (stérilisation à 140 C) et aussi de la qualité microbiologique des matières première utilisées ainsi que le respect des conditions d'hygiène lors de la fabrication.

Il en ressort d'après ces résultats que le fromage fondu fabriqué est de bonne qualité microbiologique.

IV.3.Résultats de l'étude de stabilité des produits finis

Les résultats des paramètres physicochimiques de l'étude de la stabilité des produits finis de chaque formulation après 21 jours stockés à 4°C, sont représentés sur les tableaux et les figures ci-après :

IV.3.1. variations du pH

Tableau N°25 : Evolution et stabilité du pH

Paramètres	pH			
	0	7	14	21
E1	5,8± 0,028	5,72± 0,023	5,68± 0,029	5,60± 0,042
E2	5,83± 0,042	5,80± 0,041	5,75± 0,032	5,67± 0,027
E3	5,88± 0,013	5,84± 0,028	5,80± 0,023	5,70± 0,035
ET	5,78± 0,034	5,70± 0,062	5,68± 0,040	5,58± 0,039

La figure 13, illustre l'évolution du pH des produits finis au cours du stockage à 4°C.

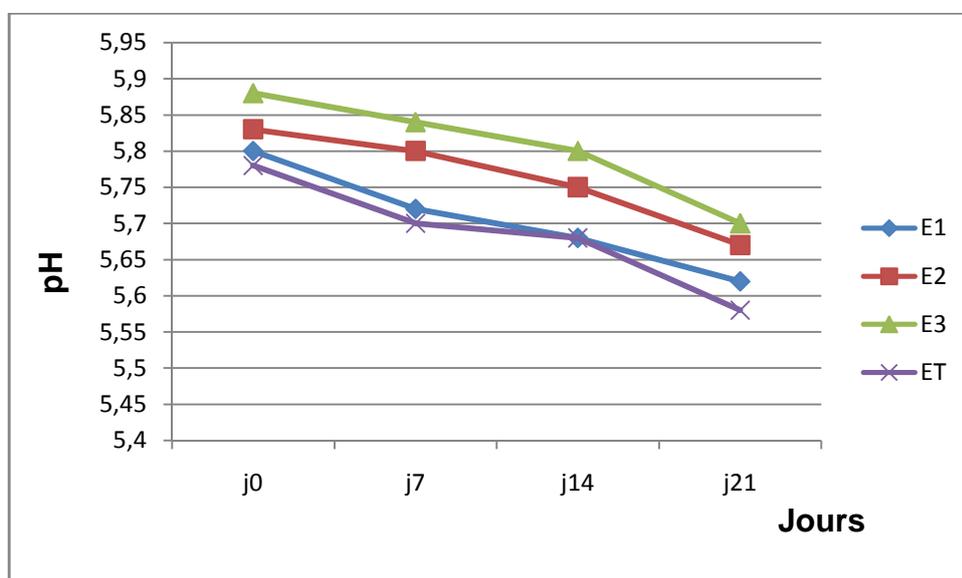


Figure 13 : Variation du pH des produits finis au cours du stockage.

On remarque d'après la figure que le pH diminue pour les quatre essais. Au jour (j0) le jour de la production les valeurs du pH sont respectivement (5,8), (5,83), (5,88), (5,78) pour les essais E1, E2, E3, ET. Ces valeurs s'abaissent durant les 21 jours pour atteindre les pH suivants : (5,60), (5,67), (5,7), (5,58). On note cependant

que au bout de 21 jours de stockage à 4°C, le pH le plus élevé (5,70) correspond à l'essai avec la dose de poudre de gingembre la plus élevée (1,5%).

VI.3.2. Variation de l'EST

Tableau N°26 : Evolution et stabilité de l'EST.

Paramètres	EST			
	0	7	14	21
E1	40,39± 0,030	40,30± 0,240	40,35± 0,042	40,49± 0,081
E2	40,40± 0,056	40,46± 0,113	40,50± 0,020	40,54± 0,029
E3	40,45± 0,014	40,58± 0,041	40,66± 0,052	40,70± 0,086
ET	39,10± 0,90	39± 0,04	39,22± 0,240	39,30± 0,035

La figure 14, illustre l'évolution de l'EST des produits finis au cours du stockage à 4°C.

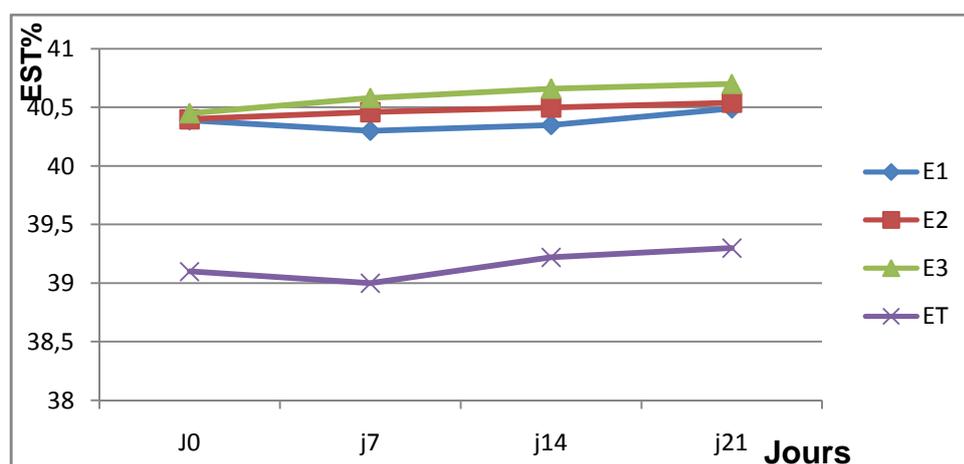


Figure 14 : Variation de l'EST des produits finis au cours du stockage.

On ressort de la figure que l'EST augmente légèrement pendant 21 jours de stockage à 4°C. L'essai témoin atteint 39,3% et les essais E1, E2, E3 atteignent respectivement 40,49%, 40,54%, 40,70% cette augmentation par rapport au témoin

ET peut être due à l'incorporation de la poudre de gingembre. On note cependant que au bout de 21 jours de stockage à 4°C, l'EST le plus élevé (40,70) correspond à l'essai avec la dose de poudre de gingembre la plus élevée (1,5%).

VI.3.3. Variation de la matière grasse

Tableau N°27 : Evolution et stabilité de la MG.

Paramètres	MG			
	0	7	14	21
E1	16,5± 0,028	16,5± 0,098	16,5± 0,01	16,5± 0,013
E2	16,5± 0,112	16,5± 0,042	16,5± 0,083	16,5± 0,025
E3	16,5± 0,014	16,5± 0,098	16,5± 0,210	16,5± 0,030
ET	16,5± 0,084	16,5± 0,113	16,5± 0,035	16,5± 0,091

La figure 15, illustre l'évolution de la MG des produits finis au cours du stockage à 4°C.

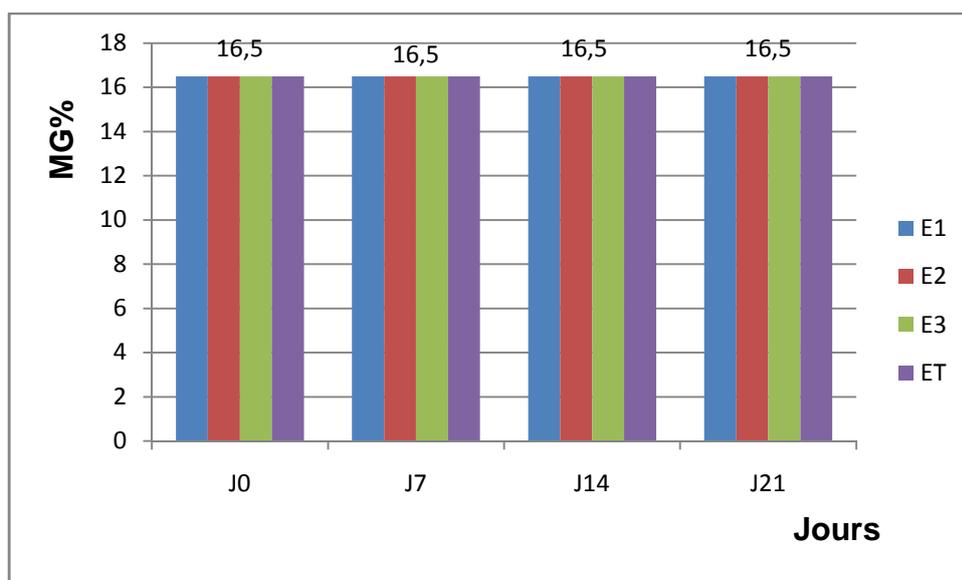


Figure 15 : Variation de la MG des produits finis au cours de stockage.

D'après la figure le taux de la matière grasse n'a pas changé durant 21 jours de stockage à 4°C avec (16,5%) pour les quatre essais, cela se traduit par la bonne conservation des produits finis qui a protégé la matière grasse contre l'oxydation.

IV.4. Les résultats des analyses sensorielles

Les caractéristiques des dégustateurs sont représentées dans la figure suivante :

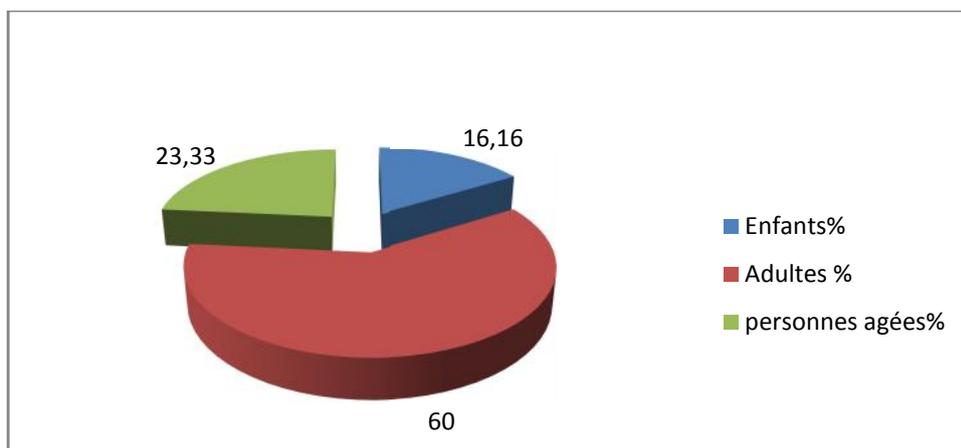


Figure 16 : Les caractéristiques des dégustateurs.

On note que 60% de la population de dégustation est composée d'adultes, à 23,33% de personnes âgées et à 16,16% d'enfants cela afin de toucher toute toutes les tranches de consommations potentiels.

VI.4.1. Les résultats du test hédonique

Les réponses des dégustateurs sont illustrées dans le profil suivant :

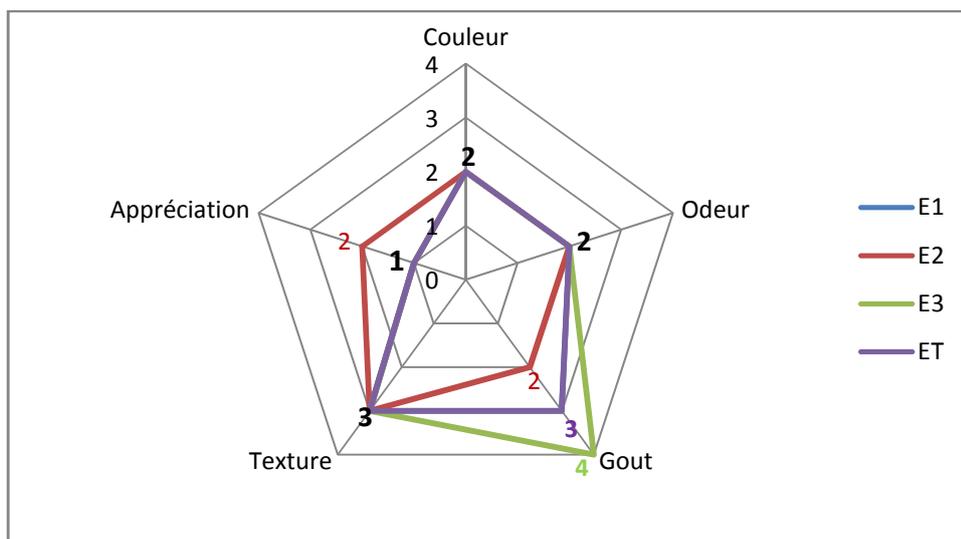


Figure 17 : Profil sensoriel des essais d'incorporation de la poudre de gingembre dans un fromage fondu.

L'analyse sensorielle nous a permis entre autre de classer les 3 échantillons sur la base des fiches de dégustation (**annexe7**) renseignées par ces personnes volontaires.

- La couleur et l'odeur ont la même réponse pour l'ensemble des sujets donc, pas d'odeur désagréable et la couleur est blanc crème qui est la couleur normale du fromage fondu qui provient essentiellement du cheddar et cela s'explique aussi par l'homogénéisation de la poudre de gingembre avec les autres matières.
- Le goût salé a été plus marqué dans les essais E1 avec 0,5% de poudre de gingembre et E2 avec 0% de poudre de gingembre jugé par les 100% de l'ensemble des dégustateurs.

Par contre le goût acide était plus marqué dans l'essai E1 et E2 jugé par 16,66% des individus alors que l'essai E3 a été apprécié acide par 6,66% de ces derniers.

Pour l'essai E2 on remarque que 6,66% des dégustateurs l'ont jugé amer et 10% l'ont estimé épicé.

Pour l'essai E3, 66,6% des dégustateurs l'ont qualifié équilibré (gout légèrement sucré) alors que 56,66% l'ont jugé épicé.

- D'autre part, la texture est très importante dans la perception de la qualité des fromages de la part des consommateurs, ainsi on remarque que les quatre essais ont bien répondu à notre objectif qui est la texture tartinable.
- Pour l'appréciation, l'ensemble de la population des dégustateurs a jugé l'essai 3 comme étant bon, qui est de même pour l'essai témoin, ainsi pour l'essai 1 qui est jugé bon par 50% de la population.

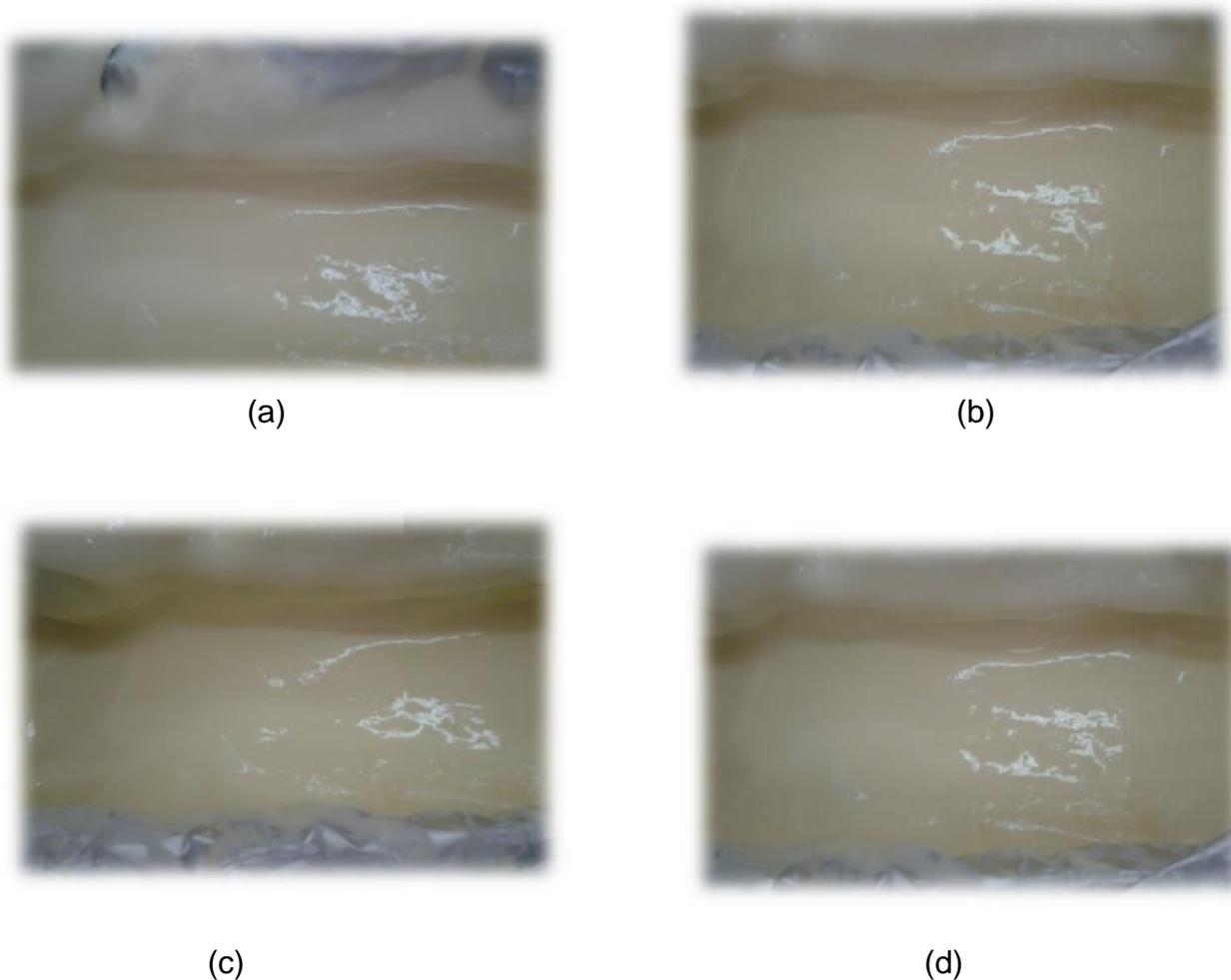
Cependant 66,66% des dégustateurs ont jugé l'essai 2 moyen et 43,44% des dégustateurs ont jugé l'essai 1 moyen aussi ; et cela peut être due à l'habitude de consommer un produit qui comprend les caractères régulières d'un fromage fondu.

Néanmoins l'essai 1 et 2 sont jugés respectivement de 6,66% et 33,33% par les dégustateurs comme étant pas bon. Ce jugement peut s'expliquer par la variation des goûts des consommateurs.

On conclut d'après les résultats obtenus que l'incorporation de la poudre de gingembre, pour l'essai E3 a modifié la saveur du fromage fondu ainsi

qu'une diminution du gout salé et a fait apparaître un nouveau gout équilibré légèrement épicé (avec une note sucré).

La figure 18 illustre l'aspect des trois essais de formulation de fromage fondu enrichi à la poudre de gingembre à différentes doses.



(a) : essai 1 (0,5% poudre de gingembre/ le fromage fondu).

(b) : essai2 (1% poudre de gingembre/ le fromage fondu).

(c) : essai3 (1,5% poudre de gingembre/ le fromage fondu).

(d) : essai témoin T.

Figure 18 : Les trois essais de formulation du fromage fondu au gingembre.

IV.5. classement des essais par ordre de préférence :

Les résultats du classement sont représentés dans la figure ci-après, ils montrent que le fromage le plus apprécié est celui de l'essai E3 qui contient 1,5% de la poudre de gingembre, l'essai E1 vient en deuxième position et E2 en troisième position à cause de la perception du goût acide du fromage.

Tableau N°28 : Résultats du test de classement.

Classes	Pourcentage de classement
1 ^{ère} classe E3 à 1,5%	83,33%
2 ^{ème} classe E1 à 0,5%	16,67
3 ^{ème} classe E2 à 1%	0%

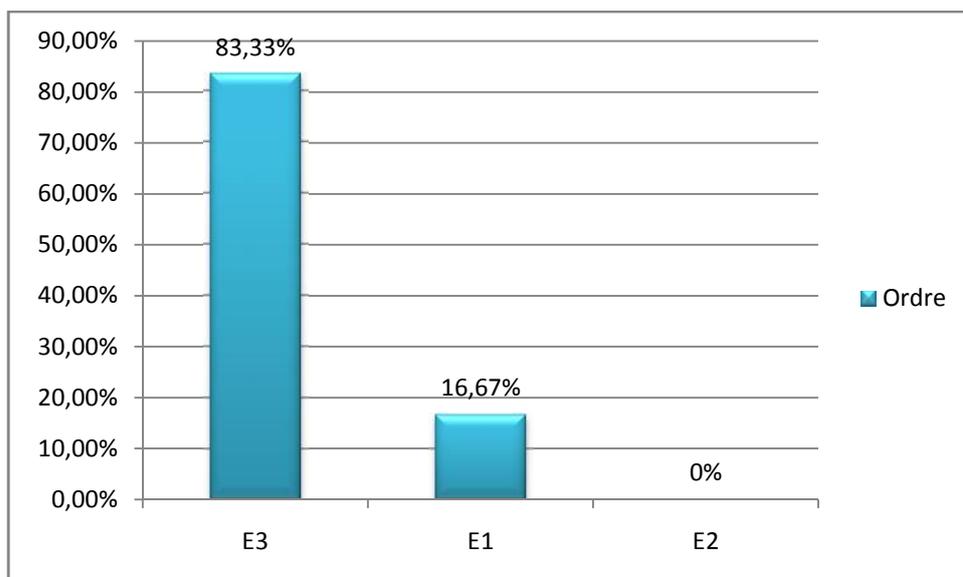


Figure 19 : Classement des échantillons.

IV.1. Les résultats des analyses physico-chimiques

IV.1.1. Matières première

IV.1.1.1. La poudre de lait

Les résultats des analyses physico-chimiques de la poudre de lait 26% de MG sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau N°13 : Résultats des analyses physico-chimique de la poudre de lait.

Paramètres	Résultats	Norme interne	Note
Extrait sec(EST)%	95,79 ±0,02	95-97	Conforme
Matière grasse(MG)%	26 ± 0,04	26	Conforme
Taux d'humidité(H)%	4,21 ± 0,02	3-5	Conforme

Le taux de l'extrait sec total est de (95,79%), il est cependant conforme aux normes interne (95-97%), ce qui va donner une bonne texture du fromage fondu.

Le pourcentage de la matière grasse est de (26%) donc elle est conforme aux normes (26%), cela s'explique par un bon écrémage du lait lors de sa fabrication.

Pour l'humidité elle est de (4,21%) conforme aux normes (3-5%). En effet, une humidité trop élevée conduit à l'oxydation de la poudre de lait, tandis qu'un extrait sec totale élevé conditionne une bonne consistance de fromage (**Alais et al., 2008**).

Il est à constater que les paramètres physicochimiques analysés (EST, Humidité, matière grasse) sont conformes aux normes.

Ces résultats indiquent une bonne qualité physico-chimique de la poudre de lait, cela est dû aux modalités de fabrication et aux bonnes conditions de stockage.

IV.1.1.2. Le cheddar

Les résultats des analyses physico-chimiques du cheddar sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau N°14: Résultats des analyses physico-chimiques du Cheddar.

Paramètre	Résultat	Norme interne	Note
Extrait sec(EST)%	64,36 ±0.01	60-67	Conforme
Matière grasse(MG)%	31,5 ± 0,7	31-33	Conforme
Taux d'humidité(H)%	35,64 ±0,01	33-44	Conforme

Les résultats des paramètres physico-chimiques du cheddar, sont un taux d'extrait sec de (64,36%), une humidité de (35,64%) et une matière grasse (31,5%).

Ces paramètres physicochimiques (EST, MG, H) sont conformes aux normes avec respectivement : (60 à 67%), (31 à 33%), (33 à 44%).

D'après ces résultats on conclut que les conditions de stockage (Température, humidité) sont rigoureusement respectées.

IV.1.1.3. Le beurre

Les résultats de l'analyse physicochimique du beurre sont illustrés dans le tableau ci-après :

Tableau N°15 : résultats physico-chimiques du beurre.

Paramètre	Résultats	Norme interne	Note
Extrait sec(EST)%	82 ,66± 0,3	82-84	Conforme
Matière grasse(MG)%	80,75 ±0,06	80-82	Conforme
Taux d'humidité(H)%	17,34 ±0,3	16-18	Conforme

Le taux de l'extrait sec total est de (82,66%), il est cependant conforme aux normes interne (82-84%).

Le pourcentage de la matière grasse est de (80,75%) donc elle est conforme aux normes (80-82%).

Pour l'humidité elle est de (17,34%) conforme aux normes (16-18%).

D'après les résultats des analyses physicochimiques de beurre utilisé dans la fabrication de fromage fondu, on conclut que le beurre utilisé est de bonne qualité.

IV.1.1.4. L'eau de process

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de process sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau N°16 : Résultats des analyses physico-chimique de l'eau de process.

Paramètre	Résultats	Norme interne	Note
TA (°F)	0	0	Conforme
TAC (°F)	20,5±0,06	<50	Conforme
TH (°F)	5 ±0,40	<15	Conforme
TA/TAC	0	-	Conforme
Chlore Cl ⁻ (mg/l)	25±0,3	Max 200	Conforme
pH	7	6 à 8	Conforme

La valeur de pH est de 7, et TA égale à (0°F) cela se traduit par une absence de carbonate, la valeur du titre alcalimétrique complet est de (20,5°F) conforme à la valeur recommandée, ceci correspond à l'absence de bicarbonates.

Le titre hydrométrique TH est de (5°F), une référence à la teneur en ions Ca²⁺ et Mg²⁺, du point de vue physicochimique, une eau est dite dure lorsqu'elle est fortement chargée en ions calcium et magnésium et douce lorsqu'elle en contient peu. Une dureté élevée peut entraîner des dépôts de tartre (**OMS ,1985**).

Les résultats obtenus montrent la conformité de l'eau de process aux normes établies par l'entreprise en ce qui concerne le TA, TAC, TA/TAC, TH, Cl⁻ et pH.

IV.1.1.5. Le gingembre

Les résultats des analyses physicochimiques de la poudre de gingembre utilisée pour la préparation du fromage fondu, sont rapportés dans le tableau ci-après :

Tableau N°17: Résultats des analyses physicochimiques de la poudre gingembre.

Paramètres	Résultats
L'extrait sec (EST)%	80,40±0,7
Matière grasse(MG)%	1,92±0,02
Fibres alimentaires (CB) %	5,24±0,03
Matière minérale (cendres)%	4,24±0,04
Matière azotée Totale(MAT)%	8,20±0,5

Nous pouvons constater que le gingembre présente une quantité importante en extrait sec qui est de 80,40%.

On note aussi que le gingembre est riche en protéine avec un pourcentage de 8,20%, on se référant au tableau Ciqual avec 8,98% ce résultat est proche.

Pour la matière grasse elle est de 1,92 et 5,24 pour la teneur en cellulose brute.

Pour les cendres, la teneur est 4,24%, Cette valeur ne présente pas la valeur exacte des sels minéraux contenus dans l'échantillon, car un grand nombre de sels minéraux sont détruits, modifiés ou se volatilisent à la température d'incinération.

On conclut d'après les résultats que le gingembre est très riche en extrait sec et pauvre en matière grasse, avec une teneur non négligeable en protéines végétales.

IV.1.2. Les produits finis

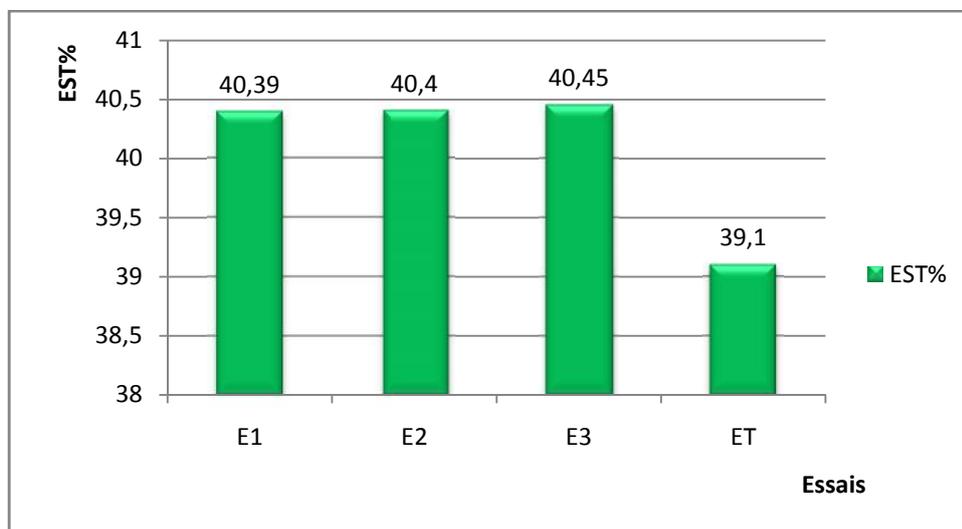
Les valeurs moyennes des paramètres physicochimiques des produits finis de chaque essai sont rapportées dans le tableau ci-après :

Tableau N°18: Résultats des analyses physico-chimiques des produits finis.

Echantillons Paramètre	E1	E2	E3	ET (témoin)	Norme Interne
EST%	40,39±0,28	40,40±0,03	40,45±0,04	39,10±0,42	≥38
MG%	16,5±0,71	16,5±1,13	16,5±0,99	16,5±0,06	16-17
MG/EST%	40,85±0,28	40,84±0,07	40,79±0,04	41,77±0,42	40-42
ESD%	23,89±0,28	23,9±0,03	23,95±0,04	22,6±0,42	22-23
pH	5,8±0,01	5,83±0,01	5,88±0,02	5,78±0,04	5,2-6,2
MAT%	10,43±0,04	10,47±0,07	10,51±0,01	10,39±0,01	≥10
H%	59,61±0,28	59,60±0,03	59,55±0,04	60,9±0,42	60-62

IV.1.2.1. Variation de l'extrait sec total

Les valeurs de l'extrait sec total des produits finis, essai (témoin ET) et des trois essais de formulation E1, E2, E3 pour un taux d'incorporation de la poudre de gingembre respectivement de 0,5 ,1 et 1,5% sont représentées sur la figure ci-après.

**Figure 7 :** Variation de l'EST des produits finis.

Les résultats de l'extrait sec, sont respectivement de 40.39% ,40.40% ,40.45%,39.10% pour les échantillons E1, E2, E3, ET .On constate que la poudre de gingembre a modifier le taux d'EST par rapport à l'échantillon Et (témoin). Ainsi plus

le pourcentage de la poudre de gingembre augmente et plus l'EST augmente. Cette augmentation est significative ($p=0,0177 < 0,05$) (**Annexe6**).

IV.1.2.2. Variation de la matière grasse

Les valeurs de la matière grasse des produits finis sont illustrées sur la figure 8.

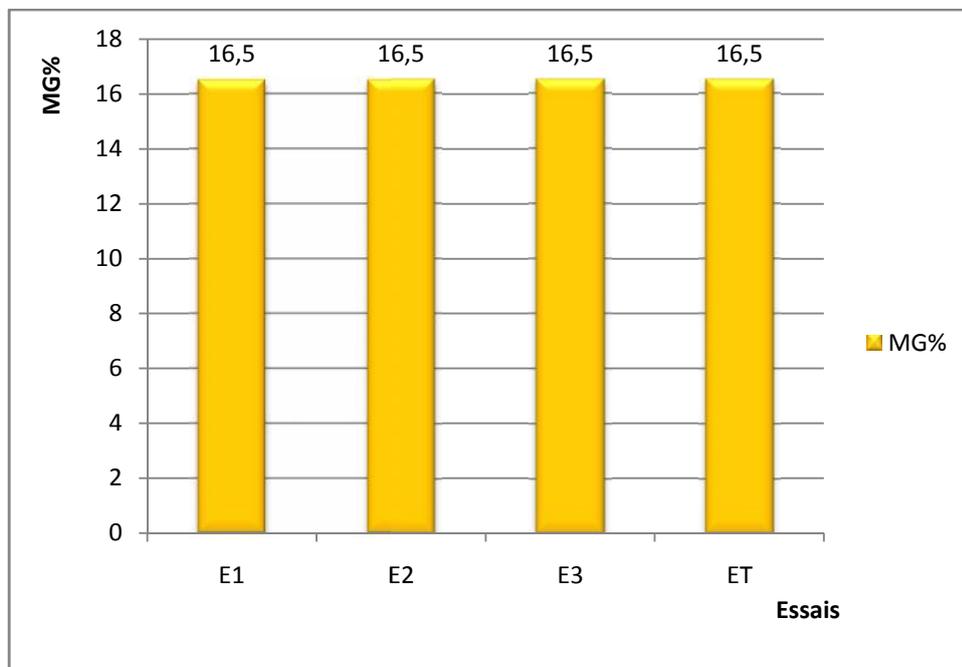


Figure 8 : Valeurs de la matière grasse des différents produits finis.

On constate que le pourcentage de la matière grasse est le même pour tout les échantillons E1, E2, E3, ET qui est 16,5 %, donc la poudre de gingembre n'a pas eu d'influence sur le taux de la matière grasse. L'analyse de la variance a donné un effet non significatif ($p=0,990 > 0,05$) de l'incorporation de la poudre de gingembre à différentes doses sur la teneur en MG (**Annexe6**).

IV.1.2.3. Variation du G/S

Les valeurs du rapport **G/S** des produits finis, sont illustrées sur la figure 9.

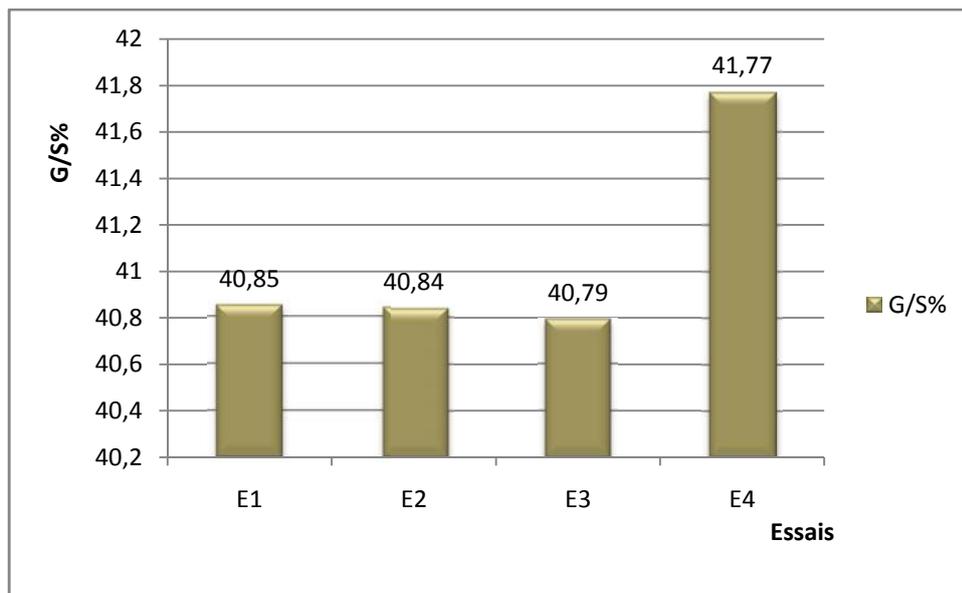


Figure 9 : Valeurs du G/S des produits finis.

Les résultats du rapport G/S sont respectivement de 40,85%, 40,84%, 40,79% pour les échantillons E1, E2, E3, ces résultats sont inférieurs à celui de ET avec une valeur de 41,77%, mais toujours conforme à la norme. L'analyse statistique a montré l'effet significatif ($p=0,04 < 0,05$) de l'incorporation de la poudre de gingembre à différentes doses sur le rapport **G/S(Annexe6)**.

IV.1.2.4. Variation du pH

Les valeurs de pH des produits finis, sont représentées sur la figure ci-dessous.

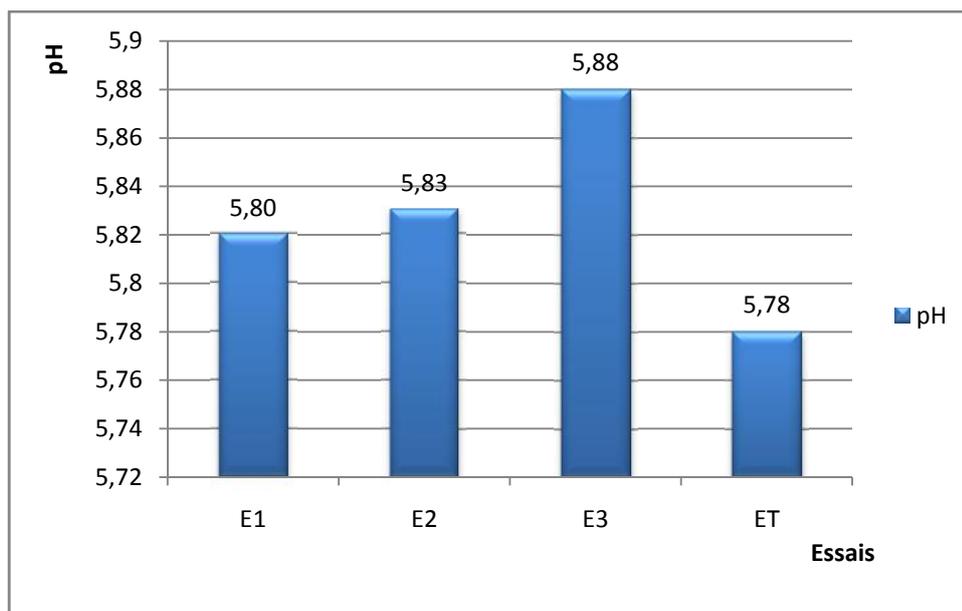


Figure 10 : Valeurs du pH des produits finis.

Les résultats obtenus montrent une légère augmentation du pH pour les trois essais E1, E2, E3 qui sont situées dans un intervalle de 5,80 à 5,88 avec l'augmentation de la quantité de la poudre de gingembre (0,5%, 1%, 1,5%) mais demeurent conformes aux normes interne de l'industrie Goumidi qui préconisent un pH qui varie entre 5,2 à 6,2, les phénomènes physicochimiques sont optimaux dans cette fourchette de pH (**Paquet, 1988**). En effet le pH a une grande influence sur la texture ; à pH bas vers 5, la pâte est ferme et cassante, on risque d'un accident de dégraissage au cours de la cuisson (séparation de la matière grasse), mais la conservation sera meilleure à pH trop élevé plus de 6 la pâte est molle onctueuse avec en plus un danger de détérioration par les bactéries (**Alais, 2008**). L'analyse de la variance a montré l'effet significatif ($P= 0,040 < 0,05$) de l'incorporation de la poudre de gingembre à différentes doses sur le pH(**Annexe6**).

IV.1.2.5. Variation de l'humidité

Les valeurs de la teneur en eau des produits finis, sont représentées sur la figure ci-dessous.

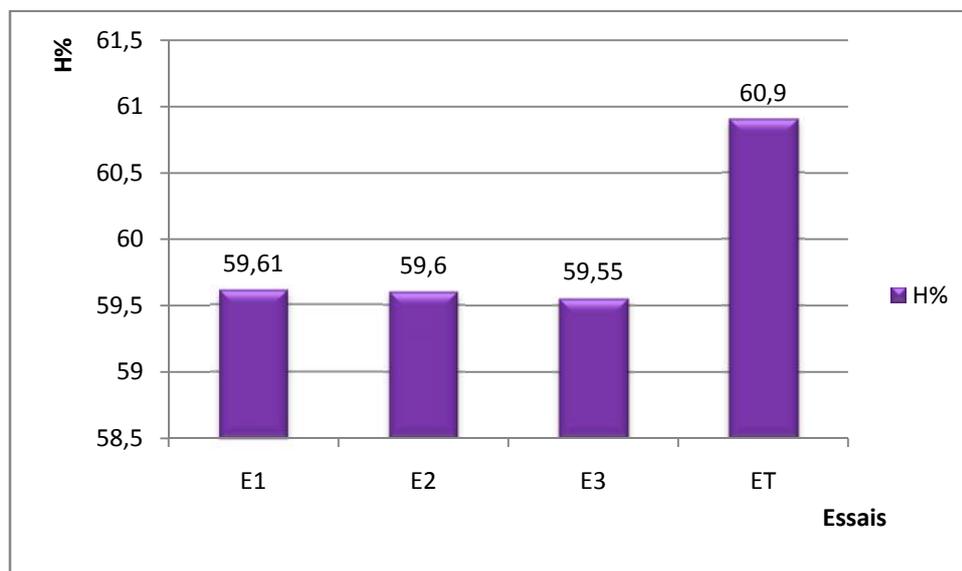


Figure 11 : Valeur de l'H% des produits finis.

Les valeurs de la teneur en eau d'après la figure ci-dessus, sont respectivement de 59,61%, à 59,60%, 59,55% pour les échantillons E1, E2 et E3 alors que ET est de 60,9%. On conclut alors que la poudre de gingembre a modifié le taux de l'humidité qui diminue plus le pourcentage de la poudre de gingembre augmente. L'analyse de la variance a montré cependant un effet

significatif ($p=0,0177 < 0,05$) de l'incorporation de la poudre de gingembre à différentes doses sur la teneur en eau (**Annexe6**).

IV.1.2.6. Variation de la MAT

Les valeurs de la matière azotée totale des produits finis sont représentées sur la figure 12.

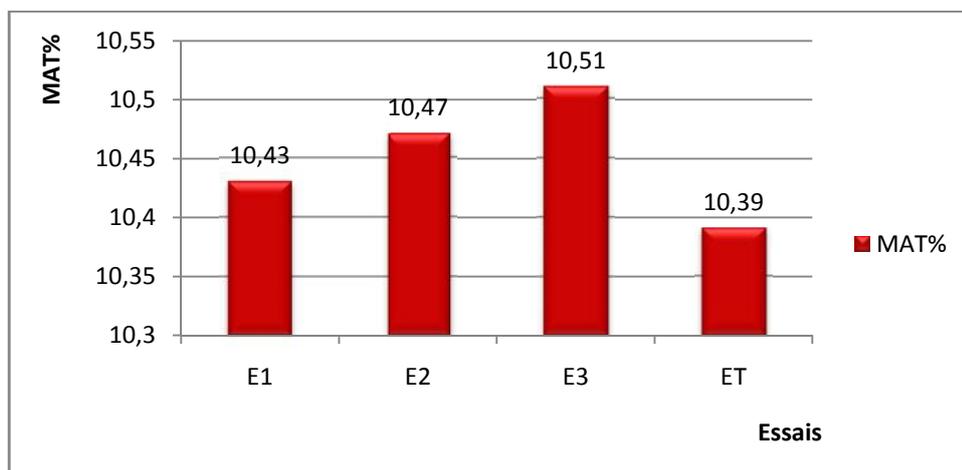


Figure 12 : Variation de la MAT dans les produits finis.

D'après les résultats, l'analyse de la matière azotée totale indique des teneurs proches avec respectivement (10,43%, 10,47%, 10,51%) pour les essais E1, E2, E3, qui peuvent être attribués à la quantité de la poudre de gingembre ajoutée puisque l'échantillon témoin (ET) est de 10,39%.

A la lumière de cette figure, et en se référant à l'essai témoin, il apparaît que le gingembre a enrichi légèrement le produit fini en matière protéique et a fait accroître le taux d'extrait sec pour tous les essais enrichi par gingembre. Cependant l'analyse de la variance a montré l'effet non significatif ($p=0,1608 > 0,05$) de l'incorporation de la poudre de gingembre à différentes doses dans le fromage fondu (**Annexe6**).

IV.2. Résultats des analyses microbiologiques

IV.2.1. Matières premières

IV.2.1.1. Poudre de lait

Les résultats des analyses physicochimiques de la poudre de lait sont résumés dans le tableau N°19:

Tableau N°19 : Résultats des analyses microbiologiques de la poudre de lait.

Germes recherchés	Résultats	Norme	Note
Germes totaux	Abs	2.10 ⁵ germes/g	Conforme
Coliformes totaux	Abs	10 germes/g*	Conforme
Coliformes fécaux	Abs	1 germes/g	Conforme
<i>Clostridium</i> Sulfito-réducteur	Abs	Absence	Conforme
S.aureus	Abs	Absence	Conforme
Levures et Moisissures	Abs	50 UFC*	Conforme

* : Normes fixés par l'entreprise.

Normes : **JORA** n°35 daté le 27 Mai 1998 (voir annexe)

Les résultats montrent une absence totale des germes indicateurs de contamination fécale ainsi que l'absence des germes pathogènes, en l'occurrence : *Clostridium* Sulfito -réducteur et S.aureus qui selon **Leyral et vierling (2007)**, leur ingestion provoquent des toxi-infections alimentaires. L'absence des levures et moisissures nous amène à dire que les conditions de stockage sont bonne. Donc la poudre de lait utilisée comme matière première est de bonne qualité microbiologique qui selon **Fine et Gervais (2007)**, la faible activité de l'eau caractérisant la poudre de lait réduit même inhibe le développement microbien ainsi le produit est microbiologiquement stable tant qu'il demeure à l'état sec.

IV.2.1.2. Le cheddar

Le tableau englobe les résultats des analyses microbiologiques du cheddar.

Tableau N°20 : Résultats des analyses microbiologiques du cheddar.

Germes recherchés	Résultats	Normes (JORA)	Note
<i>Clostridium</i> Sulfito-réducteur	Abs	Absence*	Conforme
S.aureus	Abs	Absence	Conforme

* : Normes fixée par l'entreprise.

Les résultats des analyses microbiologiques du cheddar indiquent l'absence totale des germes pathogènes : *Clostridium* sulfito-réducteur et *Staphylococcus aureus*, ce qui donne une conformité parfaite aux normes fixées par le JORA n°35 et les normes fixées par l'industrie Goumidi.

En conclusion, le cheddar utilisé est de bonne qualité microbiologique.

IV.2.1.3. Le beurre

Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur le beurre sont représentés dans le tableau.

Tableau N°21: Résultats des analyses microbiologiques de beurre.

Germes recherchés	Résultats	Norme (JORA)	Note
Germes totaux	Abs	100 germes/g	Conforme
Coliformes	Abs	10 germes/g	Conforme
<i>Clostridium</i> sulfito-réducteur	Abs	Absence*	Conforme
S.aureus	Abs	Absence	Conforme
Levures et moisissures	Abs	Absence	Conforme

* : Normes fixées par l'entreprise.

D'après les résultats on constate :

- Une absence des germes pathogènes : *Clostridium* sulfito-réducteur, *S.aureus*.
- Une absence des germes totaux.
- Une absence des coliformes.
- Une absence des Levures et moisissures.

Tous les résultats obtenus sont conformes aux normes, donc le beurre utilisé présente une bonne qualité sur le plan microbiologique.

IV.2.1.4. L'eau de process

Les résultats des analyses microbiologiques de l'eau sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau N°22: Résultats des analyses microbiologiques de l'eau de process.

Germes recherchés	Résultats	Norme (JORA, 1998)	Note
Germes totaux 22°C	Abs	20 germes/ml	Conforme
Germes totaux 37°C	Abs	<10 ² germes/ml	Conforme
Coliformes totaux/100ml	Abs	<10 germes/ml	Conforme
Coliformes fécaux/100mls	Abs	Absence	Conforme
Streptocoque fécaux	Abs	Absence	Conforme
<i>Clostridium</i> Sulfito-réducteur	Abs	Absence	Conforme

Norme : JORA n°35 date le 27 Mai1998.

Les résultats regroupés dans le tableau ci-dessus montrent que l'eau utilisée au niveau de l'unité de production est une eau de qualité satisfaisante (conforme aux normes) ; donc de bonne de bonne qualité microbiologique démontrée par l'absence des germes pathogènes et les germes totaux qui selon (**Bourgeois et Al, 1996**) renseignent sur la qualité globale du produit, et les coliformes totaux, fécaux ainsi que les streptocoques fécaux qui selon (**Joffin et Joffin, 1999**) sont des indices de contamination fécale, ainsi que l'absence des *Clostridium* Sulfito-réducteur dont leur recherche permet d'apprécier l'efficacité des traitements (filtration, chloration) et l'état de propreté des réseaux de distribution. De plus, leur présence est indésirable dans

les eaux en raison des problèmes sanitaires et organoleptiques qui peuvent résulter de leurs introductions (**Bourgeois et Leveau, 1991**).

IV.2.1.4. Le gingembre

Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur la poudre de gingembre sont représentés dans le tableau :

Tableau N°23: Les résultats des analyses microbiologiques de la poudre de gingembre.

Germes recherchés	Résultats
Germes totaux	Abs
Coliformes totaux	Abs
Coliformes fécaux	Abs
<i>Clostridium</i> Sulfito-réducteur	Abs
<i>S.aureus</i>	Abs
Salmonelle	Abs
Levures et moisissures	Abs

Il est à remarquer d'après les résultats des analyses microbiologiques de la poudre de gingembre présentés sur le tableau ci-dessus, l'absence totale de germes pathogènes, de contaminations et d'altérations.

IV.2.2. Produits finis

Le tableau ci-dessous présente les résultats des analyses microbiologiques des produits finis.

Tableau N°24: Résultats des analyses microbiologiques des produits finis.

Germes recherchés	E1	E2	E3	ET (témoin)	Normes (JORA)	Note
Germes totaux	Abs	Abs	Abs	Abs	100germes/g*	Conforme
Coliformes toutaux	Abs	Abs	Abs	Abs	100 germes/g	Conforme
Coliformes fécaux	Abs	Abs	Abs	Abs	10 germes/g	Conforme
<i>Clostridium</i> sulfito-réducteur	Abs	Abs	Abs	Abs	Absence	Conforme
S.aureus	Abs	Abs	Abs	Abs	10 germes/g	Conforme
Levures et Moisissures	Abs	Abs	Abs	Abs	Absence	Conforme

* : Norme fixé par l'entreprise.

A la lumière de ce tableau :

nous remarquons une absence totale des germes recherchés et dénombrés par les normes du **JORA n°35 date le 27 Mai 1998** et celles fixées par l'entreprise, cela peut être expliqué par le respect des conditions aseptiques au cours des prélèvements des échantillons et à l'efficacité du traitement thermique (stérilisation à 140 C) et aussi de la qualité microbiologique des matières première utilisées ainsi que le respect des conditions d'hygiène lors de la fabrication.

Il en ressort d'après ces résultats que le fromage fondu fabriqué est de bonne qualité microbiologique.

IV.3.Résultats de l'étude de stabilité des produits finis

Les résultats des paramètres physicochimiques de l'étude de la stabilité des produits finis de chaque formulation après 21 jours stockés à 4°C, sont représentés sur les tableaux et les figures ci-après :

IV.3.1. variations du pH

Tableau N°25 : Evolution et stabilité du pH

Paramètres	pH			
	0	7	14	21
E1	5,8± 0,028	5,72± 0,023	5,68± 0,029	5,60± 0,042
E2	5,83± 0,042	5,80± 0,041	5,75± 0,032	5,67± 0,027
E3	5,88± 0,013	5,84± 0,028	5,80± 0,023	5,70± 0,035
ET	5,78± 0,034	5,70± 0,062	5,68± 0,040	5,58± 0,039

La figure 13, illustre l'évolution du pH des produits finis au cours du stockage à 4°C.

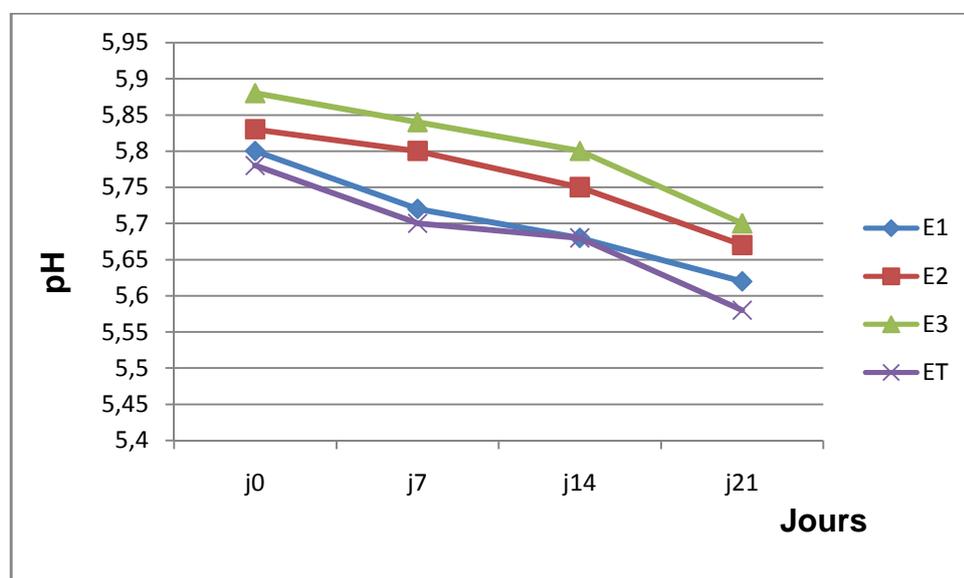


Figure 13 : Variation du pH des produits finis au cours du stockage.

On remarque d'après la figure que le pH diminue pour les quatre essais. Au jour (j0) le jour de la production les valeurs du pH sont respectivement (5,8), (5,83), (5,88), (5,78) pour les essais E1, E2, E3, ET. Ces valeurs s'abaissent durant les 21 jours pour atteindre les pH suivants : (5,60), (5,67), (5,7), (5,58). On note cependant

que au bout de 21 jours de stockage à 4°C, le pH le plus élevé (5,70) correspond à l'essai avec la dose de poudre de gingembre la plus élevée (1,5%).

VI.3.2. Variation de l'EST

Tableau N°26 : Evolution et stabilité de l'EST.

Paramètres	EST			
	0	7	14	21
E1	40,39± 0,030	40,30± 0,240	40,35± 0,042	40,49± 0,081
E2	40,40± 0,056	40,46± 0,113	40,50± 0,020	40,54± 0,029
E3	40,45± 0,014	40,58± 0,041	40,66± 0,052	40,70± 0,086
ET	39,10± 0,90	39± 0,04	39,22± 0,240	39,30± 0,035

La figure 14, illustre l'évolution de l'EST des produits finis au cours du stockage à 4°C.

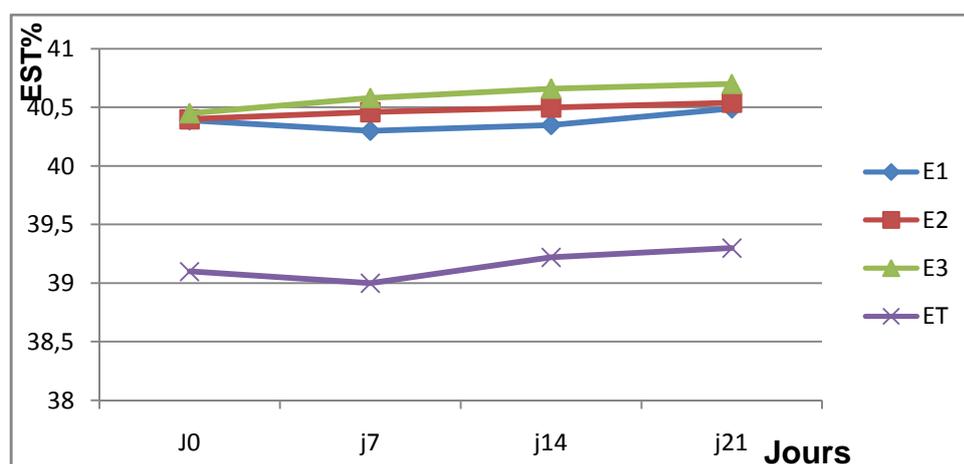


Figure 14 : Variation de l'EST des produits finis au cours du stockage.

On ressort de la figure que l'EST augmente légèrement pendant 21 jours de stockage à 4°C. L'essai témoin atteint 39,3% et les essais E1, E2, E3 atteignent respectivement 40,49%, 40,54%, 40,70% cette augmentation par rapport au témoin

ET peut être due à l'incorporation de la poudre de gingembre. On note cependant que au bout de 21 jours de stockage à 4°C, l'EST le plus élevé (40,70) correspond à l'essai avec la dose de poudre de gingembre la plus élevée (1,5%).

VI.3.3. Variation de la matière grasse

Tableau N°27 : Evolution et stabilité de la MG.

Paramètres	MG			
	0	7	14	21
E1	16,5± 0,028	16,5± 0,098	16,5± 0,01	16,5± 0,013
E2	16,5± 0,112	16,5± 0,042	16,5± 0,083	16,5± 0,025
E3	16,5± 0,014	16,5± 0,098	16,5± 0,210	16,5± 0,030
ET	16,5± 0,084	16,5± 0,113	16,5± 0,035	16,5± 0,091

La figure 15, illustre l'évolution de la MG des produits finis au cours du stockage à 4°C.

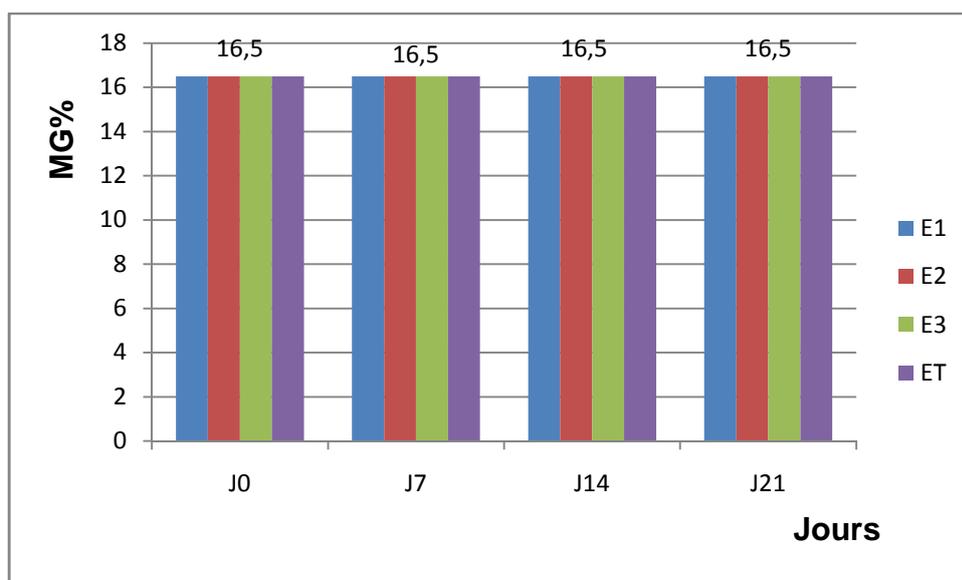


Figure 15 : Variation de la MG des produits finis au cours de stockage.

D'après la figure le taux de la matière grasse n'a pas changé durant 21 jours de stockage à 4°C avec (16,5%) pour les quatre essais, cela se traduit par la bonne conservation des produits finis qui a protégé la matière grasse contre l'oxydation.

IV.4. Les résultats des analyses sensorielles

Les caractéristiques des dégustateurs sont représentées dans la figure suivante :

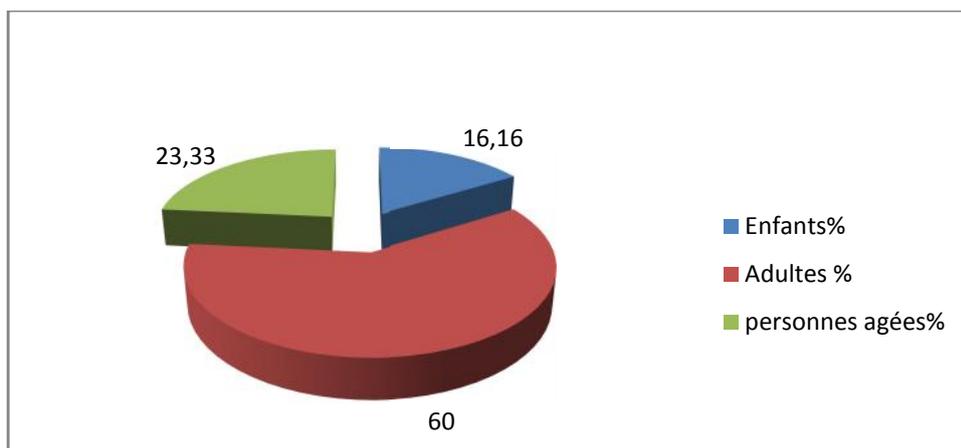


Figure 16 : Les caractéristiques des dégustateurs.

On note que 60% de la population de dégustation est composée d'adultes, à 23,33% de personnes âgées et à 16,16% d'enfants cela afin de toucher toute toutes les tranches de consommations potentiels.

VI.4.1. Les résultats du test hédonique

Les réponses des dégustateurs sont illustrées dans le profil suivant :

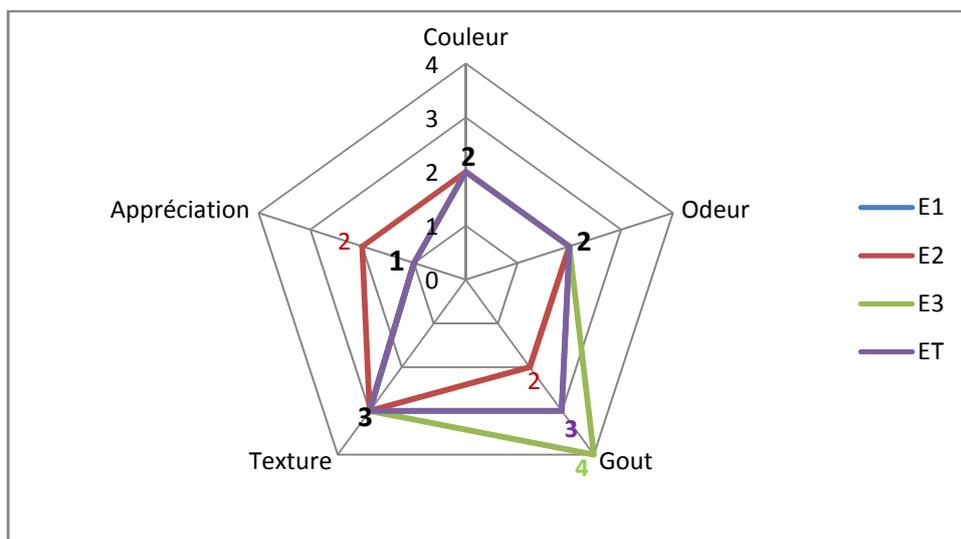


Figure 17 : Profil sensoriel des essais d'incorporation de la poudre de gingembre dans un fromage fondu.

L'analyse sensorielle nous a permis entre autre de classer les 3 échantillons sur la base des fiches de dégustation (**annexe7**) renseignées par ces personnes volontaires.

- La couleur et l'odeur ont la même réponse pour l'ensemble des sujets donc, pas d'odeur désagréable et la couleur est blanc crème qui est la couleur normale du fromage fondu qui provient essentiellement du cheddar et cela s'explique aussi par l'homogénéisation de la poudre de gingembre avec les autres matières.
- Le goût salé a été plus marqué dans les essais E1 avec 0,5% de poudre de gingembre et E2 avec 0% de poudre de gingembre jugé par les 100% de l'ensemble des dégustateurs.

Par contre le goût acide était plus marqué dans l'essai E1 et E2 jugé par 16,66% des individus alors que l'essai E3 a été apprécié acide par 6,66% de ces derniers.

Pour l'essai E2 on remarque que 6,66% des dégustateurs l'ont jugé amer et 10% l'ont estimé épicé.

Pour l'essai E3, 66,6% des dégustateurs l'ont qualifié équilibré (gout légèrement sucré) alors que 56,66% l'ont jugé épicé.

- D'autre part, la texture est très importante dans la perception de la qualité des fromages de la part des consommateurs, ainsi on remarque que les quatre essais ont bien répondu à notre objectif qui est la texture tartinable.
- Pour l'appréciation, l'ensemble de la population des dégustateurs a jugé l'essai 3 comme étant bon, qui est de même pour l'essai témoin, ainsi pour l'essai 1 qui est jugé bon par 50% de la population.

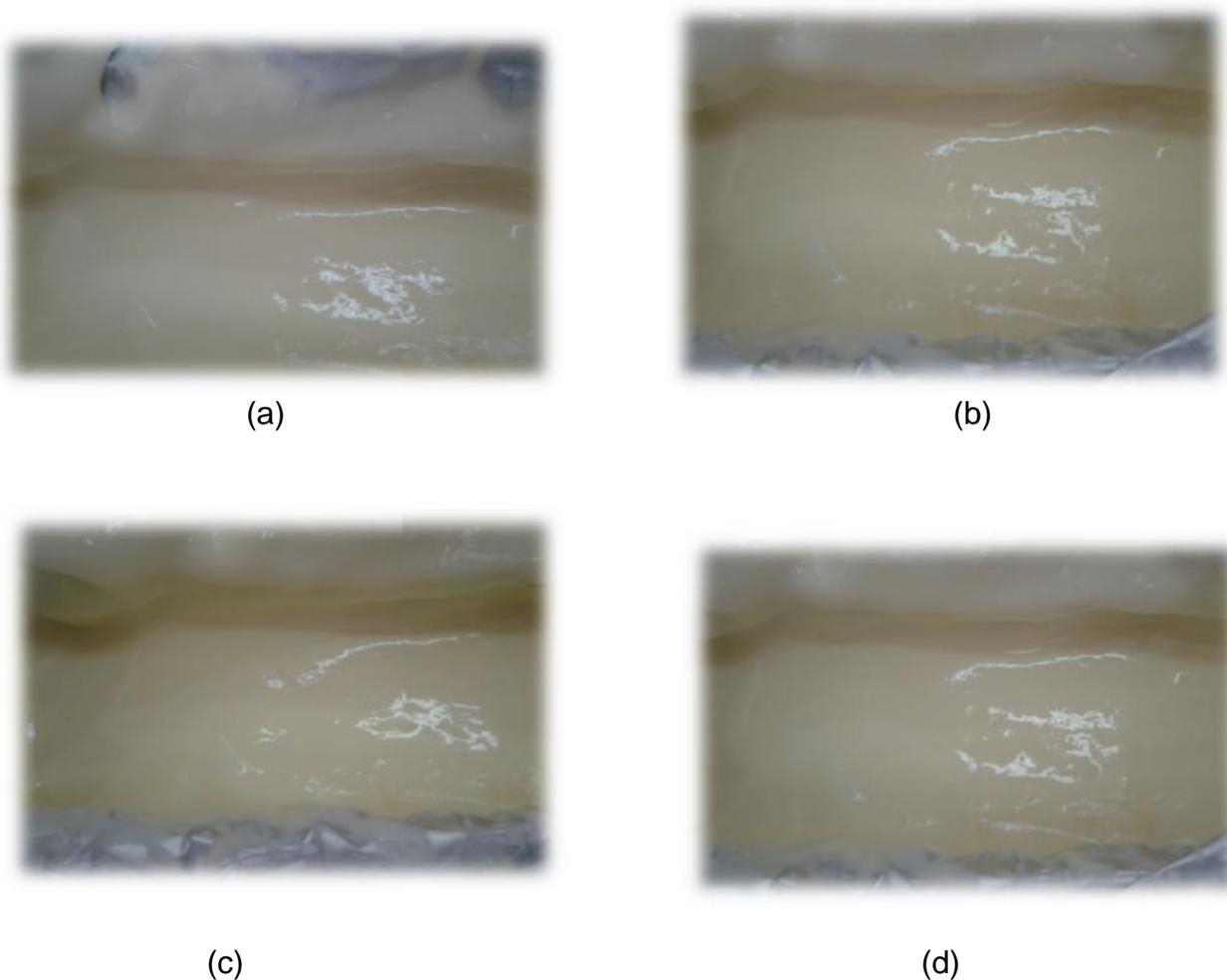
Cependant 66,66% des dégustateurs ont jugé l'essai 2 moyen et 43,44% des dégustateurs ont jugé l'essai 1 moyen aussi ; et cela peut être due à l'habitude de consommer un produit qui comprend les caractères régulières d'un fromage fondu.

Néanmoins l'essai 1 et 2 sont jugés respectivement de 6,66% et 33,33% par les dégustateurs comme étant pas bon. Ce jugement peut s'expliquer par la variation des goûts des consommateurs.

On conclut d'après les résultats obtenus que l'incorporation de la poudre de gingembre, pour l'essai E3 a modifié la saveur du fromage fondu ainsi

qu'une diminution du gout salé et a fait apparaître un nouveau gout équilibré légèrement épicé (avec une note sucré).

La figure 18 illustre l'aspect des trois essais de formulation de fromage fondu enrichi à la poudre de gingembre à différentes doses.



(a) : essai 1 (0,5% poudre de gingembre/ le fromage fondu).

(b) : essai2 (1% poudre de gingembre/ le fromage fondu).

(c) : essai3 (1,5% poudre de gingembre/ le fromage fondu).

(d) : essai témoin T.

Figure 18 : Les trois essais de formulation du fromage fondu au gingembre.

IV.5. classement des essais par ordre de préférence :

Les résultats du classement sont représentés dans la figure ci-après, ils montrent que le fromage le plus apprécié est celui de l'essai E3 qui contient 1,5% de la poudre de gingembre, l'essai E1 vient en deuxième position et E2 en troisième position à cause de la perception du goût acide du fromage.

Tableau N°28 : Résultats du test de classement.

Classes	Pourcentage de classement
1 ^{ère} classe E3 à 1,5%	83,33%
2 ^{ème} classe E1 à 0,5%	16,67
3 ^{ème} classe E2 à 1%	0%

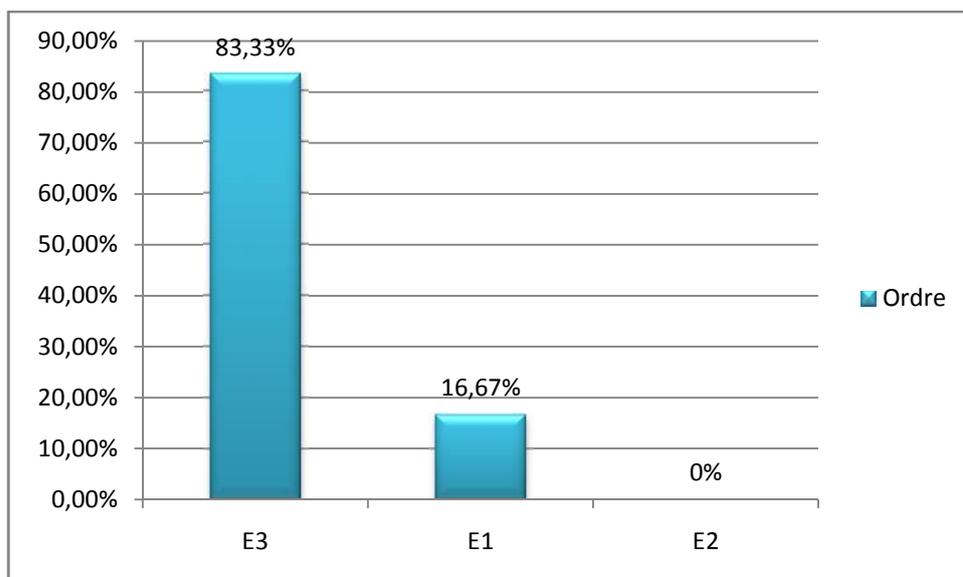


Figure 19 : Classement des échantillons.

Au cours de ce travail, les approches expérimentales ont touché à différents axes.

L'objectif de cette présente étude est de contribuer à la caractérisation physico-chimique et microbiologique d'un fromage fondu diététique enrichi par le gingembre.

Les résultats des analyses physico-chimiques obtenus, ont montré que l'incorporation de la poudre de gingembre a enrichi le fromage fondu en protéines (10,43%, 10,47%, 10,51%) pour les essais E1, E2, E3, avec augmentation du taux d'extrait sec qui est un paramètre très important pour les industries par les taux de (40.39%) ,(40.40%) ,(40.45%) respectivement pour les échantillons E1, E2, E3.

Concernant Les résultats des analyses microbiologiques, elles ont indiqué une absence totale des germes pathogènes, germes de contaminations fécales ainsi que les germes responsables d'altérations.

On remarque d'après les résultats du suivi de la stabilité des produits finis pendant une durée étalée sur trois semaines, que les paramètres (pH, EST) ont subi des changements qui paraissent logique dans le temps, les valeurs du pH sont respectivement (5,8), (5,83), (5,88), pour les essais de E1, E2, E3 .Les valeurs de l'EST pour les essais E1, E2, E 3 sont respectivement de (40,49%),(40,54%), (40,70%).Tandis que la matière grasse (MG) cependant elle est restée stable durant toute la période pour les quatre essais (16,5%).

Les résultats des analyses sensorielles, ont montré par le biais du test de classement une acceptabilité beaucoup plus intéressante du fromage fondu aromatisé comparativement au témoin surtout au taux de 1,5% par les dégustateurs.

De ce fait, on peut conclure qu'on a pu formuler un produit avec une nouvelle saveur afin de diversifier la gamme du fromage fondu. L'étude a montré que l'usage de moyens naturels simples peu coûteux peut être bénéfique à la santé et de pouvoir comparer avec l'usage d'un médicament.

Perspectives

On peut suggérer donc comme perspectives d'avenir :

- Réalisation d'autres essais de préparation fromagère avec des pourcentages d'incorporation au-delà de 1,5%.
- Faire une étude économique sur le coût du produit fini.
- Utilisation de l'huile essentielle de gingembre pour la préparation d'un fromage liquide.
- Faire une étude clinique et voir l'effet du fromage fondu au gingembre sur les consommateurs.

Au cours de ce travail, les approches expérimentales ont touché à différents axes.

L'objectif de cette présente étude est de contribuer à la caractérisation physico-chimique et microbiologique d'un fromage fondu diététique enrichi par le gingembre.

Les résultats des analyses physico-chimiques obtenus, ont montré que l'incorporation de la poudre de gingembre a enrichi le fromage fondu en protéines (10,43%, 10,47%, 10,51%) pour les essais E1, E2, E3, avec augmentation du taux d'extrait sec qui est un paramètre très important pour les industries par les taux de (40.39%) ,(40.40%) ,(40.45%) respectivement pour les échantillons E1, E2, E3.

Concernant Les résultats des analyses microbiologiques, elles ont indiqué une absence totale des germes pathogènes, germes de contaminations fécales ainsi que les germes responsables d'altérations.

On remarque d'après les résultats du suivi de la stabilité des produits finis pendant une durée étalée sur trois semaines, que les paramètres (pH, EST) ont subi des changements qui paraissent logique dans le temps, les valeurs du pH sont respectivement (5,8), (5,83), (5,88), pour les essais de E1, E2, E3 .Les valeurs de l'EST pour les essais E1, E2, E 3 sont respectivement de (40,49%), (40,54%), (40,70%). Tandis que la matière grasse (MG) cependant elle est restée stable durant toute la période pour les quatre essais (16,5%).

Les résultats des analyses sensorielles, ont montré par le biais du test de classement une acceptabilité beaucoup plus intéressante du fromage fondu aromatisé comparativement au témoin surtout au taux de 1,5% par les dégustateurs.

De ce fait, on peut conclure qu'on a pu formuler un produit avec une nouvelle saveur afin de diversifier la gamme du fromage fondu. L'étude a montré que l'usage de moyens naturels simples peu coûteux peut être bénéfique à la santé et de pouvoir comparer avec l'usage d'un médicament.

Perspectives

On peut suggérer donc comme perspectives d'avenir :

- Réalisation d'autres essais de préparation fromagère avec des pourcentages d'incorporation au-delà de 1,5%.
- Faire une étude économique sur le coût du produit fini.
- Utilisation de l'huile essentielle de gingembre pour la préparation d'un fromage liquide.
- Faire une étude clinique et voir l'effet du fromage fondu au gingembre sur les consommateurs.

- **Adler-Nissen J., 1986.** Enzymatic hydrolysis of food proteins. Elsevier applied science, London & New York.
- **Afnor., 1986.** Contrôle de la qualité des produits laitiers. Ed. AFNOR. Paris. PP1030 : [222-320].
- **Afzal, M., Al-Hadidi, D., Menon, M., Pesek, J., Dhimi, M.S., 2001.** Ginger: an ethnomedical, chemical and pharmacological review. Drug Metab. Drug Interact. 18, 159–190.
- **Alais C, Linnden G et Miclo L., 2008 :** Biochimie alimentaire, Edition Dunod, Paris, p187.
- **Amellal R., 1995,** La filière lait en Algérie : entre l'objectif de la sécurité alimentaire et la réalité de la dépendance, Options Méditerranéennes CIHEAM-IAMM, Serie B, n.p.229-238.
- **Anonyme, 2001 :** Les étapes de l'analyse sensorielle (http://technorestor.org/tp/ta_as/ta_fp.html)
- **Anonyme, 2003.** Alternative Medicine Review « Monograph Zingiber officinale (Ginger) », Vol 8, N° 3 , p 331.
- **Anonyme, 2007.** The Complete German Commission E Monographs - Therapeutic Guide to Herbal Medicines, American Botanical Council, US 1998. European Scientific Cooperative On Phytotherapy Monographs - The Scientific Foundation for Herbal Medicinal Products 2nd edition, ESCOP, UK 2003.
- **Anonyme, 2010.** Rapport annuel, Association de l'industrie de la fonte de fromage de l'UE. <http://www.assifonte.org>
- **Anonyme, 2011.** <http://www.passeportsante.net/fr/nutrition/encyclopediealiments/fiche.doc=gingembre>.
- **AOAC (Association of official analytical chemistry), 1997.** Official Methods of Analysis, 15th ed, Washington, D.C.
- **Arbaoui Faycal., 2007.** Le fromage dans tous ces états, rubrique « dossier du jour » Infosoir, Algérie.
- **Bachmann H.P., 2000.** Cheese Analogues : A Review. International Dairy Journal, Vol. 11, P. 505–515.7

- **Bednarczyk A.A., Kramer, A., 1975.** Identification and Evaluation Of The Flavor-Significant Components Of Ginger Essential Oil, *Chem. Senses Flavour*, 1: 377-386.
- **Berger W, Klostermeyer H ; 1989.** La Fabrication Du Fromage Fondu. Ed Bk Ladenburg : 233p
- **Berger W., Klostermeyer H., Merkenich K., Uhlmann G., 1993,** Processed Cheese Manufacture, Ladenburg ,Bk Ladenburg Gmbh.
- **Blond G., Haury E., Lorient D., 1988.** Interactions Lipides-Protéines Dans Le Fromage Fondu En Pétrin Et En Cuiseur-Extruder. Influence Des Conditions De Fabrication. *Sci. Alim.*, Vol. 8, P. 325–340.
- **Bonnefoy C., Guillet f., Leyral G et Verue E., 2002.** Microbiologie dans l'industrie agro-alimentaire. *Science des aliments* 248P.
- **Bordia A, Verma Sk, Srivastava Kc.1997.** Effect Of Ginger (Zingiber Officinale Rosc.) And Fenugreek (Trigonella Foenumgraecum L.) On Blood Lipids, Blood Sugar And Platelet Aggregation In Patients With Coronary Artery Disease. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids*; 56:379-84.
- **Borget M.1991,** Les Plantes Tropicales A Epices. Editions Maisonneuve Et Larose.182 P.
- **Bourgeois .C.M. et Laprent.1996.** Microbiologie alimentaire. Alimentations fermentés et fermentation alimentaire.2ème édition. Tome2.technique et documentation-lavoisier, Paris : 521p
- **Bourgeois C.M., Leveau J.Y., 1997.** Techniques D'analyse Et De Contrôle Dans Les Industries Agro-Alimentaires, Volume 3: Le Contrôle Microbiologique. Paris, Techniques Et Documentation – Lavoisier, p480.
- **Boutonnier J.L ., 2000.** Fabrication De Fromage Fondu. Technique D'ingénieur. Pp.1-14.
- **Boutonnier J.L., 2002.** Fabrication Du Fromage Fondu. Techniques De L'ingénieur, *Traité Agroalimentaire*, F 6 310-1, 14 P.
- **Bowland E.L., Foegeding E.A., 2001.** Small Strain Oscillatory Shear And Microstructural Analyses Of A Model Processed Cheese. *Journal Of Dairy Science*, Vol. 84, P. 2372–2380.

- **Cavalier-Salou C., Cheftel J.C., 1991.** Emulsifying salts influence on characteristics of cheese analogs from calcium caseinate. *Journal Of Food Science*, Vol. 56, P. 1542–1551.
- **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 : **Eck Et Gillis.** Le Fromage De La Science A L'assurance Qualité, Ed.Lavoisier,P. 691-708.
- **Charles Alais , 2003.** Biochimie alimentaire.5eme édition Tec et Doc. Lavoisier. Paris. p167.
- **Chen S.L., Wan P.J., Lusas E.W, Rhee K.C., 1979.** Utilization Of Peanut Protein And Oil In Cheese Analogs. *Food Technol.* Vol. 37, N. 7, P. 88–93.
- **Commission Codex Alimentarius, 2004.** Programme Mixte Fao/Oms Sur Les Normes Alimentaires Comité Du Codex Sur Le Lait Et Les Produits Laitiers. Sixième Session, Auckland Nouvelle-Zélande. Avant-Projet De Norme Pour Le Fromage Fondu Observations A L'étape 3, 3 P.
- **Corine .F.,1989.** Fromage Fondus .Revue Processn°1049.30-39.
- **Daovy Allais., 2009 :** Actualités Pharmaceutiques, Elsevier Masson Volume 48, Issue 483, Pages 53–54
- **Dechambre.A, Masson.G 1877.** Dictionnaire Encyclopédique Des Sciences Médicales, Ss. La Dir. De Paris, – 1889, T. 8, P. 698
- **Eck.A. ,1997.**Le Fromage Fondu ..Ed .Lavoisier .Pp-693-707.
- **Eck. A Et Gillis .J.C, 1997.** Le Fromage : De La Science A L'assurance Qualité. Ed. Lavoisier, Paris :691-72 **Étienne K-M., 1992.** Dénaturation Thermique Et Gélification Des Protéines De Lactosérum En Solution Modèle Et Dans Un Aliment Complexe, Le Fromage Fondu A Tartiner : Effets Du Nacl, Du Lactose Et Du Glycérol.Thèse De Doctorat, Université Laval Québec,138p.
- **Ficker, C., Smith, M.L., Akpagana, K., Gbeassor, M., Zhang, J., Durst, T., Assabgui, R., Arnason, J.T., 2003a.** Bioassay-Guided Isolation And Identification Of Antifungal Compounds From Ginger. *Phytother. Res.* 17, 897–902.
- **Ficker, C.E., Arnason, J.T., Vindas, P.S., Alvarez, L.P., Akpagana, K., Gba~ Assor, M., De Souza, C., Smith, M.L., 2003b.** Inhibition of human

- pathogenic fungi By Ethnobotanically Selected Plant Extracts. *Mycoses* 46, 29–37.
- **Fine F. et Gervais P., 2007** : Technique de l'ingénieur, édition Tec & Doc, Lavoisier. P 566, 581, 582.
 - **Flynn, D.L., Rafferty, M.F., Bector, A.M., 1968.** Inhibition Of Human Neutrophil 5 lipoxygenase activity by gingerdione, shogaol, Capsaicin And Related Pungent Compounds. *Prostaglandins Leukot. Med.* 24, 195–198.
 - **Fox P.F., Guinee T.P., Cogan T.M., Mcsweeney P.L.H., 2000.** Fundamentals Of Cheese Science. Maryland : Aspen Publishers Inc. P. 429–451.
 - **Gaucheron F. 2004.** Minéraux Et Produits Laitiers. Ed Tec Et Doc-Lavoisier, Paris :567-569p.
 - **Ghayur, M.N., Gilani, A.H., 2005.** Ginger Lowers Blood Pressure Through Blockade Of Voltage-Dependent Calcium Channels. *J. Cardiovasc Pharmacol.* 45, 74–80
 - **Gliguem H., Ghorbel D., Lopez C., Michon C., Ollivon M., Lesieur P., 2009b.** Crystallization And Polymorphism Of Triacylglycerols Contribute To The Rheological Properties Of Processed Cheese. *Journal Of Agriculture And Food Chemical*, Vol. 18, P. 3195 – 3203.
 - **Grzanna, R., Lindmark, L., Frondoza, C.G., 2005.** Ginger – An Herbal Medicinal Product With Broad Anti-Inflammatory Actions. *J. Med. Food* 8, 125–132.
 - **Guinee T.P., Feeney E.P., Auty M.A.E., Fox P.F., 2002.** Effect of pH and calcium Concentration on some textural and functional properties of mozzarella cheese. *Journal of dairy science*, vol. 85, p. 1655–1669.
 - **Guinee T.P., Cari M., Kaláb M., 2004.** Pasteurized Processed Cheese And Substitute/Imitation Cheese Products. In: **Fox P.F., Mcsweeney P.L.H., Cogan T.M., Guinee T.P.** Cheese Chemistry, Physics And Microbiology. Major Cheese Groups Vol. 2, 3rd Ed. Elsevier Applied Science Ltd, London, P. 349-394.
 - **Guiraud JP., 1998** : Microbiologie alimentaire. Tome2. Edition Dunod. Paris .p343

- **Guiraud J.P., 2003.** Microbiologie Alimentaire. 2éme Edition Dunod .Paris. p136-330.
- **Heck Am, Dewitt Ba, Lukes Al., 2000.** Potential Interactions Between Alternative Therapies And Warfarin. Am J Health Syst Pharm 1;57(13):1221-7.
- **Hennelly P.J., Dunne P.G., O'sullivan M. O'riordan D., 2005.** Increasing The Moisture Content Of Imitation Cheese : Effects On Texture, Rheology And Microstructure. Eur Food Res Technol, Vol. 220, P. 415–420.
- **Hokes J.C., Hansen P.M.T., Mangino M.E., 1989.** Functional Properties Of Commercial Calcium Caseinates For Use In Imitation Cheese. Food Hydrocolloids, Vol. 3, P. 19-31.
- **Huang V.T., Panda F.A., Smith E.B., 2010.** Cheese Composition And Related Methods. United States Patent, Us 7807207 B2, 12 P.
- **Jagetia, G.C., Baliga, M.S., Venkatesh, P., Ulloor, J.N., 2003.** Influence Of Ginger Rhizome (Zingiber Officinale Rosc.) On Survival, Glutathione And Lipid Peroxidation In Mice After Whole-Body Exposure To Gamma Radiation. Radiat. Res. 160, 584–592
- **Joffin C et Joffin JN., 1985.**Microbiologie alimentaire. Edition centre régional de documentation. p 80-144.
- **Joffin C et Joffin JN., 1999).** Microbiologie alimentaire. Edition centre régional de documentation. p 139-143.
- **Kasomel., 1990.**Du Fromage Au Fromage Fondu. Ed. Rhône-Poulenc.
- **Kaur C, Kapoor Hc;2002.** Anti-Oxidant Activity And Total Phenolic Content Of Some Asian Vegetables. International Journal Of Food Science And Technology; 37:153-61.
- **Kiziloz M.B., Cumhuri O., Kilic M., 2009.** Development Of The Structure Of An Imitation Cheese With Low Protein Content. Food Hydrocolloids, Vol. 23, P. 1596–1601.
- **Lamure A., Pommert J.F., Klæbe A., Lacabanne C., Perie J-J., 1988.** Effect of Polyphosphate Binding on The Chain Dynamic Of Caseins, Investigation By Differential Scanning Calorimetry And Thermally Stimulated Currents. Journal of Dairy Research, P. 401–412.
- **Larpent JP., 1997.**Technique de laboratoire.Edition Tec et Doc.Lavoisier – Paris.p17-29-211.

- **Lee B.O., Paquet D., Alais C., 1979.** Etude Biochimique De La Fonte Des Fromages. Mesure De La Peptisation. Université De Nancy, France, P. 589-596.
- **Lee B.O., Paquet D., Alais C., 1986.** Etude Biochimique De La Fonte Des Fromages. Effet du Type De Sels De Fonte Et De La Nature De La Matière Protéique Sur La Peptisation. Utilisation D'un Système Modèle. Le Lait, Vol. 66, N. 3, P. 257-267.
- **Leyral Guy et Vierling Elisabeth, 2007 :** Microbiologie et toxicologie des aliments: Hygiène et sécurité alimentaire, 4^{ème} édition, Edition DOIN, Paris, p99.
- **Locong A, Ruel D ., 2003.** Guide Des Interactions Médicaments, Nutriments Et Produits Naturels. Québec.
- **Loessner M.J., Maier S.K., Schiwiek P., Scherer S., 1997.** Long-Chain Polyphosphates Inhibit Growth Of Clostridium Tyrobutyricum In Processed Cheese Spreads. J. Food Prot., Vol. 60, P. 493–498.
- **Lucey J.A., Johnson M.E., Horne D.S., 2003.** Perspectives On The Basis Of The Rheology And Texture Properties Of Cheese. Journal Of Dairy Science, Vol. 86, N. 9, P. 2725-2743.
- **Luquet F.M., 1985.** Laits Et Produits Laitiers : Vache, Brebis, Chèvre. Tom 1 : Lait De La Mamelles A La Laiterie. Lavoisier, 397 P.
- **Mahaut M., Jeant R., Brule G., 2000.** Initiation A La Technologie Fromagère. Ed. Lavoisier, 194p.
- **Maistre J., 1964 .**« Les Plantes A Epices », G.-P. Maisonneuve & Larose, Paris (Ve),
- **Mounsey J.S., O’riordan E.D., 2008a.** Modification Of Imitation Cheese Structure And Rheology Using Pre-Gelatinised Starches. European Food Research Technology, Vol. 226, P. 1039–1046.
- **Marchesseau S., GASTALADI E., LAGAUDE A., CUQ J.L., 1997.** Influence of pH on protein interaction and microstructure of process cheese. Journal of Dairy Science, vol. 80, n. 8, p. 1483-1489.
- **Marshall R.J., 1990.** Composition, structure, rheological properties and sensory texture of processed cheese analogues. Journal of Science and Food Agriculture, vol. 50, p. 237–252.

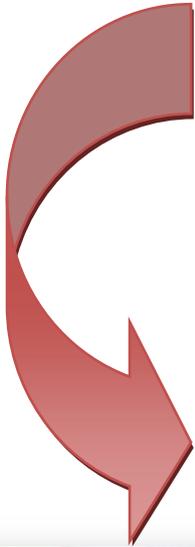
- **Nirmala Pieris 1982**, Ceylan Institute of Scientific and Industrial Research (CISIR) : Ginger: Sri Lanka Des plantes aromatiques de la valeur économique du fascicule n7.
- **Nurtjahja-Tjendraputra, E., Ammit, A.J., Roufogalis, B.D., Tran, V.H., Duke, C.C., 2003.** Effective anti-platelet and COX-1 enzyme inhibitors from pungent constituents of ginger. *Thromb. Res.* 111, 259–265.
- **Oti E., Okwuowulu P.A., Ohiri V.U. & Chijioke G.O., 1988.** Biochemical changes in ginger (*Zingiber officinale roscoe*) rhizomes stored under river sand and under dry grass in pits in humid tropics. *Trop. Sci.* 28, 87- 94.
- **Paquet D., 1988.** Processed cheeses : physico-chemical aspects. In: **Lorient D., Colas B., Le Mestre M.** Functional properties of food macromolecules. Ed. Les cahiers de l'ENSBANA. Paris: Technique & Documentation Lavoisier, p. 227–241.
- **Patart J.P., 1987,** Les fromages fondus. In : Eck A. Le fromage, Edition Lavoisier , p.385-398.
- **Richard.H et Loo .A. 1992** « Nature, origine et propriété des épices et des aromates bruts » In: H. Richard, Ed., *Epices et Aromates*, TEC and DOC, Lavoisier, Paris, p. 18.
- **Rodier J., 1996** :l'analyse de l'eau : eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer ; chimie, physicochimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats édition : Dunod Paris. 8eme édition. P53.
- **Rodier J et coll., 2005** : l'analyse de l'eau : eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer 8 ème edition. Dunod Paris 2005, p113,801.
- **Smith, B.L., 1990,** *Codex Alimentarius: Abridge Version*, pp. 12.10-12.16, Food and Agriculture Organization of United Nation, Rome.
- **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.
- **Tatsumi K., Nishiya T., Yamamota H., Ido K., Hanawa N., Itoh K., and Tamaki K., 1989.** Functional properties of cheese cooked without emulsifying salts in a twin screw extruder. *Reports of Research Laboratory, Snow Brand Milk Products Co.*, n. 88, p. 73–90.

- **Tatsumi K., Nishiya T., Ido K., Kawanishi G., 1991.** Effects of heat treatment on the meltability of processed cheese. J. Jpn. Soc. Food Sci. Technol. vol. 38, p. 102–106.
- **Vierling E., 1999.** Aliment et boissons : filières et produits. Paris, Ed. Doin, 271 p.
- **Wagner K.H., Wagner-Hering E., 1981.** Qualitätsmerkmale des Schmelzkäses praktische Erfahrungen und wissenschaftliche Erkenntnisse. Milchwissenschaft, vol. 36, p. 744– 747.
- **Warburton, D.W., Peterkin, P.I. and Weiss, K.F., 1986.** A survey of the microbiological quality of processed cheese products. Journal of Food Protein, vol. 49, p. 229–230.
- **Zafimahova K.A.,2006** « Contribution à la valorisation du gingembre de Beforona cas du séchage », mémoire de fin d'études, Département Industries Agricoles et Alimentaires, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques ESSA, Université d'Antananarivo.
- **ZEHREN V.L. AND NUSBAUM D.D., 1992.** Process Cheese. Cheese Reporter Publishing Company, Inc., Madison.

Annexe 4



La plante de gingembre



Le rhizome frais



Le rhizome séché



La poudre de rhizome séché

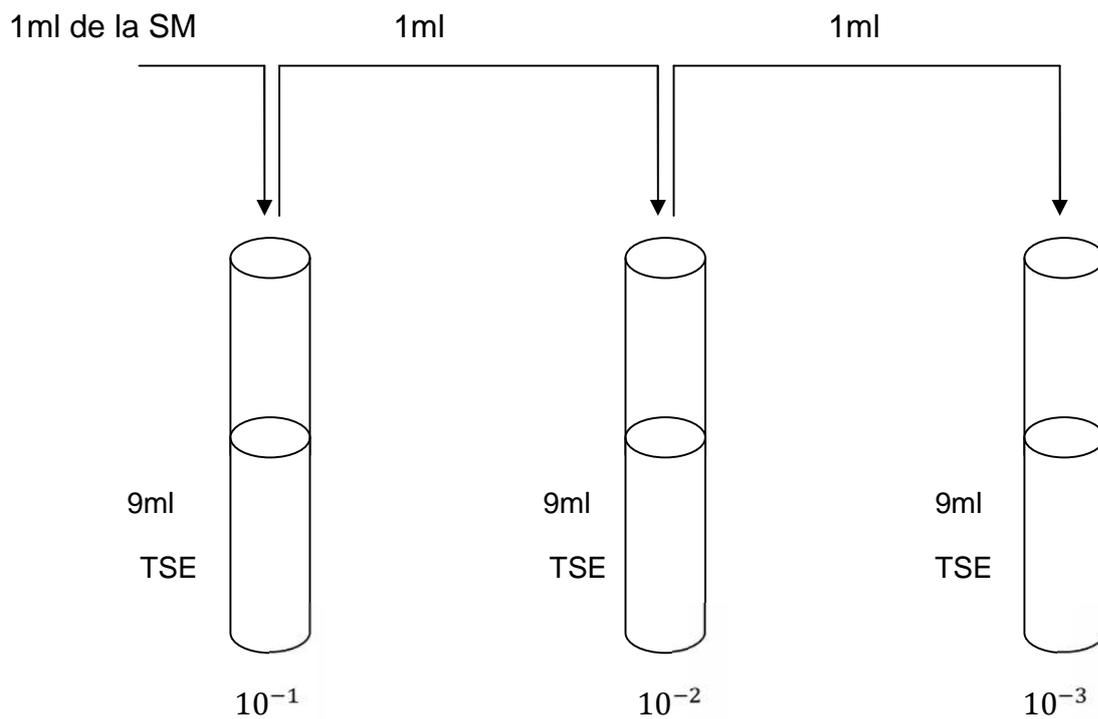
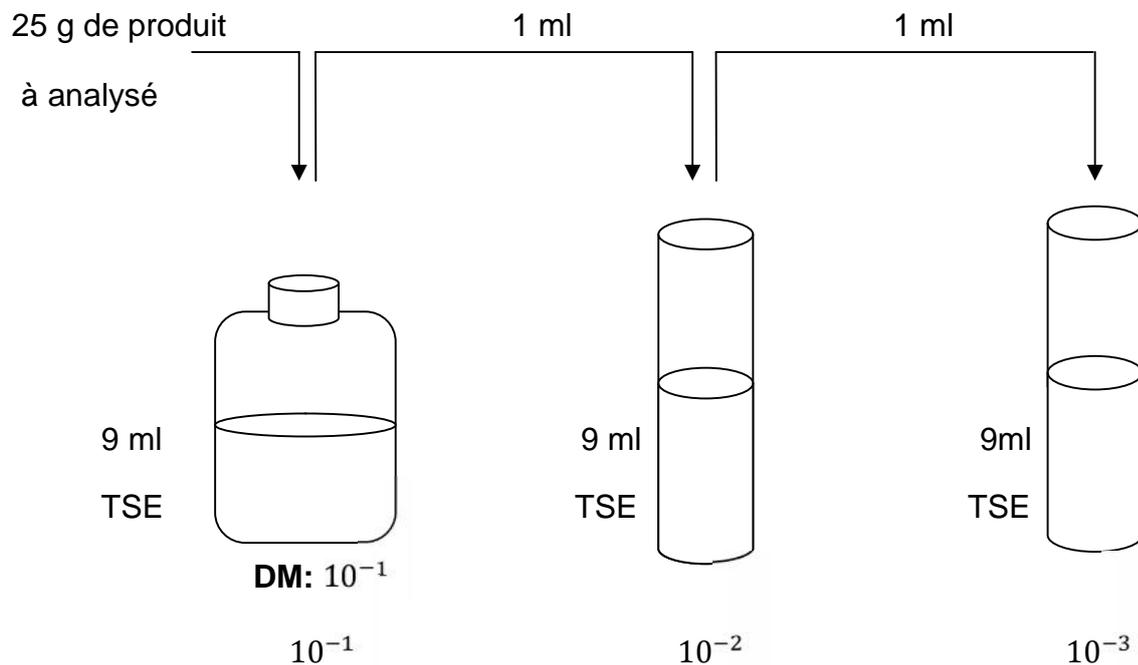


Figure 33 : Les différentes transformations du rhizome de gingembre.

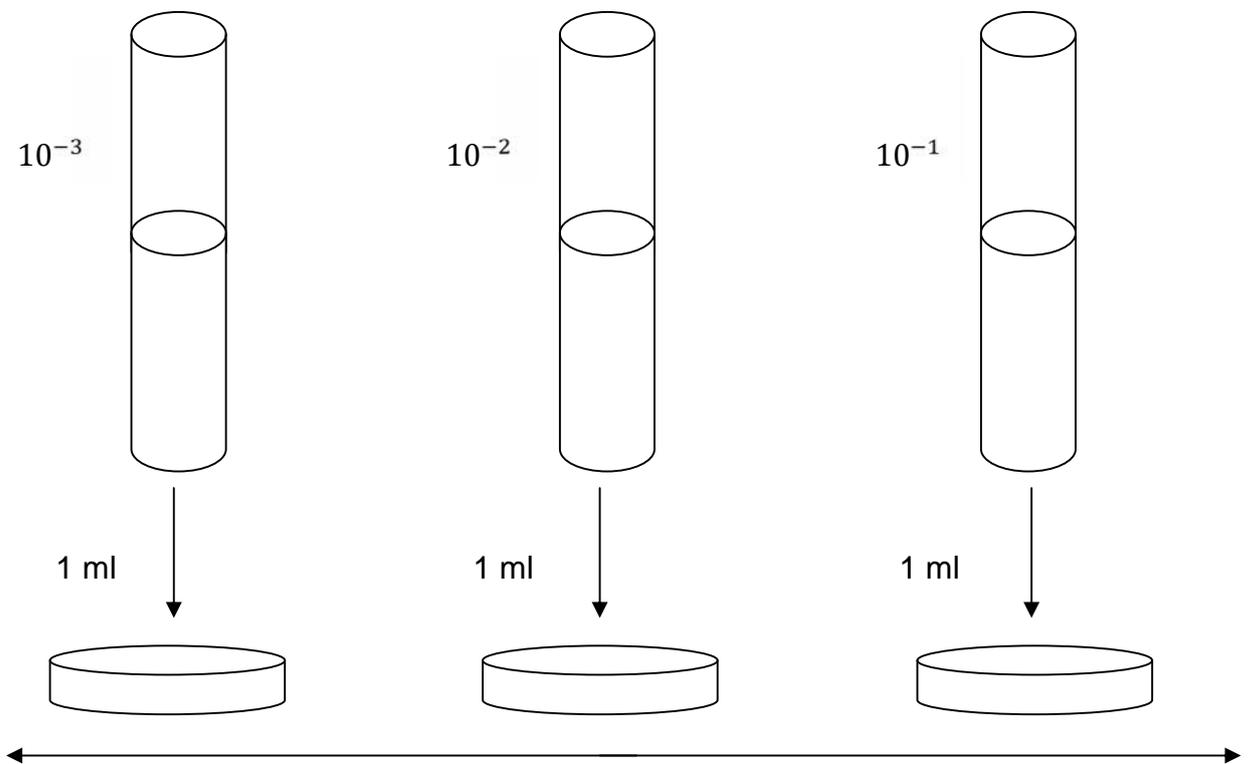
Annexe 1

Tableau 29 : Le matériel de laboratoire de physicochimie et de microbiologie de l'entreprise **G.I.G.**

Appareillage	Verrerie
Agitateur secoueur Bain-marie Bain-marie (63-66) Balance analytique de précision Bec-benzène Bouchon en caoutchouc Broyeur Butyromètre Van Gulik Capsule en aluminium Capsule métallique Centrifugeuse Dessiccateur halogène Distillateur d'azote Etuve Extracteur de la matière grasse Fibertec (pour la cellulose brute) Four à moufle Homogénéisateur stomacher Minéralisateur pH mètre Spatule Thermomix	Ballon Bécher Boite de pétri Burette Entonnoir Erlenmeyer Eprouvette Goudet Pair de pince Papier filtre Pipettes graduées Tubes à essai, TPS
Réactifs	
Acide sulfurique concentré (d=1,825) Acide sulfurique concentré (d=1,525) Acide d'acide sulfurique concentré Acide borique à 4 Alcool isoamylique Catalyseur composé de 100 g de sulfate de potassium pur et 10 g de sulfate de cuivre pur et 1g de sélénium en poudre pur Chromate de potassium K ₂ CrO ₄ Eau distillée Ethanol Ether de petrol Hcl Lessive de soude à 33 Nitrate d'argent AgNO ₃ . Indicateur coloré (7,5 ml de vert de bromocrésol=2,5 ml de rouge de phénol, noir d'érichrome) Méthyle orange Solution D'EDTA Solution de NaOH (N/9) Solution de phénophtaléine	

Annexe 2 : Les figures des analyses microbiologiques.**Figure 20** : préparation des dilutions pour les produits liquides.**Figure 21**: Préparation de la dilution mère et les dilutions décimales pour le produit solide.

A partir des dilutions décimales



- Ajouter environ 20 ml de gélose PCA.
- Laisser solidifier sur paille (mouvements de 8)
- Incuber à 30 °C, 24 à 48 heures.
- Dénombrer les colonies lenticulaires en masse.

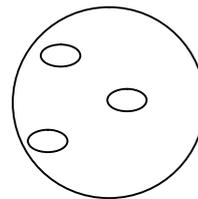
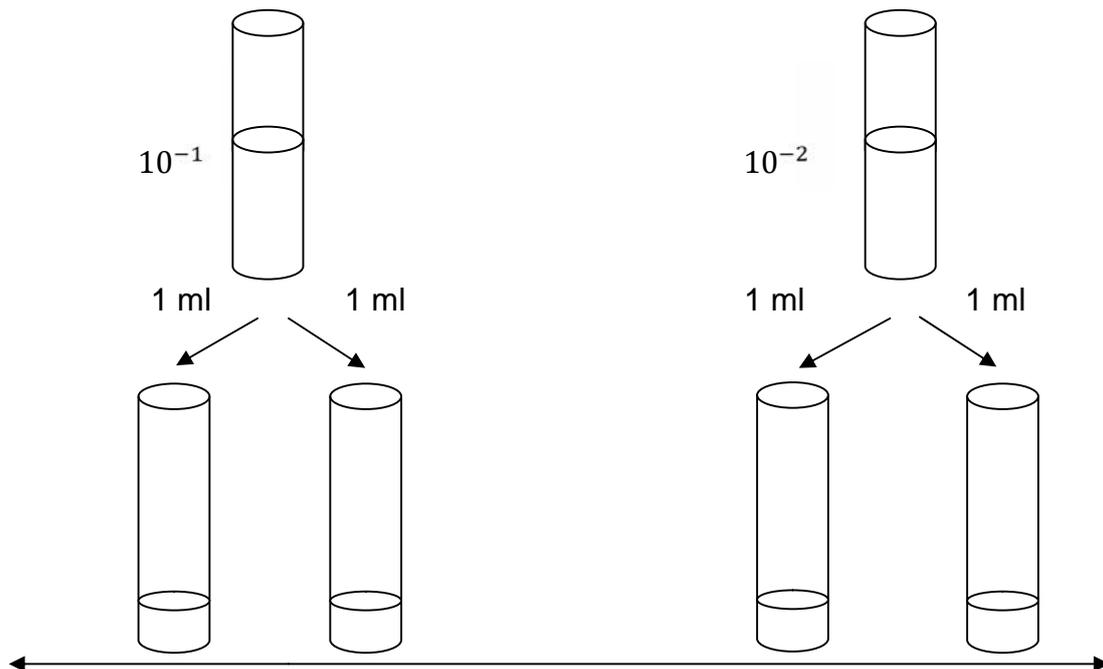
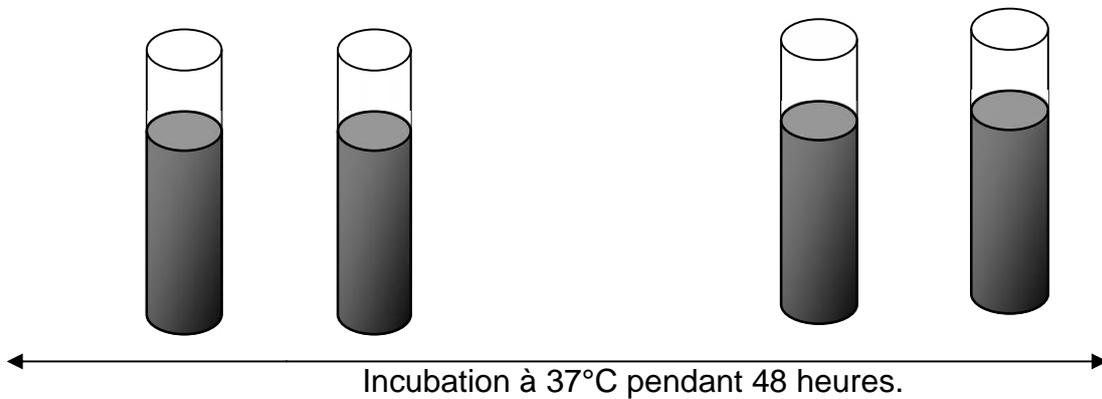


Figure 22: Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux.

A partir des dilutions décimales



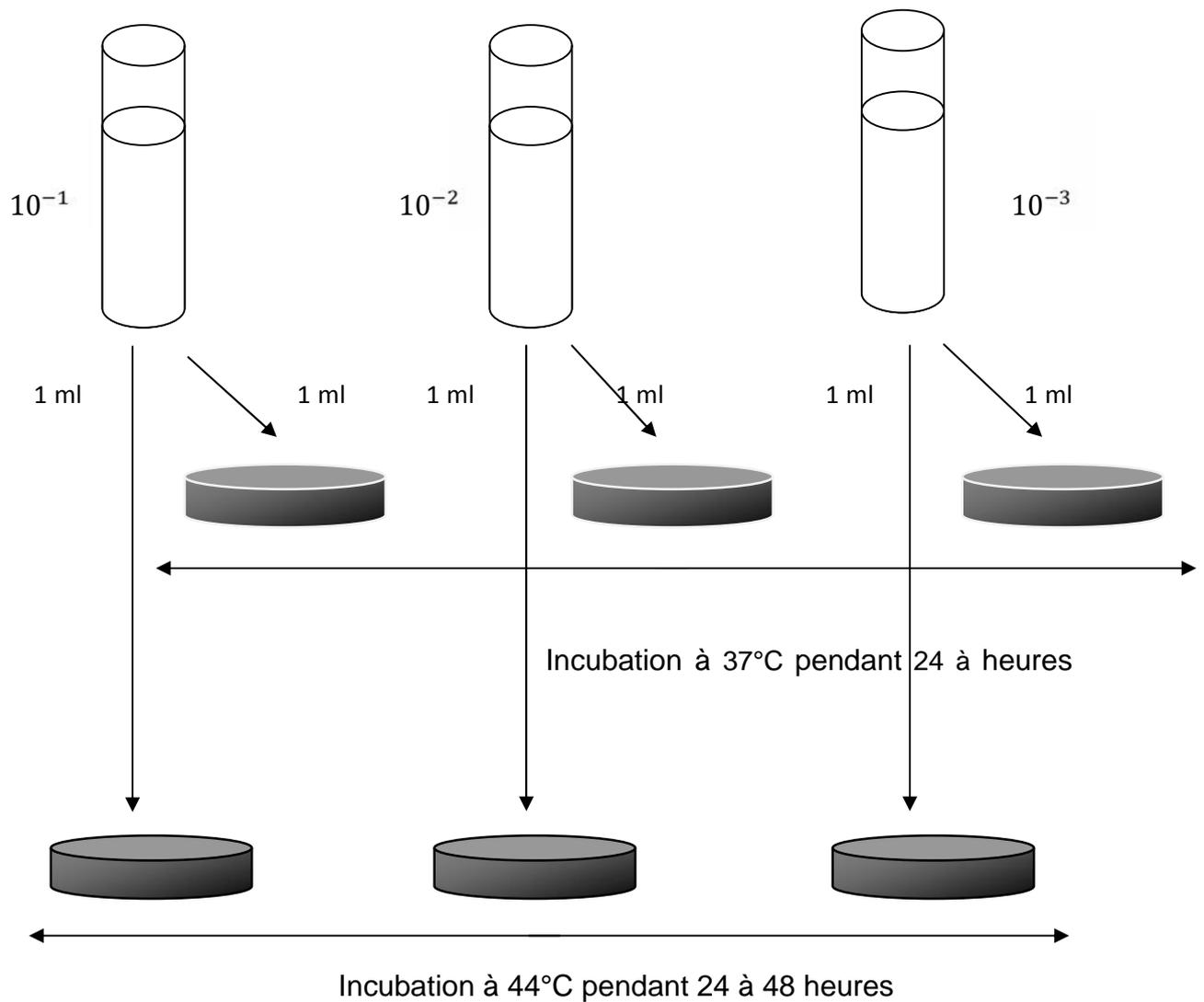
- Chauffage à 80°C pendant 8 à 10 min.
- Refroidir brutalement sous l'eau de robinet.
- Ajoute 15 ml de gélose Viande fois par tube.



Dénombrement des colonies noires en masse

Figure 23: Recherche et dénombrement des spores de *Clostridium* sulfite-réducteurs.

A partir des dilutions décimales



- Ajouter auparavant environ 20 ml de gélose du Désoxycholate à 1%.
- Laisser solidifier sur pailleasse.
- Dénombrer les colonies fluorescentes ayant poussé en masse.

Figure 24: Recherche et dénombrement des coliformes en milieu solide.



A partir des dilutions décimales

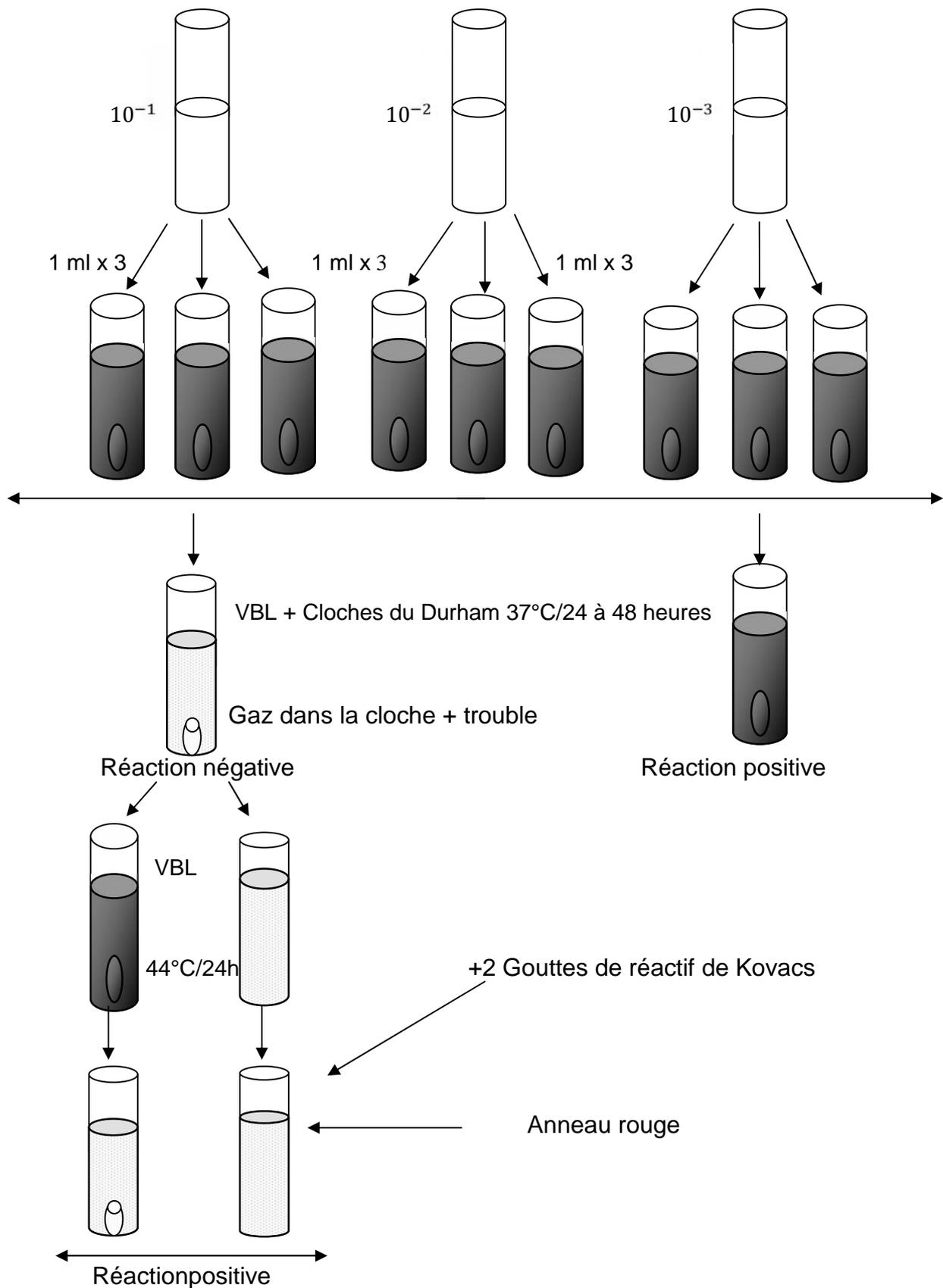


Figure 25: Recherche et dénombrement des coliformes dans un milieu liquide.

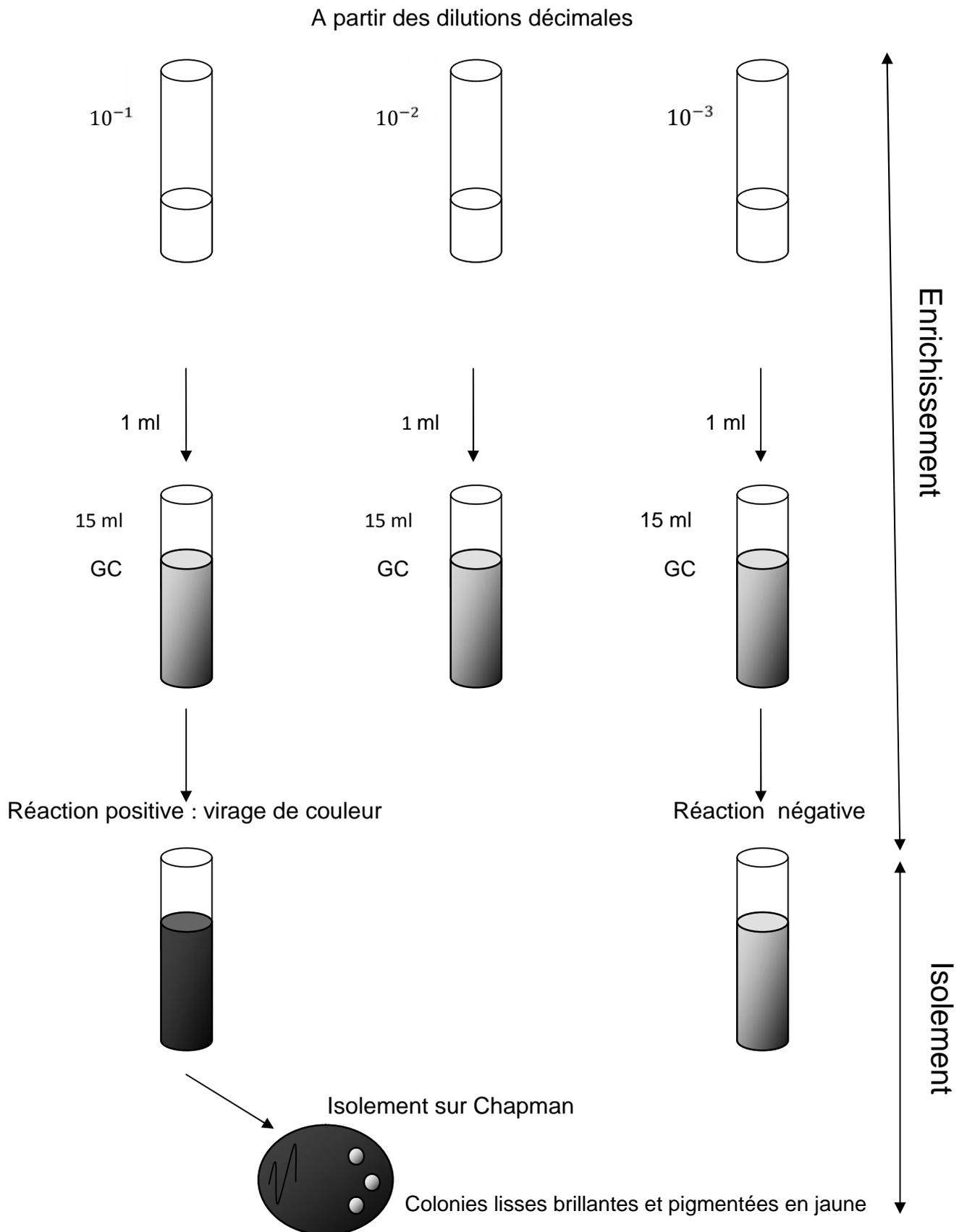


Figure 26: Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus*.

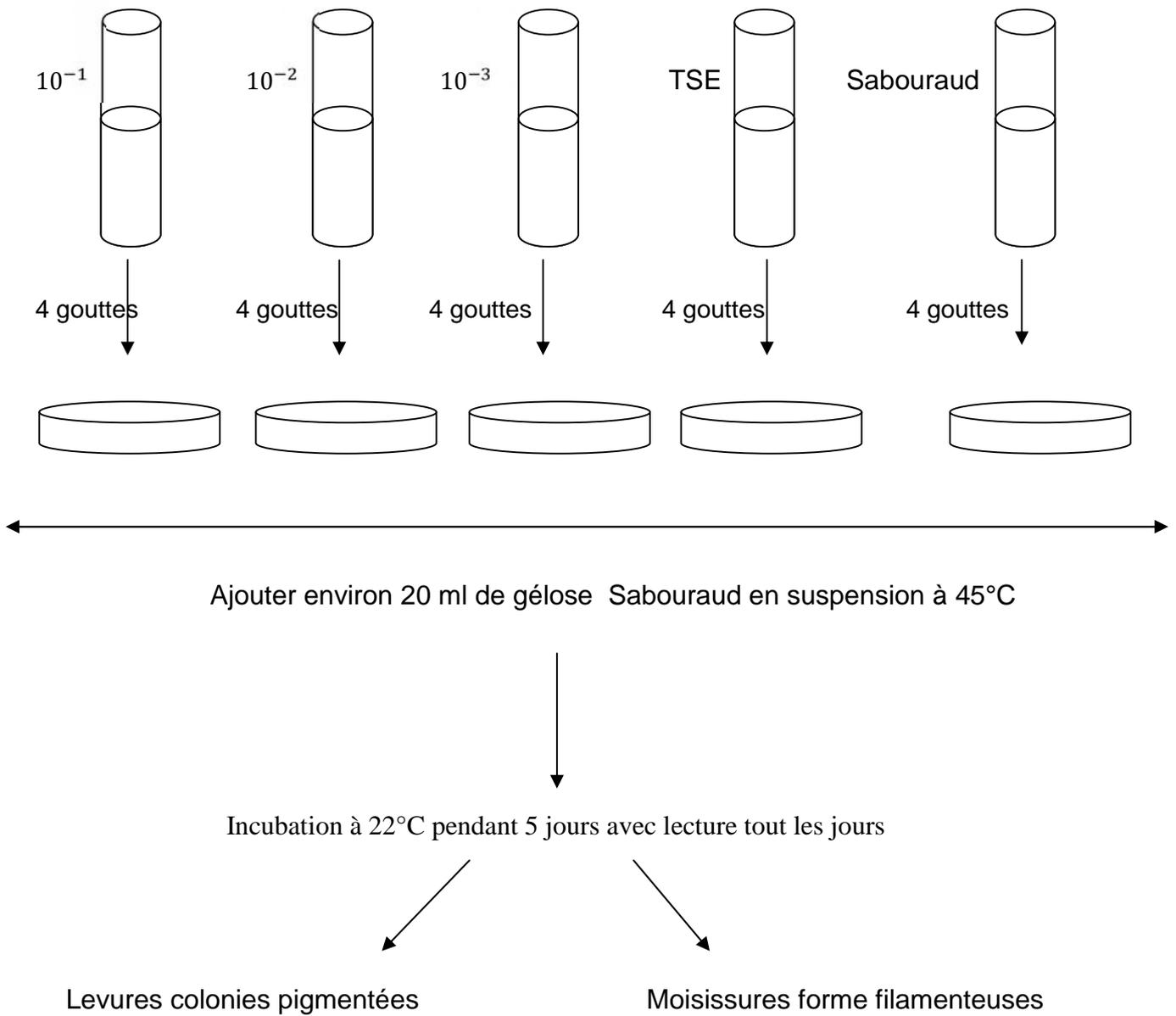


Figure 27: Recherche et dénombrement des levures et moisissures.

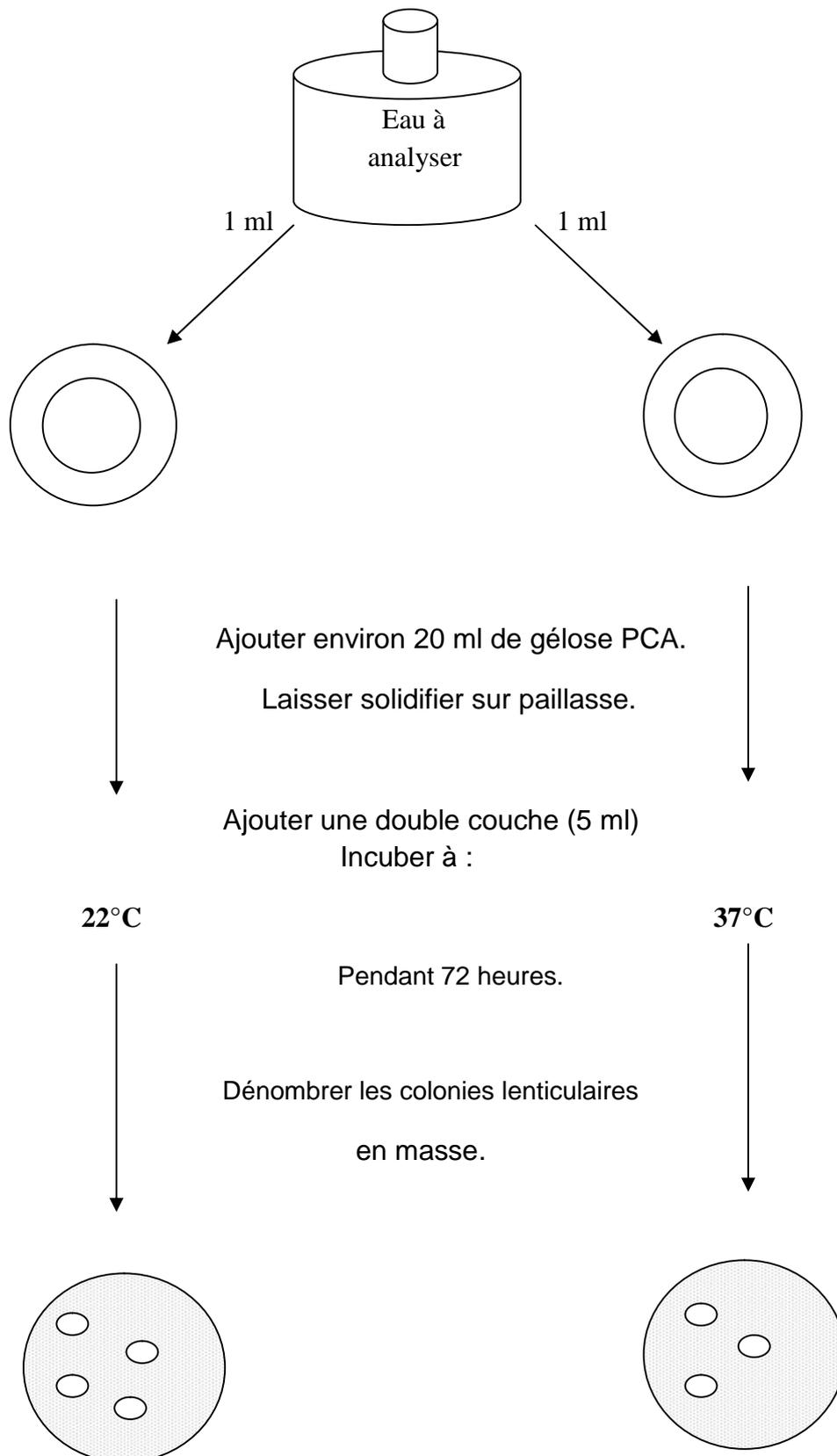


Figure 28: Recherche et dénombrement des germes totaux dans l'eau.

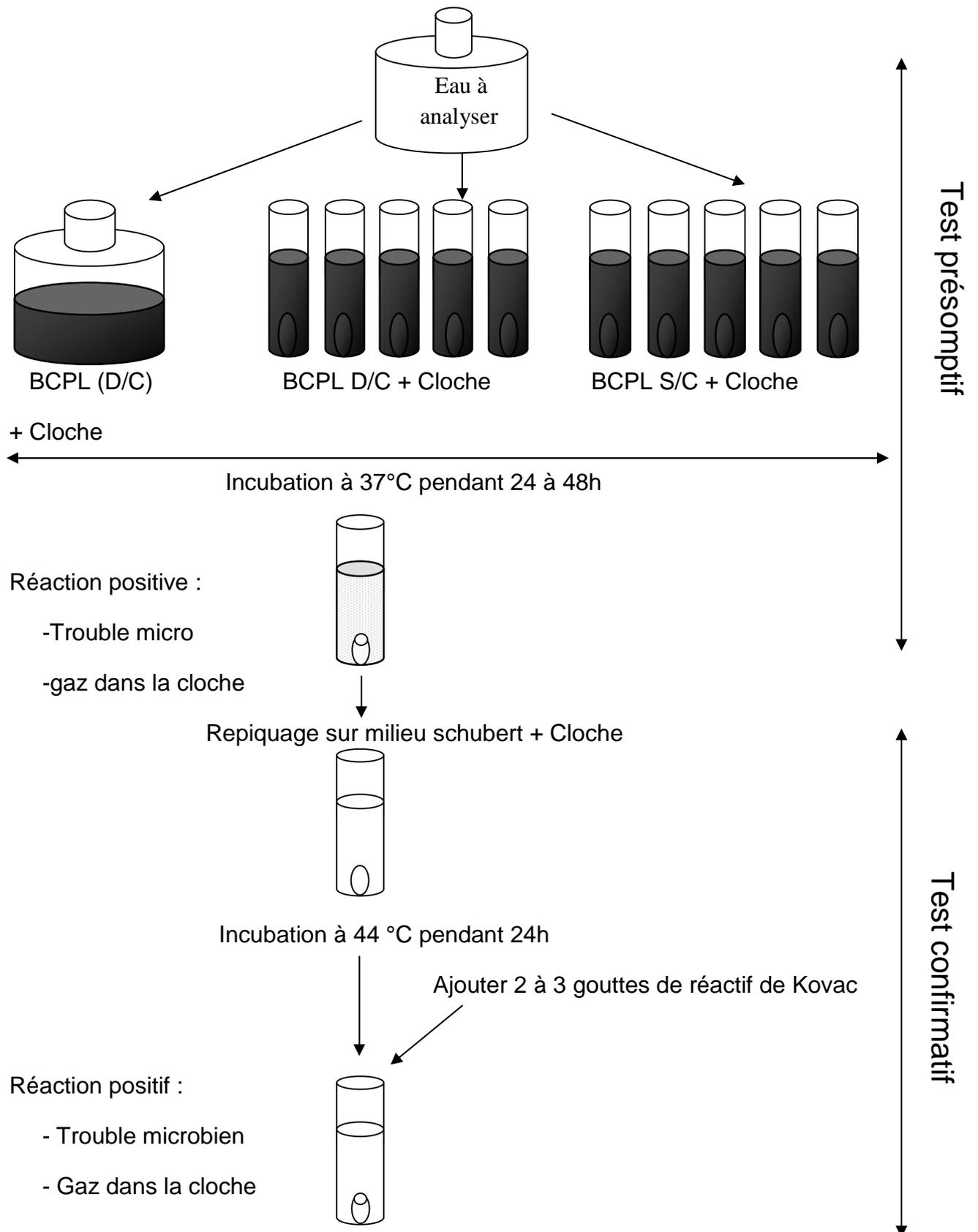


Figure 29: Recherche et dénombrement des coliformes dans l'eau de process.

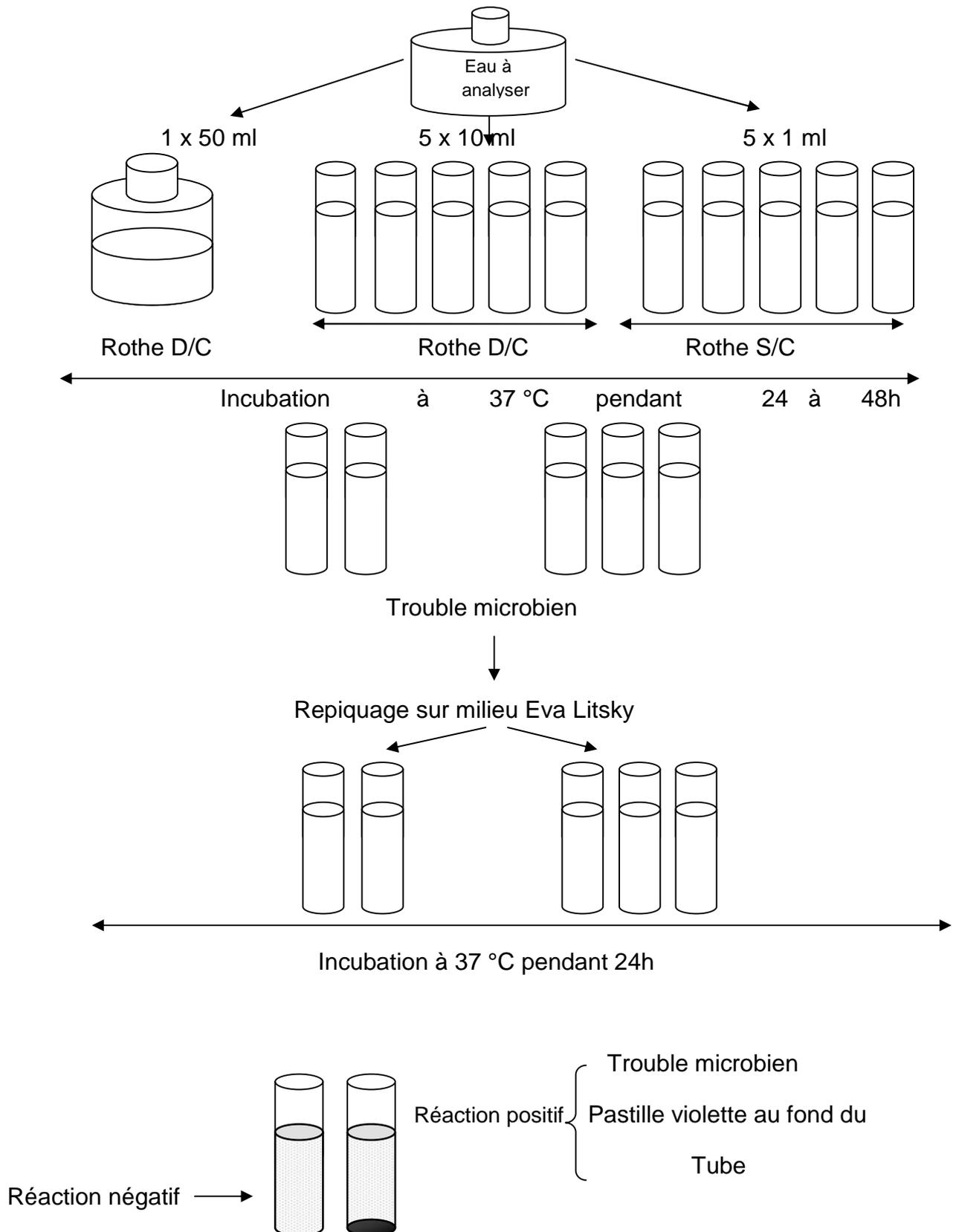


Figure 30: Recherche des streptocoques fécaux dans l'eau de process.

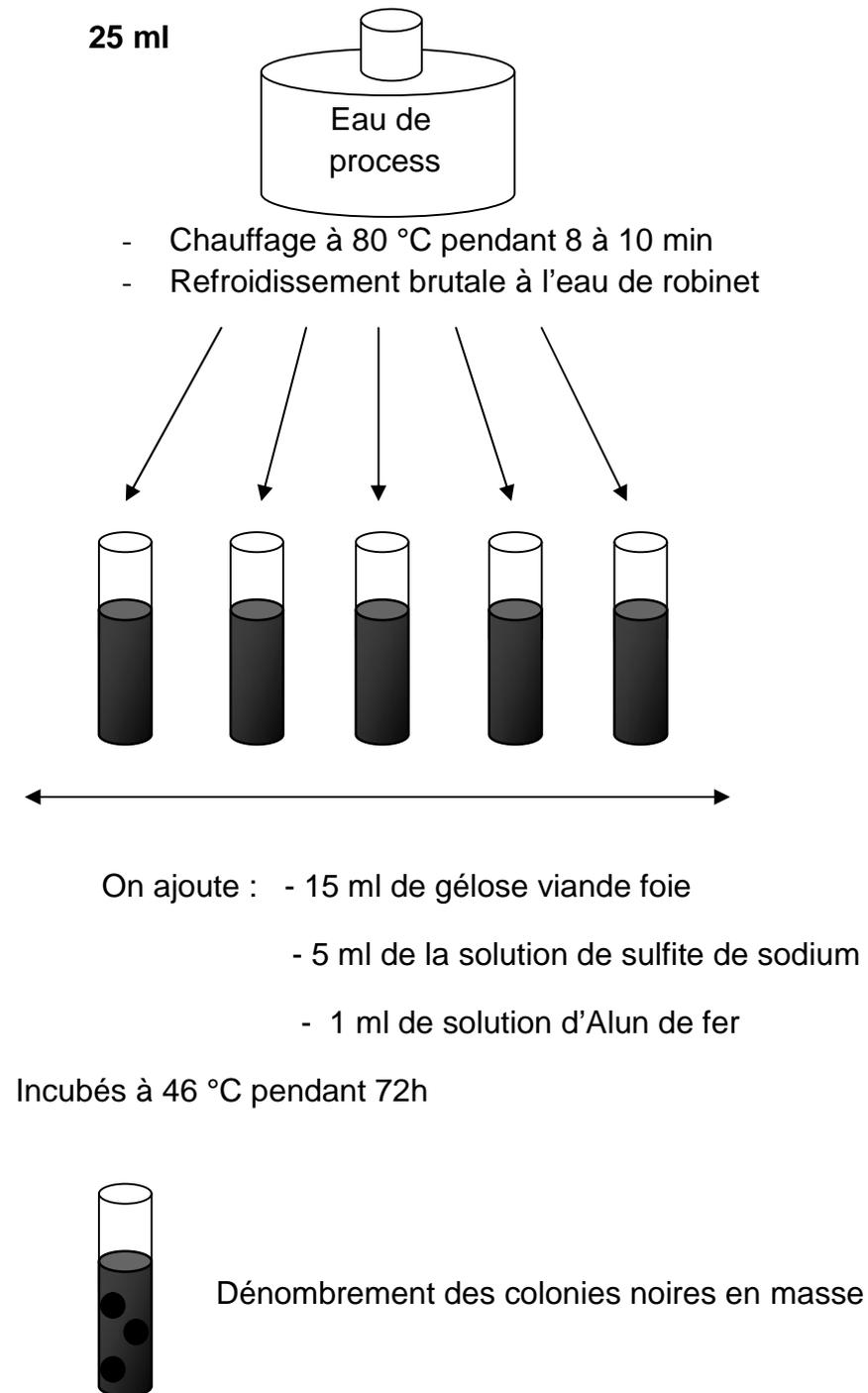


Figure 31: Recherche et dénombrement des spores de *Clostridium* sulfito-réducteur dans l'eau de process.

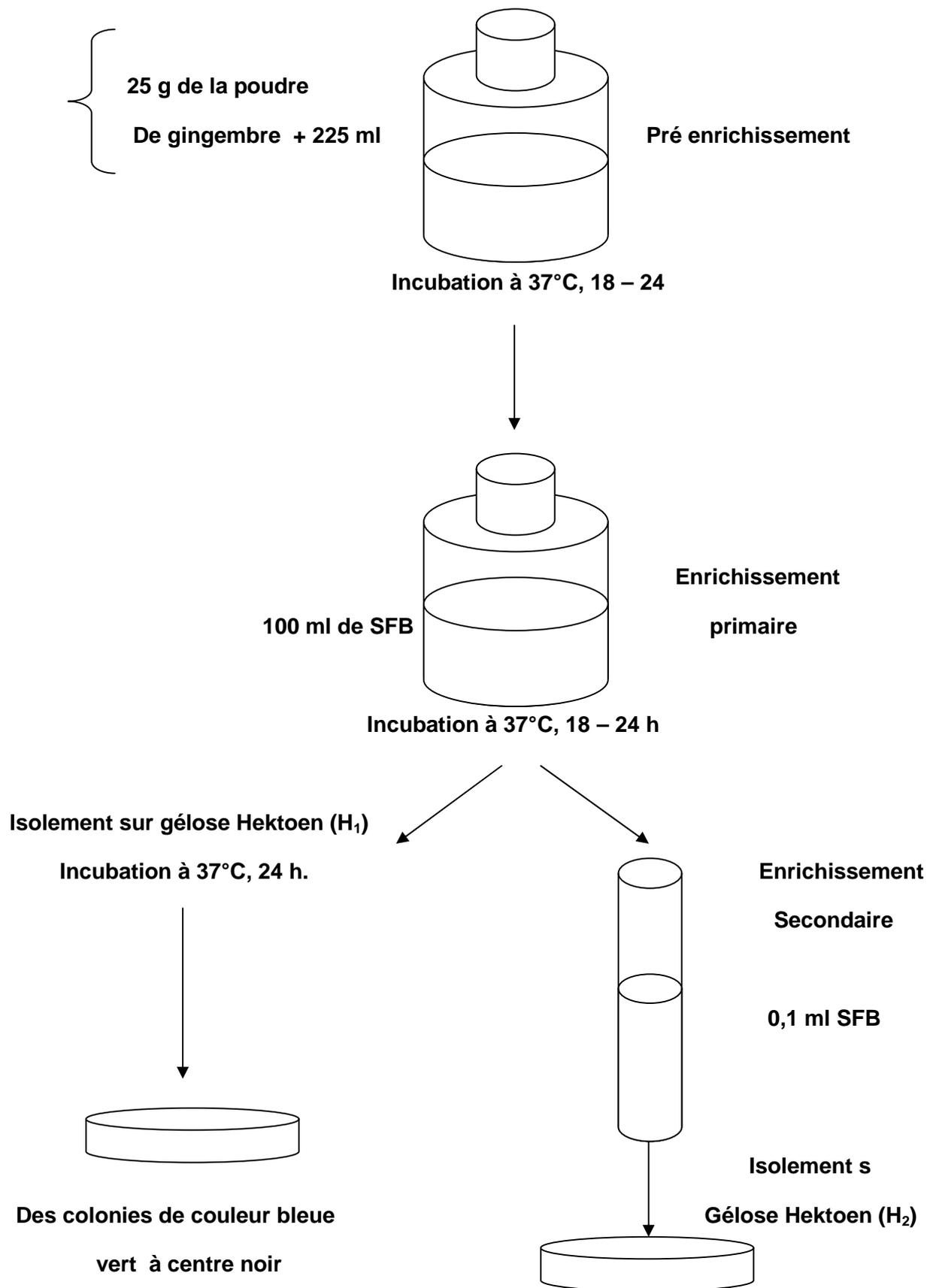


Figure 32: Recherche et dénombrement des salmonelles.

Annexe 3

Tableau 30: les milieux de cultures utilisées et leurs compositions.

Milieu	Composition	pH	
Milieu de Chapman	Tryptone	5,0	7,4 ± 0,2
	Pepton de viande	5,0	
	Extrait de viande	1,0	
	Mannitol	10,0	
	Chlorure de soduim	75,0	
	Rouge de phénol	0,025	
	Agar agar	15	
Milieu de Giolitti cantoni	Tryptone	10,0	6,9 ± 0,2
	Extrait de viande	5,0	
	Extrait autolytique de levure	5,0	
	Glycine	1,2	
	Mannitol	20,0	
	Pyruvate de sodium	3,0	
	Chlorure de soduim	5,0	
	Chlorure de lithium	5,0	
	Tween80	1,0	
Plate Count Agar (PCA)	Tryptone	5,0	7,0 ± 0,2
	Extrait autolytique de levure	2,5	
	Glucose	1,0	
	Agar agar	12,0	
Milieu de Rothe	Polypeptone	20,0	6,8 ± 0,2
	Glucose	5,0	
	Soduim chlorure	5,0	
	Phosphate monopotassique	2,7	
	Phosphate dipotassique	2,7	
	Azide de sodium	0,2	
Eau peptonée tamponée	Peptone	10,0	7,2 ± 0,2
	Sodium chlorure	5,0	
	Phosphate disodique hydraté	9,0	
	Phosphate monopotassique	1,5	
	Phosphate dipotassique	3,5	
	Phosphate disodique	3,56	
	Anhydre		
Eau peptonée exempte d'indole	Tryptone	10,0	7,2 ± 0,2
	Sodium chlorure	5,0	
Gélose Viande-Foie	Peptone viande-foie	30,0	
	Glucose :	2,0	
	Amidon soluble	2,0	

	sulfite de sodium	2,5	7,6 ± 0,2
	Citrate ferrique	0,5	
	ammoniacal Agar agar	11,0	

Milieu	Composition		pH
Tryptone sel eau (TSE)	Tryptone	1,0	7,0 ± 0,2
	Chlorure de sodium	8,5	
Gélose Hektoen	Protéose peptone	12,0	7,5 ± 0,2
	Extrait de levure	3,0	
	Chlorure de sodium	5,0	
	Thiosulfate de sodium	5,0	
	Sels biliaires	9,0	
	Citrate de fer ammoniacal	1,5	
	Salicine	2,0	
	Lactose	12,0	
	Saccharose	12,0	
	Fuchsine acide	0,1	
	Fuchsine acide	0,04	
	Bleu de bromothymol	0,065	
	Agar agar	13,0	
VRBL (Cristal violet et au rouge neutre) Violet red bile lactose agar	Peptone pepsique de viande	7,0	7,4 ± 0,2
	Extrait autolytique de levure	3,0	
	Lactose	10,0	
	Sels biliaires	1,5	
	Chlorure de sodium	5,0	
	Rouge neutre	0,030	
	Cristal violet	0,002	
Oxytétracycline (base OGA)	Extrait de levure	5,0	6,6 ± 0,2
	D(+) glucose	20,0	
	Agar agar	15,0	
Milieu BCPL : Bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol	Peptone	5	7
	Extrait de viande	3	
	Lactose	10	
	Pourpre de bromocrésol	0,025	

Annexe 5

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 6

Les analyses statistiques

Analyse de la 1^{ère} variable l'EST.

Les variances	S.C.E	DDL	Carres moyens	TEST F	Probabilité	E.T.	C.V.
Var. Total	2,85	7	0,41	13.16	0.0177	0.26	0,6%
Var. Facteur	2,59	3	0,86				
Var. résiduelle	0,26	4	0,07				

Test de NEWMAN-KEULS : seuil=5% (les groupes homogènes)

	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes
3	E3	40,45	A
2	E2	40,40	A
1	E1	40,39	A
4	ET	39,10	B

Analyse de la 2^{ème} variable la MG.

Les variances	S.C.E	DDL	Carres moyens	TEST F	Probabilité	E.T.	C.V.
Var. Total	2,76	7	0,39	0.00	0.9900	0,83	5,0%
Var. Facteur	0,00	3	0,00				
Var. résiduelle	2,76	4	0,69				

Analyses de la 3^{ème} variable G/S.

Les variances	S.C.E	DDL	Carres moyens	TEST F	Probabilité	E.T.	C.V.
Var. Total	1,63	7	0,23	6,83	0,0490	0,26	0.6%
Var. Facteur	1,37	3	0,46				
Var. résiduelle	0,26	4	0,07				

Test de NEWMAN-KEULS : seuil=5% (les groupes homogènes)

	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes
4	ET	41 ,77	A
1	E1	40,84	A
2	E2	40,81	A
3	E3	40,79	A

Analyse de la 4^{ème} variable l'ESD.

Les variances	S.C.E	DDL	Carres moyens	TEST F	Probabilité	E.T.	C.V.
Var. Total	2,85	7	0,41	13,16	0,0177	0,26	1,1%
Var. Facteur	2,59	3	0,86				
Var. résiduelle	0,26	4	0,07				

Test de NEWMAN-KEULS : seuil=5% (les groupes homogènes)

	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes
3	E3	23,95	A
2	E2	23,90	A
1	E1	23,89	A
4	ET	22,60	B

Analyse de la 5^{ème} variable le pH.

Les variances	S.C.E	DDL	Carres moyens	TEST F	Probabilité	E.T.	C.V.
Var. Total	2,85	7	0,41	1,24	0,0450	0,03	1,1%
Var. Facteur	2,62	3	0,65				
Var. résiduelle	0,25	4	0,08				

Test de NEWMAN-KEULS : seuil=5% (les groupes homogènes)

	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes
3	E3	5,88	A
2	E2	5,83	A
1	E1	5,80	A
4	ET	5,78	B

Analyse de la 6^{ème} variable le la MAT.

Les variances	S.C.E	DDL	Carres moyens	TEST F	Probabilité	E.T.	C.V.
Var. Total	0,02	7	0,00	2,96	0,1608	0,04	1,1%
Var. Facteur	0,02	3	0,01				
Var. résiduelle	0,02	4	0,00				

Analyse de la 7^{ème} variable le l'humidité H.

Les variances	S.C.E	DDL	Carres moyens	TEST F	Probabilité	E.T.	C.V.
Var. Total	2,85	7	0,41	13,16	0,0177	0,26	0,4%
Var. Facteur	2,59	3	0,86				
Var. résiduelle	0,26	4	0,07				

Test de NEWMAN-KEULS : seuil=5% (les groupes homogènes)

	Libelles	Moyennes	Groupes homogènes
4	ET	60,90	A
1	E1	59,61	B
2	E2	59,60	B
3	E3.	59,55	B

Annexe 7

Fiche de dégustation

	Caractérisation	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai témoin	Remarque
Couleur	-Blanche -Blanche crème -jaune					
Odeur	-Fromagère -Non fromagère					
Gout	-Salé -Sucré -Equilibré -fade -Amer -Epicé					
Texture	-Tranchable -Tartinable -liquide					
jugement	-Bon -Moyen -Pas bon					

Source : Roudaut (Hélène) et Lefrancq (Evelyne), Alimentation théorique, Doin, France, 2005.

**Couleur : 1) Blanc
2) Blanc crème
3) Jaune**

**Odeur : 1) Non fromagère
2) Fromagère**

**Appréciation:1) Bon
2) Moyen
3) Pas bon**

**Texture : 1) Tranchable
2) Liquide
3) Tartinable**

**Goût : 1) Amer
2) Acide, salé
3) Salé
4) Equilibré, épicé**

Introduction

Partie Bibliographique

Chapitre I

Fromage Fondu

Chapitre II

Le Gingembre

Partie Expérimentale

Chapitre III

Matériel et Méthodes

Chapitre IV

Résultats et Discussion

Conclusion

Références Bibliographiques

Annexes