



Année Universitaire : 2016-2017

Filière ingénieurs Industries Agro-alimentaires



Rapport de stage de fin d'études

Conception du processus de fabrication et contribution à la préparation du lancement d'un fromage à pâte molle de type Camembert.

Réalisé par l'élève-ingénieur:

Mr. Ahmed SAAD

Encadré par:

- Mr. Jamal El ALLAM - Domaine Royal de DOUIET
- Pr. Elhadi LAMCHARFI - FST Fès

Présenté le 19 Juin 2017 devant le jury composé de:

- Pr. Elhadi LAMCHARFI
- Pr. Nouredine CHADLI
- Pr. Bouchouaib IHSSANE

Stage effectué à : Domaine Royal de DOUIET



Je dédie ce mémoire de fin d'études:

A ma mère

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon grand amour, estime, gratitude, et ma profonde affection à celle qui n'a cessé de faire de sacrifices et de prières.

Qu'ALLAH vous protège.

A ma sœur, mon frère et leurs petites familles

Pour leur amour et soutien permanent.

A mes professeurs et mes encadrants

Qui sans eux rien n'aurait été fait.

A mes ami(e), mes collègues et à tous ceux qui ont œuvré de

près ou de loin à faire de moi ce que je suis

spécialement Karim, Anir et Noura

A tous ceux qui liront un jour ce rapport, j'espère qu'il vous

sera d'une certaine utilité.

Remerciements

Au terme de ce travail, j'ai le plaisir d'exprimer mes profonds remerciements et ma sincère gratitude à toutes les personnes qui m'ont aidé à réaliser ce stage et envers qui je me sens reconnaissante de m'avoir appris tant de choses et m'ayant offert les meilleures conditions de travail.

Je remercie :

Monsieur El ALLAM Jamal responsable recherche et développement du Domaine Royal de DOUIET qui a accepté de m'encadrer le long de ma période de stage de fin d'étude. J'ai eu, ainsi, le privilège de profiter aussi bien de sa connaissance que de son savoir faire.

Professeur LAMCHARFI Elhadî, mon professeur encadrant, qui n'a cessé de me prodiguer ses conseils pour contribuer à la réussite de mon travail.

Je tiens à remercier également tous ceux, ou celles, qui ont collaboré de près ou de loin à la Réussite de ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude au membre de jury : Professeur CHADLI Nouredine et Professeur IHSSANE Bouchouaib d'avoir accepté de juger ce travail et de participer à ce jury de ma soutenance.

Liste des figures

Figure 1: cinétique d'égouttage selon l'intensité du décaillage	11
Figure 2: cinétique de salage dans le cas d'une saumure statique et agitée	13
Figure 3: réactions intervenants au cours de l'affinage du fromage	14
Figure 4: organigramme des domaines agricoles de Douiet	20
Figure 5: gamme de produits de la société CHERGUI	21
Figure 6: les pourcentages d'inertie obtenus pour les axes	29
Figure 7: représentation en biplot de l'ensemble des résultats concernant le pH	29
Figure 8: Les pourcentages d'inertie obtenus pour les axes.....	33
Figure 9: Représentation en biplot de l'ensemble des résultats concernant l'EST	33
Figure 10: Représentation de la variation d'EST, Poids et pH au cours de leur affinage	35
Figure 11: diagramme final de fabrication du Camembert	37
Figure 12: fromage de type camembert élaborer par le processus de fabrication proposé	38
Figure 13: Représentation radar des pourcentages de satisfaction des rubriques	40

Liste des tableaux

Tableau 1: ajustement en lactose par microfiltration	5
Tableau 2: espèces levuriennes intervenant dans l'affinage du fromage à pâte molle	18
Tableau 3: la composition en EST et MG du fromage.....	22
Tableau 4: additifs alimentaires autorisé dans la fabrication du camembert	23
Tableau 5: les étapes conventionnelles d'élaboration du camembert	24
Tableau 6: la conduite des essais pour estimer l'influence des opérations de fabrication sur le pH.....	28
Tableau 7: la conduite des essais pour estimer l'influence des opérations de fabrication sur l'EST	32
Tableau 8: conditions d'élaboration des fromages objet du suivi au cours d'affinage	35
Tableau 9: résultats du suivi des fromages au cours de l'affinage.....	36
Tableau 10: comparaison entre le camembert réalisé et des camemberts commerciaux	28
Tableau 11: extrait de la grille d'évaluation des programmes préalables.....	39
Tableau 12: calculs des pourcentages de satisfaction pour chaque rubrique	40
Tableau 13: échelle de notation pour évaluation des dangers.....	42
Tableau 14: détermination des points critiques pour le contrôle	43
Tableau 15: risques sanitaires et organoleptiques affectant le camembert au cours de la commercialisation	44
Tableau 16: propositions d'emballage pour le produit élaboré.....	46
Tableau 17: comparaison entre les différents matériaux servant d'emballage secondaire	47
Tableau 18: proposition d'étiquetage selon la réglementation marocaine.....	48

Liste des abréviations

ACP : Analyse en composantes principales

B : Biologique

BPF : Bonnes pratiques de fabrication

C : Chimiques

CCP : Point de contrôle et maîtrise

CMP : caséinomacropéptide

DLUO : Date limite d'utilisation optimale

EST : Extrait sec totale

FL : Ferments lactique

FA : Ferments d'affinage

G/S : Gras/Sec

HACCP : Hazard Analysis & Critical Control Points (Analyse des dangers et maîtrise des points critiques)

HR : Humidité relative

MAT : Matière azotée totale

MG : Matière grasse

MP : Matière protéique

NES : Nombre d'exigences satisfaites

NENS : Nombre d'exigences non satisfaites

NEPS : Nombre d'exigences peu satisfaites

N&D : Nettoyage et désinfection

NPN : Azote non protéique (Non - Protein Nitrogen)

OMS : Organisation mondiale de santé

OPP : Polypropylène

P : Physique

PS : Pourcentage de satisfaction

PRP : Programmes préalables

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE :	1
--------------------------------------	----------

PARTIE 1: BIBLIOGRAPHIE

CHAPITRE 1: LES GRANDES ETAPES DE LA TECHNOLOGIE FROMAGERE	3
I.Préparation du lait	3
I.1. Généralités.....	3
I.2. préparation du lait en technologie de Fromage à pâte molle	5
II.La coagulation	7
II.1. Généralité.....	7
II.2. Particularités en technologie de fromage à pâte molle	8
III.L'égouttage	9
III.1. Généralités	9
III.2. Particularités en technologie de fromage à pâte molle.....	10
IV.Salage	11
IV.1. Généralités	11
IV.2. Particularités en technologie de fromage à pâte molle.....	12
V.L'affinage	13
V.1. Généralités	13
V.2. Particularités en technologie de fromage à pâte molle.....	17
CHAPITRE 2: PRESENTATION GENERALE DE L'ENTREPRISE D'ACCUEIL.....	19
I. Présentation des domaines de Douiet	19
I.1. Les domaines Agricoles	19
I.2. Les domaines agricoles de DOUIET	19

PARTIE 2: DESCRIPTION ET REGLEMENTATION SUR LE FROMAGE A PATE MOLLE DE TYPE CAMEMBERT

CHAPITRE 1: REGLEMENTATION ET NORMES POUR LE CAMEMBERT	21
I.Description :	21
II.Facteurs essentiels de qualité et de composition :	21
II.1. Matières premières	21
II.2. Ingrédients autorisés.....	21
II.3. Composition du camembert :	22
II.4. Principales caractéristiques de taille et de forme.....	22
II.5. Procédure d'affinage essentielle.....	23
III. Additifs alimentaires	23
CHAPITRE2: ETAPES DE FABRICATION DU CAMEMBERT.....	24

PARTIE 3: ESSAIS D'OPTIMISATION DES CONDITIONS DE FABRICATION DU CAMEMBERT

CHAPITRE 1: ÉTUDE DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DU CAMEMBERT AU COURS DE LA FABRICATION .	27
I.Influence des conditions de fabrication sur les paramètres physico-chimiques du produit final	27
I.1. Influence des conditions de fabrication sur le pH.....	27
I.2. Influence des conditions de Fabrication sur l'extrait sec total.....	31
II.Variation des paramètres physico-chimiques au cours de l'affinage.....	35
II.1. Résultats :	35
II.2. Interprétations :	35
CHAPITRE 2: DIAGRAMME FINAL DE FABRICATION DU FROMAGE.....	37

PARTIE 4: ANALYSE DES DANGERS ET CONCEPTION D'EMBALLAGE POUR LE PRODUIT FINI

CHAPITRE 1: VERIFICATION DES PROGRAMMES PREALABLES ET ANALYSE DES DANGERS SELON LA METHODOLOGIE HACCP.....	39
I.Vérification de programmes préalables.....	39
II.Analyse des dangers selon le plan HACCP	41
II.1. Énumération des dangers	42
II.2. Détermination des CCP :.....	43
I.Risques organoleptiques et sanitaires liés à la commercialisation du camembert	44
II.Conservation du camembert	45
III.Choix des matériaux d'emballage du produit :.....	45
III.1. Emballage primaire.....	45
III.2. Emballage secondaire	47
IV.Etiquetage du produit :.....	47
CONCLUSION GENERALE :.....	50
RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES :.....	52
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXES	

INTRODUCTION GENERALE :

La production nationale du lait selon la fédération interprofessionnel marocaine, s'élève à 2,5 milliard de litres en 2016, dans le but de conquérir les marchés africains et pour des raisons de sécurité alimentaire les autorités visent atteindre un volume de 4 milliards de litres en 2020.

Malgré que le lait et ses dérivés ont toujours été considérés comme des éléments importants en tant que produits alimentaires, les marocaines sont encore en dessous de la norme préconisé par l'OMS (92 litres/an), et selon les estimations d'*Euromonitor International*, les marocains ont consommé 56 400 tonnes de fromage en 2013, d'où une consommation moyenne par habitant d'un kilogramme par an seulement.

Dans un environnement de plus en plus concurrentiel, les sociétés marocaines opérantes dans le secteur laitier sont amenées à adopter une politique d'innovation, ayant pour but d'une part d'encourager les marocains à consommer des produits laitiers et d'autres part de gagner le marché en offrant à la clientèle une gamme de produit selon leurs préférences.

Des travaux de valorisation et formulation de divers produits laitiers ayant une valeur ajoutée doivent être en parallèle avec le développement du secteur laitier marocain, participant donc au développement du secteur et de l'économie national, Étant donné que le marché des produits laitiers au Maroc présente des opportunités d'affaires considérables avec l'existence d'un nombre limité d'offreurs.

Dans le cadre de lancement des nouveaux produits sur le marché national et la diversification de sa gamme, des travaux de recherche et développement sont menés au laboratoire R&D au sein de la unité de transformation laitière CHERGUI, ces travaux ont pour but le développement d'un fromage de type pâte molle à croûte fleurie de type camembert.

Ces travaux sont réalisés sur trois paliers :

Premièrement, Nous avons commencé par l'élaboration d'une formulation du camembert, pour ce, des essais ont été réalisés dans le but de trouver le meilleur processus de fabrication possible qui donnera un produit avec des caractéristiques semblables et comparables aux produits du commerce.

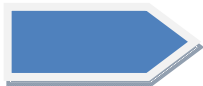
Deuxièmement, nous avons évalué les programmes préalables en se basant sur les exigences du *codex alimentarius*, par la suite une analyse des risques liés à la fabrication du camembert est mise au point selon l'approche HACCP.

Finalement, nous avons mis en place une conception de l'emballage du produit, d'abord par une proposition d'emballages servant à conserver le produit au cours de la commercialisation et préserver sa qualité sanitaire et organoleptique, et aussi nous avons élaboré un étiquetage du produit selon la législation marocaine.

Partie 1: Bibliographie



Chapitre 1: Les grandes étapes de la technologie fromagère



Chapitre 2: Présentation générale de l'entreprise d'accueil

Chapitre 1: Les grandes étapes de la technologie fromagère

I. Préparation du lait

I.1. Généralités

Aujourd'hui peu de laits sont utilisés sous leur forme originelle. Seules certaines fabrications fromagères présentent cette caractéristique. Les fabrications industrielles exigent une collecte, un stockage et un ajustement en divers composants du lait bien que ces différentes manipulations vont modifier son aptitude à la transformation fromagère.

Différentes techniques récentes, bien maîtrisées, mais encore perfectibles rendent maintenant possible l'ajustement de la composition bactériologique et physico-chimique du lait. Cela est devenu une nécessité, d'une part, pour l'obtention d'une qualité définie saine et régulière et, d'autre part, pour assurer une productivité optimale des outils de transformation.

I.1.1. Modification de la flore du lait

Le lait collecté contient en général entre $3 \cdot 10^3$ et 10^5 germes par millilitre. Cependant, et surtout si la température n'est pas respectée, la flore psychrotrophe (capable de donner des colonies visibles sur milieu de culture en 10 jours à 7 °C) se développe et peut devenir dominante à la collecte.

- Pour assainir les laits, il est souvent pratiqué un traitement thermique plus ou moins intense selon le type de fromage : 63 à 66 °C pendant 30 s pour des fromages de type pâte pressée cuite, à 95 °C pendant 4 à 5 min pour des fromages de type pâte fraîche. Cette technique est réalisée à l'aide de pasteurisateurs à plaques ou tubulaires. Il est observé une réduction du nombre total de microorganismes variable selon le traitement et, lorsque l'intensité du chauffage atteint 72 °C pendant 15 s, la destruction des bactéries pathogènes. À 95 °C, on ne retrouve plus que les bactéries sporulées dont *Clostridia tyrobutyricum* responsable de gonflements indésirables sur les pâtes pressées cuites. Toutefois, une partie des enzymes provenant des cellules détruites par la chaleur reste active et peut intervenir au cours de l'affinage des fromages.

Les micro-organismes ayant une densité légèrement supérieure à celle du lait sont susceptibles d'être séparés par centrifugation. Le procédé de **bactofugation**, basé sur ce principe (force centrifuge 7 000 à 9 000 g), permet d'éliminer les spores butyriques contenues dans le lait : les pourcentages atteignent 90 à 95 % selon la température utilisée.

Après avoir subi ces divers traitements, le lait contient peu de micro-organismes et certainement pas dans des proportions capables de conduire à la fabrication d'un fromage de qualité. Il est donc impératif de recréer un écosystème particulier et de maîtriser son développement pour chaque type de fromage.

I.1.2. Ajustement de la matière grasse

L'ajustement de la teneur en matière grasse du lait de fabrication est réalisé par mélange de lait écrémé et de lait entier ou de lait écrémé et de crème. La crème est séparée par centrifugation en continu dans des écrémeuses (vitesse de rotation : 4 000 à 5 000 tr/min) dans un bol constitué d'un empilement d'assiettes à une température supérieure à 30 °C, en général 50 à 65 °C.

Il est désormais possible de fractionner les globules gras du lait selon leur taille par microfiltration du lait ou de la crème sur membrane dont les pores ont un diamètre moyen compris entre 2 et 5 μm [1]. Les fractions de globules ainsi calibrées, ajoutées à du lait écrémé constituent un lait de fabrication qui donne des textures particulières aux fromages.

I.1.3. Modification de la matière protéique

L'enrichissement en protéine des laits de fabrication fromagère répond à un triple objectif :

- Augmentation de rendement ;
- Régularité de la qualité fromagère ;
- Amélioration de la productivité des outils de transformation.

Cela est réalisé soit par addition de caséinate (réglementée au niveau européen) ou de protéines de lactosérum dénaturées ou natives, soit par traitement sur membranes d'ultra ou de microfiltration de la totalité ou d'une partie du lait.

I.1.4. Réduction de la teneur en lactose

Pour limiter la production d'acide lactique dans certains fromages, on réalise la dilution de la phase soluble du caillé. En utilisant les techniques à membrane, l'ultrafiltration essentiellement, cet ajustement peut être pratiqué, soit sur le lait avant sa mise en fabrication, soit en réalisant une opération de diafiltration soit en concentrant le lait puis en ramenant sa

teneur en caséine au taux recherché pour la coagulation (**tableau1**) par dilution avec de l'eau et de la crème.

Tableau 1 : ajustement en lactose par microfiltration

	Quantité (Kg)	Composition (g. Kg ⁻¹)			
		EST	MAT	MG	Lactose
Lait écrémé	0,99	92,4	35,2	0,5	51,0
Retentât d'ultrafiltration	0,35	158	95,0	1	41,5
Crème	0,20	351	25,0	285	36,5
Eau	0,45	0	0	0	0
Lait recombiné	1,00	125,5	38,2	57,3	21,8

I.1.5. Modifications de la minéralisation des laits

La composition minérale des laits et surtout l'équilibre entre leur répartition dans la phase soluble et dans la phase colloïdale jouent un rôle prédominant dans la transformation du lait en fromage. L'abaissement du pH a pour effet d'augmenter la solubilisation du calcium et du phosphate micellaire. Selon le stade de minéralisation atteint au moment de la coagulation, l'organisation du réseau protéique se réalise de manière spécifique.

La diminution du pH est obtenue lors d'une étape appelée maturation microbienne : les bactéries lactiques transforment le lactose en acide lactique. Cependant pour atteindre une valeur précise du pH à l'empresurage, il est parfois procédé à un ajustement par ajout d'anhydride carbonique, de glucono-delta-lactone ou de poudre de lait acidifié.

Lors de la pasteurisation du lait, une partie du calcium soluble précipite. L'équilibre, nécessaire pour obtenir une bonne coagulation, peut être rétabli par ajout de chlorure de calcium en solution. Un excès de calcium entraîne cependant des défauts de goût : il est souhaitable de ne pas dépasser une concentration totale de CaCl₂ de 0,10 g · L⁻¹.

I.2. préparation du lait en technologie de Fromage à pâte molle

Une valeur constante en matière protéique (MP) permet de mieux maîtriser les paramètres de fabrication et d'améliorer la qualité des fromages à pâte molle [2]. Il est bien connu que des laits pauvres en protéines génèrent des accidents de fabrication.

L'enrichissement en MP accroît la productivité des ateliers (10 à 30 %). Une meilleure récupération des protéines du lactosérum dans le caillé et, surtout, une réduction des pertes en fines de caillé dans le lactosérum augmentent le rendement fromager (environ 1 %) en fromagerie de pâtes molles. Le poids final des fromages vendus à la pièce est aussi plus régulier.

Jusqu'à des teneurs de 34 à 35 g/L de protéines, les paramètres de fabrication n'ont pas besoin d'être modifiés. Par contre, au-delà de ce seuil, des défauts de structure (caillé trop ferme, trop égoutté et trop minéralisé) et/ou de texture (ouvertures, lainures) et/ou de flaveur (amertume) peuvent apparaître. Il est alors recommandé d'abaisser les pH et les températures d'emprésurage, d'augmenter le temps de durcissement du gel, de découper ce dernier en plus gros morceaux, de limiter les brassages pour augmenter le caractère lactique du caillé.

Les entreprises peuvent aussi incorporer dans le lait des protéines dénaturées de lactosérum [3]. En pratique, un enrichissement de 2,5 à 3 g de matière azotée par litre de lait ne doit pas être dépassé en technologie pâte molle. La rétention de ces protéines dans le caillé s'accompagne d'une augmentation de son hydrophilie (1 g de protéine fixe entre 2 et 3 g d'eau). Afin de contrecarrer le risque d'obtenir des fromages trop humides, il faut favoriser la cinétique de l'égouttage en cuve et en moule. Il est possible d'augmenter la température d'emprésurage et de découper plus finement.

Les schémas de maturation (pour un même fromage) varient d'une usine à l'autre selon le mode d'organisation du travail. On distingue la maturation primaire (maturation froide ou prématuration à 10 à 12 °C pendant 15 à 20 h) qui consiste à conserver le lait à basse température depuis la réception jusqu'à la fabrication du lendemain, et la maturation secondaire (maturation chaude), qui se déroule à température plus élevée (souvent à température d'emprésurage) juste avant fabrication.

Les maturations ont pour but :

— d'adapter les ferments au milieu, puis de maîtriser leur développement afin d'atteindre le pH d'emprésurage [3];

— de rétablir les équilibres minéraux, modifiés par la conservation du lait au froid à la ferme, et/ou par les traitements thermiques appliqués à l'usine (thermisation du lait à la réception, pasteurisation après maturation primaire).

Certaines corrections technologiques, peuvent en dernier lieu compenser les effets d'une mauvaise maîtrise de la maturation.

Les pâtes molles à caractère mixte sont obtenues par action équilibrée de la voie enzymatique et de la voie acide. Dans ce but, les concentrations en enzymes coagulants sont moyennes (18 à 22 mL/ 100 L de lait). L'activité acidifiante modérée (pH à l'emprésurage 6,30 à 6,40) et le taux de bactéries lactiques inoculées ($5 \cdot 10^6$ /mL) sont favorables à la fois à l'action de l'enzyme coagulant et à la croissance des bactéries lactiques [4].

II. La coagulation

II.1. Généralité

La coagulation est l'étape durant laquelle le lait passe de la forme liquide à l'état solide en formant un gel. C'est à ce moment que débute la formation d'un réseau protéique tridimensionnel. La coagulation, provoquée par une enzyme, la présure, résulte d'un processus en trois phases.

Une phase primaire ou enzymatique au cours de laquelle la caséine κ est hydrolysée spécifiquement (liaison phénylalanineméthionine PHE105-MET106) pour former la paracaséine κ et le caséinomacropéptide (CMP) constitué de 65 acides aminés. La réaction d'hydrolyse obéit à la cinétique de Michaelis-Menten et, de ce fait, dépend de la concentration en enzyme. La réaction peut se produire à basse température. Le Q₁₀ de la réaction (augmentation de la vitesse de la réaction enzymatique pour une élévation de 10 °C) est de 1,8 à 2,0 pour une température comprise entre 0 et 37 °C.

Une phase secondaire pendant laquelle les micelles de caséine, dont la charge est modifiée après hydrolyse de la caséine κ , s'agrègent pour former le gel appelé caillé. Cette phase exige la présence d'ions calcium et est très dépendante de la température. Des ions calcium sont apportés (5 à 20 mL d'une solution de chlorure de calcium à $510 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ pour 100 litres de lait) pour compenser ceux précipités lors des traitements thermiques. La phase débute lorsque le taux d'hydrolyse moyen est de l'ordre de 85 %.

Une fois le gel obtenu, la coagulation se poursuit en une phase tertiaire d'organisation et de réticulation du gel mettant en jeu les liaisons intermoléculaires, dénommée phase de durcissement en fromagerie.

Ces différentes étapes peuvent être suivies par des méthodes rhéologiques permettant de mesurer le temps de coagulation, la vitesse d'organisation du gel ainsi que sa fermeté.

L'acidité du lait favorise l'action de la présure tout d'abord en accélérant la phase de formation du gel (temps de coagulation 4 fois plus court à pH 6,0 qu'à pH 6,7), ensuite en déterminant les liaisons intermoléculaires qui donneront au caillé ses caractéristiques propres : composition, rhéologie, porosité. Ainsi, selon l'acidité du lait au moment de la coagulation, on distingue, en pratique fromagère, trois types de coagulation :

— **la coagulation-présure** qui s'applique lorsque l'acidité est restée pratiquement au niveau de celle du lait. La dose de présure est forte : 30 à 40 mL (force 1/10 000) pour 100 litres de lait et la température voisine de 33 °C ou même supérieure. Le coagulum obtenu est élastique, souple et fortement minéralisé. Des moyens mécaniques sont nécessaires pour éliminer le sérum ;

— **la coagulation lactique** qui se produit lorsque l'acidité s'est développée de façon intense (pH compris entre 5,5 et 4,6). La dose de présure est faible : 1 à 3 mL pour 100 litres de lait, et la température relativement basse : 18 à 28 °C. Le coagulum est friable, déminéralisé, poreux et les protéines fortement hydratées ;

— **la coagulation mixte** obtenue lorsque le lait présente au moment de la coagulation une acidité moyenne (pH 6,5 à 5,5) et qu'une dose de présure intermédiaire est utilisée (10 à 25 mL pour 100 litres de lait en général). Cet éventail de solutions est une des origines de la diversité fromagère ;

Les traitements thermiques subis par les laits ont une influence sur la coagulation. Le chauffage induit la formation de complexes entre la caséine κ et la β -lactoglobuline et/ou l' α -lactalbumine. Ces complexes, s'ils n'empêchent pas l'accès de la chymosine aux liaisons PHE105-MET106 de la caséine κ et par conséquent son hydrolyse, perturbent fortement les phases d'agrégation et de réticulation. Les temps de coagulation sont ainsi allongés et le caillé est plus mou.

II.2. Particularités en technologie de fromage à pâte molle

Dans le cas du camembert, la coagulation, qui résulte de la combinaison de l'acidification et de l'action des enzymes coagulants, donne un gel « mixte ».

L'expression « mixte » (lactique et présure) s'applique à un caillé qui peut présenter un caractère plus ou moins présure ou lactique. C'est la relation entre la cinétique d'expulsion du lactosérum et l'acidification en moule qui va caractériser un caillé au démoulage, par son pH, son degré de minéralisation (teneur en calcium et phosphore) et sa teneur en lactose.

Les fromages obtenus sont soit à caractère lactique, comme le brie et le saint-marcellin, soit à caractère présure comme le vacherin et le maroilles, en passant par un ensemble de caractères intermédiaires comme le camembert traditionnel mixte à tendance lactique ou le camembert industriel mixte à tendance présure.

III. L'égouttage

III.1. Généralités

L'égouttage est l'étape de concentration différentielle des éléments du lait. Les caséines forment une trame protéique à mailles fines retenant les particules telles que les globules gras et les microorganismes. Les liaisons moléculaires qui se créent entre les caséines et les minéraux provoquent une contraction du réseau qui expulse l'eau et les solutés (protéines sériques, minéraux solubles, lactose, composés azotés non protéiques). Le coagulum peut ainsi être assimilé à une « éponge dynamique » dont la trame subirait des modifications continues de structure dues à l'accroissement progressif de forces internes de contraction et de forces externes d'expulsion provoquées par des traitements mécaniques. La modulation contrôlée de ces deux types de force permet au fromager de parfaire la diversité fromagère.

Sous l'effet conjugué de la présure, de l'acidité et de la température, il se produit une contraction spontanée du coagulum expulsant le lactosérum : on l'appelle la synérèse. L'égouttage s'effectue alors par gravité. Cependant, il est relativement lent et limité et, pour l'accélérer, le fromager dispose de différents moyens d'intervention :

— la centrifugation : l'utilisation de la force centrifuge, dans des séparateurs, accélère le processus d'écoulement par gravité ;

— le découpage : l'exsudation a lieu au niveau des interfaces caillé/sérum ; en créant plus d'échange par la découpe du caillé, l'égouttage est favorisé. Le découpage peut être grossier (à la louche), régulier (en cube de 1 à 2 cm d'arête) ou fin (grains de même taille). Dans certains cas, le brassage du mélange sérum-morceaux de caillé est pratiqué pour empêcher l'agglomération de ces derniers et accentuer l'égouttage ;

— le pressage : lorsque l'on recherche une teneur en eau faible dans le fromage, le caillé est pressé en moule après le retrait de la plus grande partie du lactosérum ; l'égouttage sous presse ne représente généralement que 2 à 5 % du lactosérum total ;

— le retournement : il permet d'évacuer le lactosérum accumulé dans des cavités, de rendre plus homogène la teneur en eau aux différents endroits et d'accélérer l'égouttage ;

— le traitement thermique : la chaleur favorise les réactions dans le coagulum ce qui accentue la capacité de la trame protéique à se contracter, diminue la viscosité du sérum et a pour effet de favoriser l'expulsion du sérum. Le chauffage est généralement pratiqué (jusqu'à un maximum de 55 °C) lorsque l'on recherche une teneur en matière sèche élevée dans le fromage.

L'art du fromager consiste à utiliser l'une ou l'autre ou une combinaison de ces techniques en fonction du caractère présure ou lactique du coagulum. Dans le cas d'un caractère présure, il est recherché un égouttage précoce avec acidification limitée et une mise en œuvre du découpage, du pressage et parfois du chauffage. Dans le cas d'un caractère acide, l'acidification étant terminée, l'écoulement se fera essentiellement par gravité avec retournement ou par centrifugation lorsque la texture recherchée le permet.

Les fromages à caillé mixte sont obtenus à partir d'un coagulum à tendance plutôt présure au sein duquel se développe une acidification notable au cours de l'égouttage. Le mode de découpage et les cinétiques d'acidification et d'égouttage jouent dans ce cas un rôle capital pour le réglage de la minéralisation du fromage. En effet, dans le coagulum en cours d'acidification, le calcium se solubilise progressivement et est évacué dans les mêmes proportions que le lactosérum.

III.2. Particularités en technologie de fromage à pâte molle

Le découpage est le facteur mécanique le plus actif sur l'égouttage. Les surfaces des grains en contact avec le lactosérum augmentent de manière exponentielle avec la diminution de l'arête. Le tranchage conduit à un égouttage plus rapide et plus prononcé à mesure que la division du gel s'accroît. Comme le montre la **figure1**, l'incidence du tranchage est considérable sur la séparation du lactosérum. En règle générale, plus le caillé en fin d'égouttage doit être sec et minéralisé, plus intense sera le décaillage.

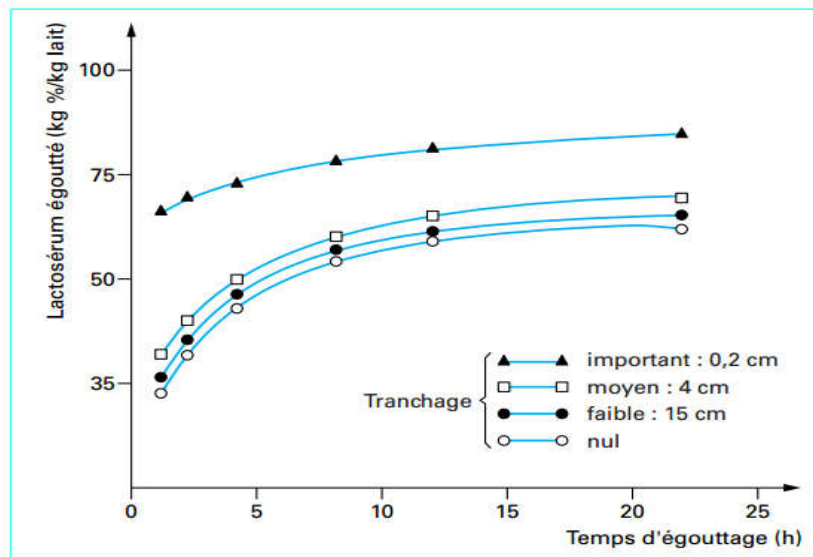


Figure 1 : cinétique d'égouttage selon l'intensité du décaillage

Les tranche-caillé à couteaux se généralisent dans les entreprises. Plus robustes et plus tranchants que ceux à fils lors du découpage, ils occasionnent moins de pertes de fines de caillé dans le sérum.

Le mélange caillé/sérum est ensuite brassé doucement à intervalles réguliers pour éviter l'agglomération des grains de caillé et maintenir une température homogène.

Le moulage est réalisé après soutirage de 20 à 30 % du sérum, pour répartir un mélange homogène caillé/sérum à l'intérieur des moules. Après le moulage, le caillé continue de s'égoutter en moules pendant une vingtaine d'heures. Les retournements assurent la mise en forme des fromages et poursuivent l'égouttage. Dans le cas de la fabrication de camemberts traditionnels moulés à la louche dans des moules perforés, les retournements permettent de déboucher les orifices obstrués par du caillé et assurent l'homogénéité du produit. Les retournements décolmatent aussi les stores sur lesquels les fromages s'égouttent.

IV. Salage

IV.1. Généralités

La composition du fromage jeune est finalement ajustée au cours de l'opération de salage. Les fromages sont généralement salés soit par saupoudrage de sel sec à la surface, en deux étapes dans les technologies anciennes ou en une seule dans les technologies industrielles, soit par trempage dans une saumure souvent saturée pendant un temps variant de 10 min à 48 h selon la taille du fromage et le taux de sel recherché. Dans certains cas, le sel est introduit

directement dans la masse du fromage. Les teneurs en sel sont de l'ordre de 1 à 2 % pour la plupart des fromages, cependant certains fromages orientaux conservés en saumure ont des teneurs beaucoup plus élevées (8 à 15 %). Après le salage, le sel est concentré dans des couches superficielles et ce n'est que progressivement qu'il va migrer vers l'intérieur.

Plusieurs rôles sont attribués au chlorure de sodium ainsi incorporé au fromage. Il apporte le goût salé et possède la propriété d'exalter ou de masquer le goût de certaines substances formées au cours de la maturation. Il modifie l'hydratation des protéines ce qui a pour effet de favoriser le drainage du lactosérum et se traduit ainsi par un égouttage supplémentaire et la formation d'une croûte à la surface du fromage. L'égouttage ainsi réalisé, associé à la présence accrue de chlorure de sodium, a une incidence sur l'activité de l'eau du fromage qui va conditionner l'évolution microbologique à l'intérieur de la pâte comme en surface ainsi que les réactions chimiques et biochimiques. De ce fait, c'est l'affinage du fromage qui est préparé.

IV.2. Particularités en technologie de fromage à pâte molle

En fabrication de pâtes molles, le salage s'effectue à sec (saupoudrage à la main ou à la machine) ou en saumure par immersion dans un bain généralement saturé en sel [5]. Dans la mesure où le fromage n'est pas salé dans la masse avant le moulage, la prise de sel se fait par diffusion et donne lieu à un gradient de concentration centripète qui tend vers l'équilibre (1,5 à 2 %) en 3 jours pour un camembert salé à sec et 7 à 8 jours pour le même fromage salé en saumure [6].

Le salage à sec, à l'aide d'une machine tend à se développer en usine, en particulier pour la fabrication de camembert. L'investissement, la taille et l'entretien d'une saleuse au sel sec sont plus avantageux qu'un ensemble d'équipement avec des bains de saumure. Sans régénération, une saumure à pâtes molles peut être utilisée trois à quatre semaines, au-delà certains risques, surtout fongiques apparaissent.

La température de la saumure, en moyenne de 10 à 14 °C, ainsi que son agitation règlent la vitesse des échanges. La durée de saumurage, varie selon le format et la porosité des fromages. Elle permet de contrôler la teneur en sel du produit (**figure2**).

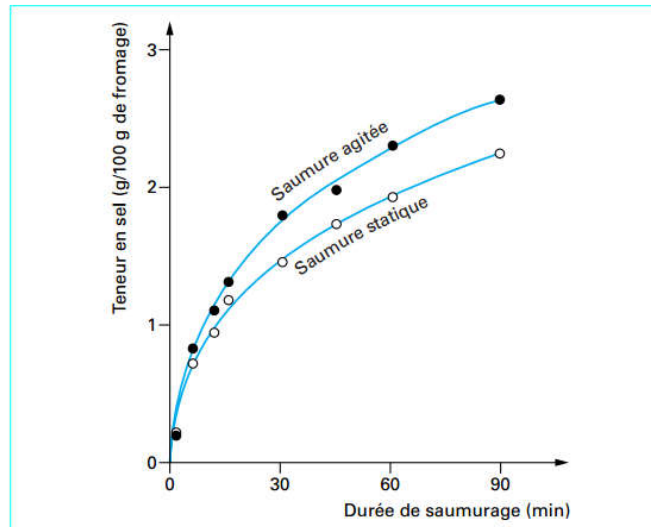


Figure 2 : cinétique de salage dans le cas d'une saumure statique et agitée

V. L'affinage

V.1. Généralités

L'affinage est un ensemble de réactions enzymatiques qui va progressivement transformer les constituants du fromage jeune obtenu en fin d'égouttage en une multitude de composés rendant la pâte plus ou moins onctueuse et fondante et lui conférant son arôme et son goût. Il débute avant même la fin de l'égouttage puisque le lactosérum de fin d'égouttage contient des produits de dégradation des caséines (CMP, fraction peptidique, NPN) pour se terminer sur la table du consommateur. Les enzymes responsables de la transformation ont trois origines :

- Celles présentes naturellement dans le lait ;
- Les agents coagulants ajoutés ;
- Celles des différents micro-organismes bactériens, levures et moisissures.

En agissant sur les principaux constituants du lait, le lactose, les triglycérides et les protéines, elles modifient profondément la texture du fromage jeune et contribuent à former tout un ensemble de composés qui donnent au fromage affiné sa saveur et son arôme. La **figure3** schématise l'ensemble des réactions intervenant lors de la transformation.

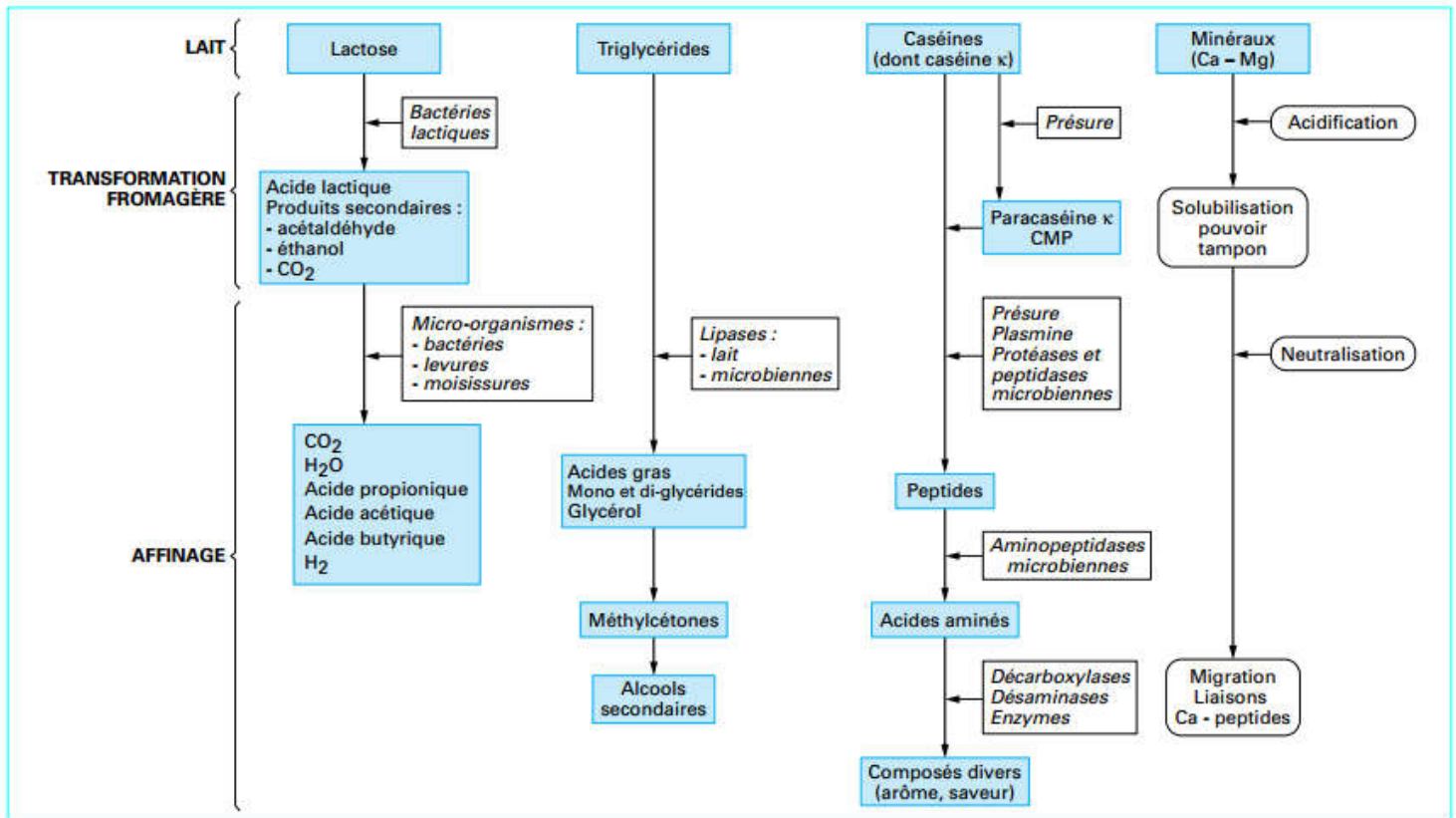


Figure 3 : réactions intervenant au cours de l'affinage du fromage

■ Le lactose est hydrolysé sous l'action de nombreux micro-organismes. La molécule, après pénétration dans la cellule du microorganisme est transformée en glucose et galactose puis dégradée par de nombreuses voies métaboliques. Le métabolite majeur obtenu est l'acide lactique sous la forme lactate jusqu'à 15 g par kg de fromage. Son rôle est déterminant puisqu'il règle le pH de la pâte, conditionne l'activité microbienne et enzymatique ainsi que les réactions chimiques et biochimiques.

D'autres voies de transformation du lactose conduisent à la formation de composés divers tels que : CO₂, eau, éthanol, acides acétique, formique et succinique, alcools, galactose. Le lactate est également transformé en acides acétique et propionique et en CO₂ par la fermentation propionique dans certains fromages à pâte cuite. La fermentation butyrique par *Clostridium tyrobutyricum* conduit à la formation d'acides butyrique et acétique, de CO₂ et H₂ et, lorsqu'elle est importante, elle nuit à la qualité de la texture et au goût des fromages.

■ La matière grasse subit également des transformations. Dans le lait, la matière grasse, essentiellement composée de triglycérides, se trouve sous forme globulaire protégée par une

membrane naturelle complexe, peu sensible aux actions des enzymes. Cependant, les globules sont relativement fragiles et les plus volumineux peuvent être scindés, lors de la transformation fromagère, en globules de plus petite taille et, dans ce cas, leur membrane est en partie composée de caséine qui peut être hydrolysée lors du processus d'affinage. La réduction de taille se réalise par des cisaillements ; elle peut être recherchée, comme au cours de l'homogénéisation, ou inhérente à la technique, comme lors de pompages et du passage dans les tuyauteries. L'action des lipases est alors plus aisée. Elles sont :

— D'origine naturelle : la lipoprotéine lipase présente dans le lait cru est thermolabile ; d'où une réduction importante de son activité après un chauffage de 70 °C pendant 16 s, et destruction à 80 °C pendant 10 s ;

— D'origine microbienne : les bactéries lactiques sont peu lipolytiques mais suffisamment pour participer à la caractérisation des fromages. Les levures et *Geotrichum candidum* ont des activités modérées et variées selon les espèces dans des zones de pH pouvant aller de 4,5 à la neutralité. Les moisissures sont les microorganismes les plus lipolytiques dans les fromages. Les *Penicillium camemberti* dans le cas des pâtes à croûte fleurie et roqueforti dans le cas des bleus ont des activités lipasiques plus marquées puisque l'on peut trouver jusqu'à 22 et 27 mEq acide pour 100 g de matière grasse respectivement dans le camembert et le roquefort ;

— Ajoutées au lait de fabrication lorsqu'une action lipasique intense est recherchée dans un petit nombre de fromages.

Les acides gras formés peuvent ensuite être modifiés par les micro-organismes, des enzymes ou la combinaison d'enzymes. Les composés les plus souvent identifiés dans les fromages sont des esters, des méthylcétones, des thioesters, des alcools secondaires, des lactones.

■ Les protéines subissent une série de transformations qui font apparaître des fractions peptidiques de masse moléculaire de moins en moins élevée, des acides aminés libres et des composés résultant du catabolisme de ces derniers. Ces transformations participent à la formation de la texture et de l'arôme du fromage. Trois catégories d'enzymes : les protéases coagulantes, la plasmine et les protéases et peptidases des micro-organismes, participent à la protéolyse.

Différentes méthodes analytiques permettent de caractériser la dégradation des protéines :

— les précipitations fractionnées : pour identifier les caséines intactes ou peu dégradées (insolubles à pH 4,6), les petits peptides et acides aminés (solubles dans l'acide trichloracétique à 12 %), l'azote ammoniacal ;

— les techniques électrophorétiques et chromatographiques ;

— les résines échangeuses d'ions pour séparer les acides aminés avant dosage.

Le fromager dispose de plusieurs moyens pour tenter d'orienter l'intensité de toutes ces réactions enzymatiques : humidité du fromage, température d'affinage, pH, composition de l'atmosphère.

● **L'activité de l'eau (aw)**, influencée par la teneur en eau et en sel essentiellement, est un facteur important du développement bactérien et de l'action des enzymes. En général, la diminution de l'aw a une action sélective sur certains micro-organismes, essentiellement ceux présents en surface : à faible aw (0,8), il est constaté une inhibition de *Geotrichum candidum*, des levures et des bactéries corynéformes.

● **La température** a également une très forte influence sur la croissance bactérienne et l'activité des enzymes. Les températures d'affinage courantes, 4 à 24 °C, sont inférieures aux températures optimales de développement des bactéries lactiques (25 à 45 °C) et de l'activité des enzymes (30 à 45 °C). Cependant, il ne suffit pas d'augmenter la température pour accélérer uniformément toutes les réactions. Il convient de mettre en place un cycle de température permettant le développement optimal de la dégradation des protéines et de la matière grasse et des qualités gustatives propres à chaque fromage.

● **Le pH** du fromage est un élément régulateur de la croissance des micro-organismes. En dessous de pH 5,0 seules les bactéries lactiques, les levures, les moisissures se multiplient. Ces deux derniers micro-organismes sont souvent utilisés pour leur activité désacidifiante pour remonter le pH de surface et ainsi permettre la croissance d'autres espèces : *Brevibacterium linens* par exemple.

● **Des échanges ont lieu entre l'atmosphère et la surface du fromage.** Le développement des micro-organismes tels que levures, moisissures, micrococccacées, bactéries corynéformes exige la présence d'oxygène. Cependant, le *Penicillium roqueforti* est capable de se développer dans une atmosphère pauvre en oxygène (5 %). La présence d'ammoniaque et/ou de gaz carbonique dans les hâloirs participe à l'orientation de l'affinage. De même, la

composition de l'atmosphère confinée comprise entre le fromage et son emballage joue un rôle essentiel, ce qui explique le développement de matériaux complexes permettant des échanges limités et orientés entre l'atmosphère à la surface des fromages et l'ambiance.

V.2. Particularités en technologie de fromage à pâte molle

L'affinage va permettre :

- un développement de la flore de surface ;
- la protéolyse et la lipolyse de la pâte ;
- le développement des qualités organoleptiques, flaveur et texture. De nombreux micro-organismes interviennent au cours de ces transformations complexes. Au début de l'affinage, alors que le caillé acide est essentiellement peuplé de bactéries lactiques (environ 10^9 g⁻¹), la surface du fromage se couvre d'une flore acidophile formée de levures (**tableau2**) et de *Geotrichum candidum*.

La teneur en lactose (environ 0,3 % au salage) diminue rapidement entre le 4^e et le 7^e jour, surtout en surface, lors du développement des levures et des moisissures. En technologie pâte molle, les teneurs en lactose résiduel sont très variables et fortement liées au type de caillé obtenu au démoulage ; elles diminuent quand on passe d'un caillé lactique à un caillé à caractère présure. La teneur en lactates métabolisés par les levures et les moisissures suit la même cinétique. Cette dégradation neutralise le pH du fromage. Dans une pâte de type camembert, le pH remonte rapidement et atteint en surface une valeur proche de 7 en fin d'affinage. Le développement d'un *Geotrichum* de forme moisissure limite l'épaisseur de la flore de surface. La tendance actuelle semble aller vers un ensemencement mixte de *Geotrichum candidum*, de levures d'affinage et de *Penicillium camemberti*.

Tableau 2 : espèces levuriennes intervenant dans l'affinage du fromage à pâte molle

Espèces levuriennes	<i>Kluyveromyces lactis</i>	<i>Candida utilis</i>	<i>Debaryomyces hansenii</i>
Fermentation :			
– glucose	oui	oui	non
– lactose	oui	non	non
Assimilation :			
– lactose	oui	non	oui
– lactates	oui	oui	oui
Neutralisation du pH	+	+++	++
Aromatisation	++	++	+
Croissance :			
– surface	+++	+++	+++
– profondeur	+++	+++	+
Température optimale	30 °C	21 à 30 °C	21 à 25 °C
Croissance à 12 °C ...	Faible	Faible	Ralentie/ bonne
Croissance à 4 °C	Nulle	Nulle	Nulle
pH optimal	4,5	5,5	5,8 à 6,0
NaCl optimal	2 %	1 à 4 %	3 à 4 %
Croissance à 4 %	++	+++	+++
Mode d'apport	Dans le lait, en pulvérisation sur le fromage	Dans le lait	En pulvérisation sur le fromage
Fromages concernés	Pâtes molles dont le pH au démoulage est < 4,9	Caillés lactiques ou cas particuliers	Pâtes molles à croûte lavée
(1) Effet : + faible, ++ moyen, +++ élevé			

Après 6 à 7 jours, les filaments mycéliens du *Penicillium* apparaissent et au bout de 10 à 12 jours le feutrage forme la couverture blanche, caractéristique des pâtes molles à croûte fleurie. L'activité protéolytique et lipolytique de la flore d'affinage participe à l'aromatisation du fromage. En fin d'affinage, la protéolyse d'un camembert au lait cru est particulièrement importante. L'indice d'affinage du camembert traditionnel, exprimé par le rapport azote soluble à pH 4,6/azote total atteint 30 à 40 % en fin d'affinage. La somme des acides aminés libres et de l'ammoniac représente plus de 10 % de l'azote total [7].

L'humidité relative de l'air des locaux influence directement la dessiccation des fromages. Les pertes de poids (freintes) sont comprises entre 5 et 8 % pour les pâtes molles à croûte fleurie affinées en 9 à 10 jours en hâloir à 12 à 13 °C et 94 à 95 % d'humidité relative.

Chapitre 2: Présentation générale de l'entreprise d'accueil

I. Présentation des domaines de Douiet

I.1. Les domaines Agricoles

Créées en 1960, les domaines agricoles sont aujourd'hui repartis sur l'ensemble du territoire marocain. De Dakhla à Berkane en passant par Marrakech, Beni-Mellal, Sidi Slimane, avec un effectif global de 2500 salariés sur tout le Maroc, les domaines agricoles comptent à ce jour plus de 250 cadres, opérant dans le secteur agricole et agro-alimentaire organisé en 9 filières intégrées : Agrumes, Arboriculture, Pépinières, Grandes cultures, Elevage (Bovin, Ovins, Caprins), Maraichage, Aquaculture, Apiculture, horticulture et plantes aromatiques.

I.2. Les domaines agricoles de DOUIET

I.2.1 Localisation

Une exploitation agricole, d'une superficie d'environ 700 ha, situé au Nord Ouest de la ville de Fès, à côté du village Douiet, caractérisé par la diversité de ses activités agricoles et alimentaires, avec un effectif qui varie de 700 à 1000 personnes. Cette exploitation est divisée en 3 zones : zone pour l'activité agricole, zone d'élevage, zone industrielle ayant le titre de la société «CHERGUI ».

I.2.2. Organigramme

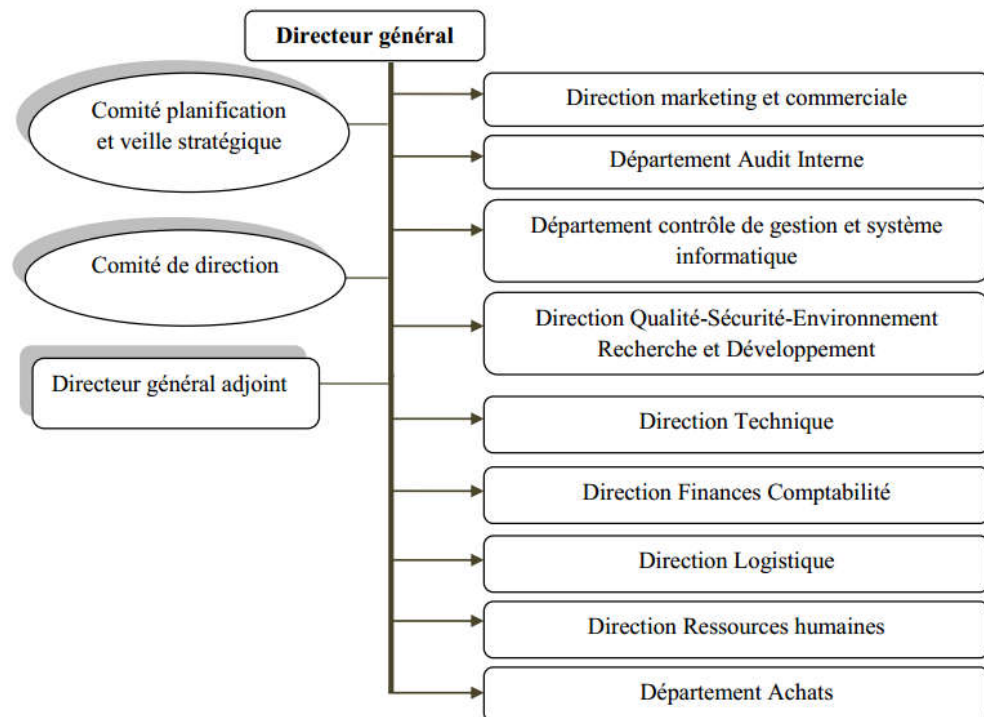


Figure 4 : organigramme des domaines agricoles de Douiet

I.2.3. Activités

Parmi les principales activités du Domaine on trouve :

- Les activités végétales (Fourrage et céréales), l'Élevage bovin, l'Élevage caprin, la production maraîchère.
- Activités agro-alimentaires : Transformation laitière, conservation de fruits, conditionnement des fruits et légumes.

Les domaines agricoles produisent et commercialisent une large gamme de produits. L'ensemble des activités s'est développé grâce à une série d'investissement visant à intégrer au maximum la production et de diversifier la gamme des produits, et pour atteindre certains objectifs en termes de production, l'entreprise s'est installée progressivement sur un nouveau site à Oued NJA spécialisé dans la production des produits laitiers frais.

I.2.4. Gamme de produits

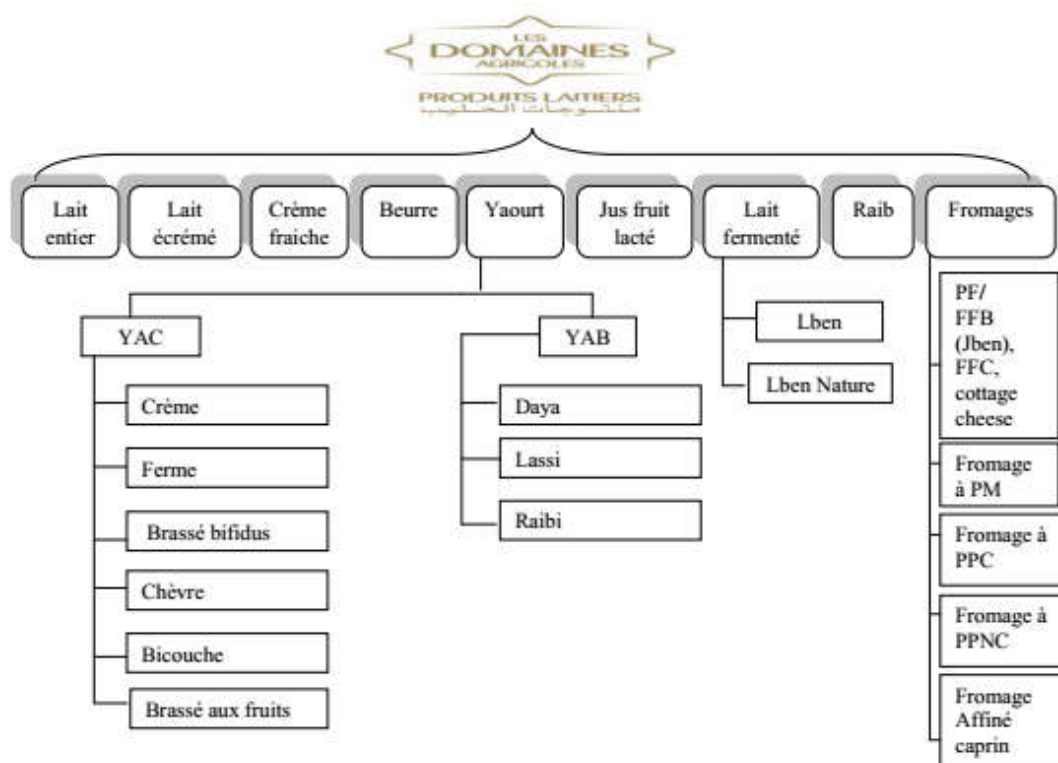


Figure 5 : gamme de produits de la société CHERGUI

Partie 2: Description et réglementation sur le fromage à pâte molle de type camembert



Chapitre1: Réglementation et norme pour le camembert



Chapitre2: Etapes conventionnelle de fabrication du camembert

Chapitre 1: Réglementation et normes pour le camembert

I. Description :

Le Camembert est un fromage à pâte molle, affiné en surface, principalement par des moisissures qui se présente sous la forme d'un cylindre plat.

La pâte a une couleur allant du blanc cassé au jaune pâle et une texture molle (lorsqu'on appuie dessus avec le pouce) mais non friable, affinée de la surface au centre du fromage. Les trous de gaz sont généralement absents, mais la présence de quelques ouvertures et fissures est acceptable. Une croûte molle, entièrement recouverte de moisissures blanches mais présentant parfois des taches de couleur rouge, brunâtre ou orange, se développe. Le fromage entier peut être coupé ou formé en morceaux avant ou après le développement des moisissures.

Pour le Camembert prêt à la consommation, la procédure d'affinage destinée à développer les caractéristiques de goût et de texture dure normalement 10 jours minimum à une température comprise entre 10 à 16 °C, en fonction du degré de maturité requis. D'autres conditions d'affinage (y compris l'ajout d'enzymes d'amélioration de l'affinage) peuvent être utilisées, pour autant que le fromage présente des propriétés physiques, biochimiques et sensorielles similaires à celles obtenues par la procédure d'affinage précitée. Il n'est pas nécessaire que le Camembert destiné à un traitement ultérieur possède le même degré d'affinage lorsque cela est justifié par des besoins techniques et/ou commerciaux.

II. Facteurs essentiels de qualité et de composition :

II.1. Matières premières

Lait de vache ou de bufflonne, ou leurs mélanges, et produits obtenus à partir de ces laits.

II.2. Ingrédients autorisés

- Cultures de départ de bactéries lactiques inoffensives et/ou bactéries productrices d'arômes, et cultures d'autres micro-organismes inoffensifs, y compris: *Geotrichum candidum*, *Brevibacterium linens*, et les levures;
- Présure ou autres enzymes coagulantes inoffensives appropriées;
- Chlorure de sodium et chlorure de potassium en tant que succédanés du sel;

- Eau potable;
- Enzymes inoffensives et appropriées pour l'amélioration du processus d'affinage;
- Adjuvants de fabrication inoffensifs et appropriés;
- Farines et amidons de riz, maïs et pomme de terre: nonobstant les dispositions de la Norme générale pour le fromage (CODEX STAN 283-1978), ces substances peuvent être utilisées pour la même fonction que les antiagglomérants pour le traitement de la surface des produits coupés, en tranches et râpés uniquement, pour autant qu'elles ne soient ajoutées que dans les quantités fonctionnellement nécessaires comme prévu par les bonnes pratiques de fabrication.

II.3. Composition du camembert :

Les modifications en matière de composition dépassant les minima et les maxima spécifiés ci-dessous pour la matière grasse laitière et la matière sèche ne sont pas considérées comme étant conformes. (CODEX STAN 206-1999)

Tableau 3: la composition en EST et MG du fromage

Constituant laitier	Teneur minimale (m/m)	Teneur maximale (m/m)	Niveau de référence (m/m)
Matière grasse laitière dans l'extrait sec:	30 %	Sans restriction	45% à 55%
Matière sèche:	En fonction de la teneur en matière grasse dans l'extrait sec, conformément au tableau ci-dessous.		
	Teneur en matière grasse dans l'extrait sec (m/m):	Teneur en matière sèche minimum correspondante (m/m):	
	Égale ou supérieure à 30 % mais inférieure à 40 %:	38 %	
	Égale ou supérieure à 40 % mais inférieure à 45 %:	41 %	
	Égale ou supérieure à 45 % mais inférieure à 55 %:	43 %	
	Égale ou supérieure à 55 %:	48 %	

II.4. Principales caractéristiques de taille et de forme

- Hauteur maximale: environ 5 cm;
- Poids: Cylindre plat entier (Camembert) environ 250g
Ou carré (Carré de Camembert): environ 80 g à 500 g.

II.5. Procédure d'affinage essentielle

La formation de croûte et la maturation (protéolyse) de la surface vers le centre sont essentiellement causées par le *Penicillium candidum* et/ou le *Penicillium camembertii* et le *Penicillium caseicolum*.

III. Additifs alimentaires

Seules les catégories d'additifs dont l'utilisation est justifiée selon le **tableau 4** ci-dessous peuvent être utilisées pour les catégories de produits spécifiées. Pour chaque catégorie d'additif autorisée par le **tableau 4** ci-dessous, seuls les additifs alimentaires mentionnés ci-après peuvent être utilisés et ce, uniquement pour les fonctions et dans les limites fixées.

Tableau 4 : additifs alimentaires autorisés dans la fabrication du camembert

Catégorie fonctionnelle d'additifs	Utilisation justifiée	
	Masse du fromage	Traitement de la surface/croûte
Colorants:	X ^(a)	-
Agents blanchissants:	-	-
Régulateurs de l'acidité:	X	-
Stabilisants:	-	-
Épaississants:	-	-
Émulsifiants:	-	-
Antioxydants:	-	-
Conservateurs:	-	-
Agents moussants:	-	-
Antiagglomérants:	-	-

(a) Uniquement pour obtenir les caractéristiques de couleur décrites à la Section 2.

X L'utilisation des additifs de cette catégorie est justifiée d'un point de vue technologique.

- L'utilisation des additifs de cette catégorie n'est pas justifiée d'un point de vue technologique.

No SIN	Nom de l'additif	Concentration maximale
Colorants		
160a(i)	Béta-carotène, synthétique	} 35 mg/kg seul ou en combinaison
160a(iii)	Béta-carotène, <i>Blakeslea trispora</i>	
160e	Béta-apo-8'-caroténal	
160f	Acide béta-apo-8'-caroténique, ester méthylique ou éthylique	
160a(ii)	Béta-carotène, légume	600 mg/kg
160b(ii)	Extraits de rocou – base de norbixine	25 mg/kg
Régulateurs de l'acidité		
575	Glucono-delta-lactone	Limitée par les BPF

Chapitre2: Etapes de fabrication du camembert

La fabrication du camembert est une succession d'opérations ayant pour but de concentrer les éléments du lait, et favoriser l'action des flores lactiques et d'affinage, Toutefois à chaque étape de la production, l'opérateur doit surveiller le lait et l'évolution du fromage afin de lui garantir une qualité finale irréprochable.

Tableau 5: les étapes conventionnelles d'élaboration du camembert

Etapes	Description	Paramètres contrôlés
Réception du Lait	<ul style="list-style-type: none"> le lait passe par un dégazeur et un pré-filtre, puis il est entraîné vers un tank à lait cru. Ces tanks doivent être équipés d'un système de réfrigération afin de maintenir le lait à une température inférieure à 4,5 °C. 	-Température du lait -pH -MG -EST -Test des antibiotiques
Préparation du lait	<ul style="list-style-type: none"> Ajustement en matière grasse. Ajustement de la matière protéique. Traitement thermique (75°C/30s). 	-Analyses microbiologiques -MG -EST -Température de sortie du pasteurisateur
Maturation à froid	<ul style="list-style-type: none"> Le lait estensemencé en ferments lactiques (Flora Danica). Le lait est additionné en CaCl₂ à une quantité ne dépassant pas 0,1g/L. Ensemencement avec des ferments d'affinage (<i>Penicillium candidum</i> + levures + <i>Geotrichum candidum</i>). Ensuite le lait est laissé dans une température de 12-14 °C pour une durée de 20 heures. 	-Quantité de ferments ajoutés -pH -Température du lait -Température et temps de maturation
Maturation à chaud	<ul style="list-style-type: none"> Le lait est chauffé à 35°C pour une durée entre 30 min jusqu'à 1h30 min. La flore lactique du lait se développe et acidifie le milieu par la fermentation du lactose. Cette maturation a pour but de contrôler le développement de la flore lactique et à préparer le lait à l'emprésurage. 	-pH du Lait -Température du lait
Emprésurage	<ul style="list-style-type: none"> L'ajout de la présure à un volume de 20-26ml/100L. 	-pH d'emprésurage -Température d'emprésurage -Dose de présure

Coagulation	<ul style="list-style-type: none"> • La gélification du lait sous l'action de la présure. • Cette étape se déroule à la même température de la maturation à chaud 35°C, pendant une durée de 45min. 	<ul style="list-style-type: none"> -Température de coagulation -Temps de coagulation
Décaillage et brassage	<ul style="list-style-type: none"> • Le lait coagulé, est découpé à l'aide d'un tranche-caillé le transformant en petits cubes de 1cm à 2cm. • Ainsi le caillé est brassé 3 fois d'une façon discontinue, pour but de perdre un maximum de lactosérum. 	<ul style="list-style-type: none"> -Intensité de décaillage -Temps de brassage
Moulage	<ul style="list-style-type: none"> • Après soutirage de 20-30% de lactosérum, le caillé est mis à l'aide d'une louche en moule cylindrique de 10,5 à 11 cm de diamètre. 	—
Egouttage	<ul style="list-style-type: none"> • L'égouttage du caillé est poursuivi en moule jusqu'à 8 heures. • 3 retournements sont nécessaires au cours du moulage pour que le fromage prend la forme du moule et pour déboucher les trous sur les parois du moule. 	<ul style="list-style-type: none"> -Température d'égouttage -Temps d'égouttage
Démoulage	<ul style="list-style-type: none"> • On enlève les moules à la fin d'égouttage. 	<ul style="list-style-type: none"> -pH de démoulage -EST de démoulage
Salage	<ul style="list-style-type: none"> • Le salage consiste à incorporer une fraction de 1 jusqu'à 2 % de sel dans le morceau de fromage. • Le salage est réalisé soit d'une façon sèche par saupoudrage du sel fin, soit en utilisant une saumure saturée. 	<ul style="list-style-type: none"> -Quantité de sel (saupoudrage) -Concentration de la saumure -Temps de saumurage
Ressuage	<ul style="list-style-type: none"> • Les morceaux de fromage séjournent dans un hâloir à une température de 14°C et HR de 85% équipé d'un ventilateur. • Le but de cette étape est d'évaporer une fraction d'eau à la surface du fromage 	<ul style="list-style-type: none"> -Température et hygrométrie d'hâloir -Temps de ressuage -EST
Affinage	<ul style="list-style-type: none"> • Le fromage est transféré vers un hâloir conçu pour l'affinage du camembert ayant une température de entre 12°C et 14°C et HR de 95%. 	<ul style="list-style-type: none"> -Température et HR de l'hâloir -Temps d'affinage -pH du fromage -EST -G/S -Analyses microbiologiques

Partie 3: Essais d'optimisation des conditions de fabrication du camembert



Chapitre1: Etude des paramètres physico-chimiques du camembert au cours de la fabrication



Chapitre2: Diagramme final de fabrication du fromage

Chapitre 1: Etude des paramètres physico-chimiques du camembert au cours de la fabrication

I. Influence des conditions de fabrication sur les paramètres physico-chimiques du produit final

Les caractéristiques finales d'un fromage sont liées aux différents stades parcourus lors de sa fabrication, en effet les étapes de fabrication du camembert influencent fortement son comportement au cours de l'affinage. Selon **L.Vassal et al 1986 [8]** le pH est le premier paramètre influant sur les modifications de la texture au cours de l'affinage, suivi de l'EST qui contribue aussi dans la variation du comportement du fromage.

Pour caractériser les fromages obtenus par les différents procédés proposés, nous avons mesuré les paramètres suivants :

- Le pH est mesuré par un pH-mètre. l'électrode est introduit au cœur du fromage pour obtenir la valeur à l'intérieur et aussi à la surface du produit fini ;
- L'EST du produit fini déterminé par la méthode gravimétrique (**voir annexe**) ;
- La matière grasse du produit fini déterminé par la méthode de gerber (**voir annexe**).

I.1. Influence des conditions de fabrication sur le pH

Pour déciller les étapes qui ont une influence sur le pH final du camembert, nous avons choisi dans cette étude 3 étapes susceptibles d'avoir une influence sur ce dernier (l'ensemencement, l'égouttage et l'affinage). 23 essais ont été réalisés au sein de l'atelier de fabrication en utilisant le lait pasteurisé et le lait cru comme étant matière première, et qui sont tousensemencé par *Penicillium Candidum*.

I.1.1. Résultats

Le **tableau6** représente les différents essais réalisés avec les résultats trouvés à l'intérieur et à la surface du fromage.

Tableau 6: la conduite des essais pour estimer l'influence des opérations de fabrication sur le pH

ESSAI	Nature du lait	Ferments additionés	T° Egouttage	T° Affinage	Temps d'affinage	pH à la surface	pH au profondeur
1	Lait pasteurisé + Cru	FL	6	7	20	5,68	4,54
2	Lait Pasteurisé	FL	6	7	20	5,34	4,58
3	Lait Pasteurisé	FL	6	7	20	5,67	4,63
4	Lait pasteurisé + Cru	FL	6	7	20	5,56	4,5
5	Lait Pasteurisé	FL	6	7	20	5,78	4,46
6	Lait pasteurisé + Cru	FL	6	7	20	6,02	4,62
7	Lait pasteurisé + Cru	FL	6	7	20	5,78	4,51
8	Lait Pasteurisé	FL	6	14	7	5,56	4,76
9	Lait Pasteurisé	FL+FA	6	14	14	6,8	5,95
10	Lait Pasteurisé	FL+FA	6	14	7	5,55	4,81
11	Lait Pasteurisé	FL+FA	6	14	14	6,46	5,43
12	Lait Pasteurisé	FL+FA	6	14	7	5,49	4,82
13	Lait Pasteurisé	FL+FA	6	14	14	6,16	5,81
14	Lait Pasteurisé	FL+FA	6	14	7	5,55	4,8
15	Lait Pasteurisé	FL+FA	25	14	14	6,3	5,96
16	Lait Pasteurisé	FL+FA	25	14	7	5,53	4,89
17	Lait Pasteurisé	FL+FA	25	14	14	6,28	5,78
18	Lait Pasteurisé	FL+FA	25	14	7	5,53	4,75
19	Lait Pasteurisé	FL+FA	25	14	14	6,1	5,23
20	Lait Pasteurisé	FL+FA	25	14	7	5,58	4,43
21	Lait Pasteurisé	FL+FA	25	14	14	6,32	5,59
22	Lait Pasteurisé	FL+FA	25	14	7	5,55	4,83
23	Lait Pasteurisé	FL+FA	25	14	14	6,11	5,53

Nous avons utilisé les résultats du **tableau 6** pour réaliser une étude statistique. Cette étude va permettre de visualiser les corrélations entre les facteurs et la valeur du pH du fromage, cela permettra par la suite d'interpréter et sortir par des conclusions.

I.1.2. Traitement statistique des résultats :

Pour mieux représenter les données obtenues et faciliter l'interprétation des résultats nous avons choisi un traitement statistique par l'analyse en composantes principales (ACP), les données sont traitées par le logiciel **XLStat 2016**.

Les pourcentages d'inertie obtenue par les axes sont présentés sur la **figure6**, la contribution des axes (F1 avec **52,18%**, F2 avec **32,74%**) est de **84,92%**. La représentation

graphique ainsi résume la majorité des informations contenues dans le jeu de données d'origine. Nous allons nous focalisé sur les axes F1 et F2 pour l'interprétation des données.

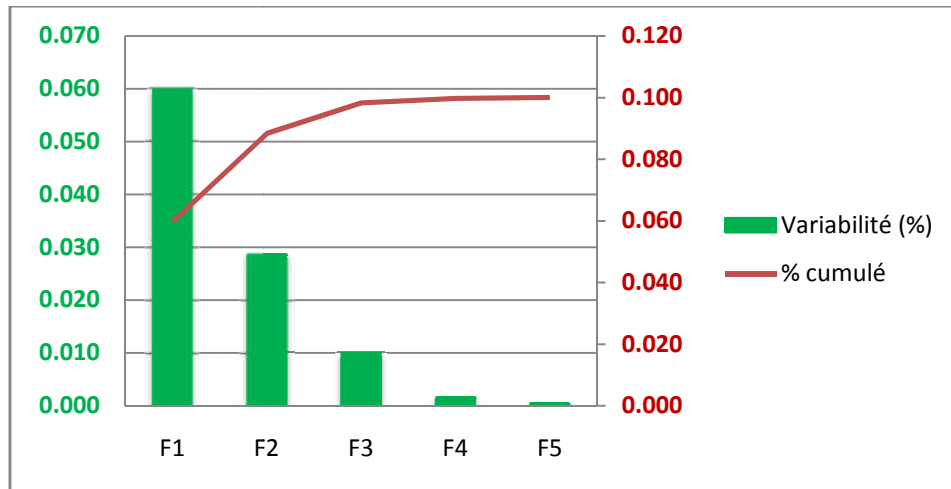


Figure 6 : les pourcentages d'inertie obtenus pour les axes

Le biplot obtenu après l'analyse des résultat par ACP (**figure7**) montre la corrélation des facteurs selon les deux dimensions :

- La première dimension est représenté par la T° d'affinage et la nature des ferments utilisés ;
- La deuxième dimension est représenté par le temps d'affinage du fromage .

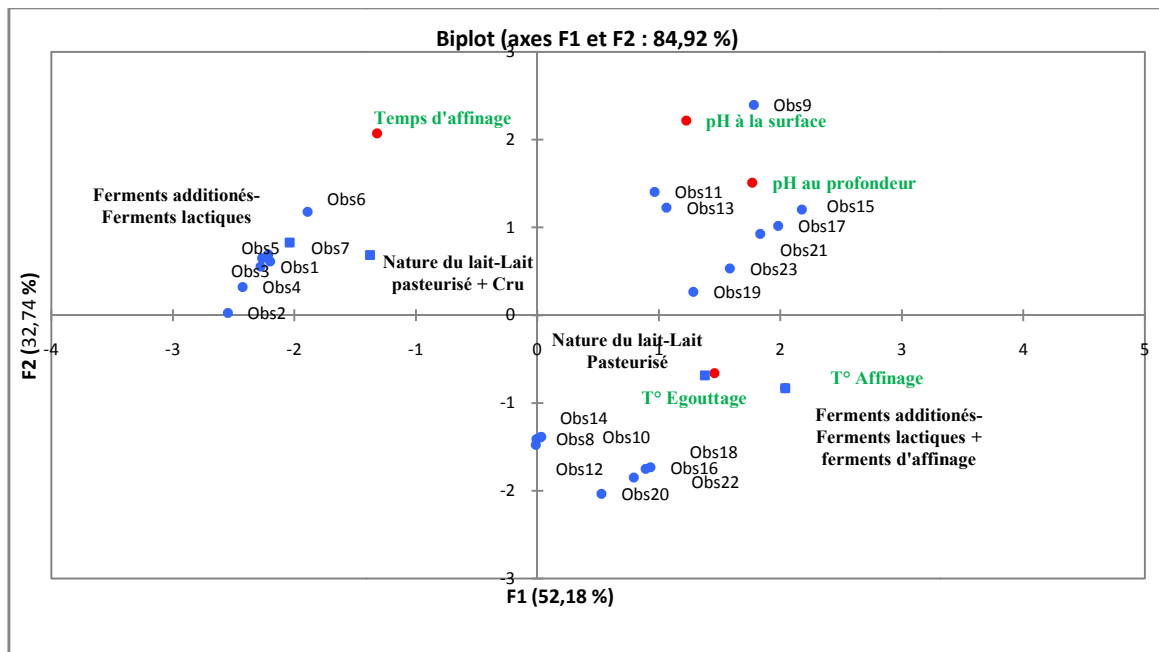


Figure 7 : représentation en biplot de l'ensemble des résultats concernant le pH

I.1.3. Interprétations :

Comme on peut le constater d'après la **figure7** que le pH du fromage à 2 facteurs principaux d'influence :

L'utilisation des ferments d'affinage : L'ensemencement du lait utilisé pour la fabrication du camembert avec des ferments d'affinage, à savoir *Geotrichum candidum* et levures d'affinage, a permis la désacidification de la pâte au cours de l'affinage. En effet ces ferments ont la capacité de se développer dans un milieu concentré en sel, de 1 jusqu'à 2 gramme par 100g, et ayant un pH inférieur à 5 au contraire des souches lactiques qui sont inhiber à ce stade.

Le rôle des souches d'affinage est de faire remonter le pH durant l'affinage, et cela par un métabolisme de l'acide lactique (produit précédemment par les bactéries lactiques) en différents composés dont certains sont basiques, volatils ou qui confèrent au fromage un goût et un arôme unique.

Dans nos premiers essais nous avons ensemencé le lait pasteurisé avec une fraction de 20% du lait cru, sans utilisation des ferments d'affinage, pour but d'évaluer la capacité de la flore de ce dernier à participer au processus d'affinage et la désacidification du cœur de fromage, néanmoins les résultats finaux, et comme le montre le biplot, affirment que cet ensemencement n'avait pas d'effet sur la variation du pH au cours de l'affinage, ce qui revient à dire que le lait cru est pauvre en ferments capables de participer à l'affinage du camembert.

Le pH de surface du camembert est peu dépendant de l'utilisation des ferments d'affinage, du fait qu'il est en relation avec la souche *Penicillium Candidum* qui colonise la surface du fromage dans les 6 premiers jours.

Température d'affinage /Temps d'affinage : pour s'affiner le camembert doit être mis dans des conditions favorables d'affinage avec un contrôle de son évolution dans le temps.

Concernant la température utilisée pour l'affinage, le changement de 7°C à 14°C a remarquablement influencé l'affinage du fromage, Étant donné que si on compare le pH finale des fromages on constate que la maturation à 14°C donne un pH à la profondeur élevé en fin

d'affinage dépassant 5, bien que le pH à la surface est moins influencé par se changement de température.

En effet la température est l'un des facteurs régulateurs de la croissance microbienne et de l'activité enzymatique. Néanmoins, chaque type de réaction particulière nécessite une gamme de température optimale. En effet, les moisissures se développent favorablement à 20-25°C, les bactéries lactiques mésophiles à 30-35°C. L'optimum d'activité pour les lipases se situe entre 30 et 35°C alors qu'il est plus élevé dans le cas des protéases (40–45°C). [9]

Les caractéristiques finales du camembert dépendent étroitement de la durée d'affinage. Dans notre cas le pH du fromage suit une augmentation dans le temps au fur et à mesure que les enzymes dégradent l'acide lactique et exercent leurs activités protéolytique et lipolytique. Bien que ces activités ne s'arrêtent pas après l'affinage, le fabricant est amené à déterminer un temps idéal après lequel le camembert est prêt à être commercialiser.

Seules les essais (9, 11, 13, 15, 17, 19, 21,23) qui ont été ensemencé par des ferments d'affinage et ayant été affiné à une température convenable et pendant une durée assez longue, ont connus une augmentation du pH importante, présentant donc un affinage adéquat.

I.2. Influence des conditions de Fabrication sur l'extrait sec total

La modification de l'extrait sec du fromage se fait à travers plusieurs étapes de fabrication, en effet la production du fromage s'agit d'une concentration d'éléments solides du lait, par conséquent la façon de concentrer ces éléments se répercute sur EST final du produit.

Nous avons entamé une étude pour évaluer la variation de l'extrait sec total des fromages vis-à-vis divers conditions de fabrication, pour cela nous avons choisi 5 étapes durant lesquels l'extrait sec est modifié d'une façon remarquable. Un nombre de 23 essais ont été réalisés dans l'atelier de fabrication du fromage en utilisant un lait pasteurisé comme étant matière première.

I.2.1. Résultats

Le **tableau7** représente les différentes conditions de fabrication utilisés et les résultats associés à chaque procédé.

Tableau 7: la conduite des essais pour estimer l'influence des opérations de fabrication sur l'EST

ESSAI	CaCl2 (g)	Volume de caillé (cm)	T° Egouttage (°C)	Salage (g)	T° Affinage (°C)	Temps d'affinage (jours)	EST g/100g	MG g/100g	G/S
1	0	1,5	6	5	7	20	44,5	23,5	0,528
2	1	1,5	6	5	7	20	42,8	24,0	0,561
3	1	1,5	6	5	7	20	43,4	24,0	0,553
4	1	1,5	6	2	7	20	43,6	23,5	0,539
5	0	1,5	6	2	7	20	44,5	25,0	0,562
6	0	1,5	6	5	7	20	45,2	23,5	0,520
7	1	1,5	6	2	7	20	43,2	24,0	0,556
8	1	2	6	3	14	7	46,0	24,5	0,533
9	1	2	6	3	14	15	48,5	25,5	0,526
10	1	2	6	5	14	7	45,0	24,5	0,544
11	1	2	6	5	14	15	47,0	25,5	0,543
12	1	1	6	3	14	7	44,0	24,0	0,545
13	1	1	6	3	14	15	47,5	24,5	0,516
14	1	1	6	5	14	7	46,0	24,5	0,533
15	1	1	25	5	14	15	52,0	24,0	0,462
16	1	2	25	3	14	7	46,0	25,0	0,543
17	1	2	25	3	14	15	48,0	25,0	0,521
18	1	2	25	5	14	7	45,5	25,0	0,549
19	1	2	25	5	14	15	47,5	25,0	0,526
20	1	1	25	3	14	7	43,0	23,5	0,547
21	1	1	25	3	14	15	49,0	25,0	0,510
22	1	1	25	5	14	7	46,0	23,0	0,500
23	1	1	25	5	14	15	50,0	25,0	0,500

Nous avons utilisé les résultats du **tableau 7** pour réaliser une étude statistique. Cette étude va permettre de visualiser les corrélations entre les facteurs et la valeur de l'EST du fromage, cela permettra par la suite d'interpréter et sortir par des conclusions.

I.2.2. Traitement statistique des résultats :

Les résultats sont représentés en graphique sur la base d'une analyse en composantes principales, le traitement des données est effectué par le logiciel **XLStat 2016**.

Les pourcentages d'inertie obtenus par les axes sont présentés sur la **figure8**, la contribution des axes (F1 avec **42,56%**, F2 avec **20,34%**) est de **62,34%**. La représentation graphique ainsi résume la majorité des informations contenues dans le jeu de données d'origine, nous allons nous focaliser sur les axes F1 et F2 pour l'interprétation des données.

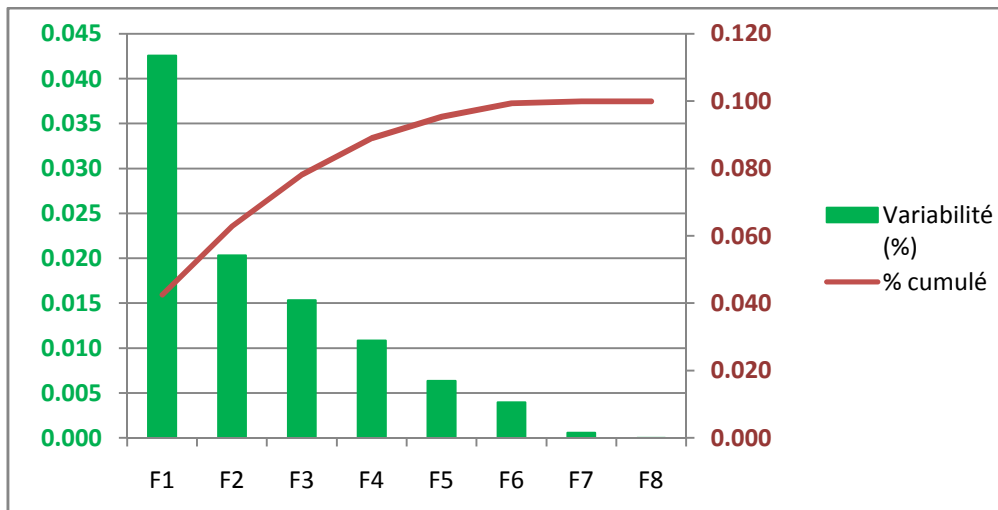


Figure 8 : Les pourcentages d'inertie obtenus pour les axes

Le biplot obtenu par l'ACP montre les corrélations suivantes :

- Dans la première dimension on trouve de la côte positive, la température d'égouttage et la température d'affinage corrélé négativement avec le temps d'affinage;
- la deuxième dimension comprend de la cote positive la taille du caillé corrélé négativement avec le salage.

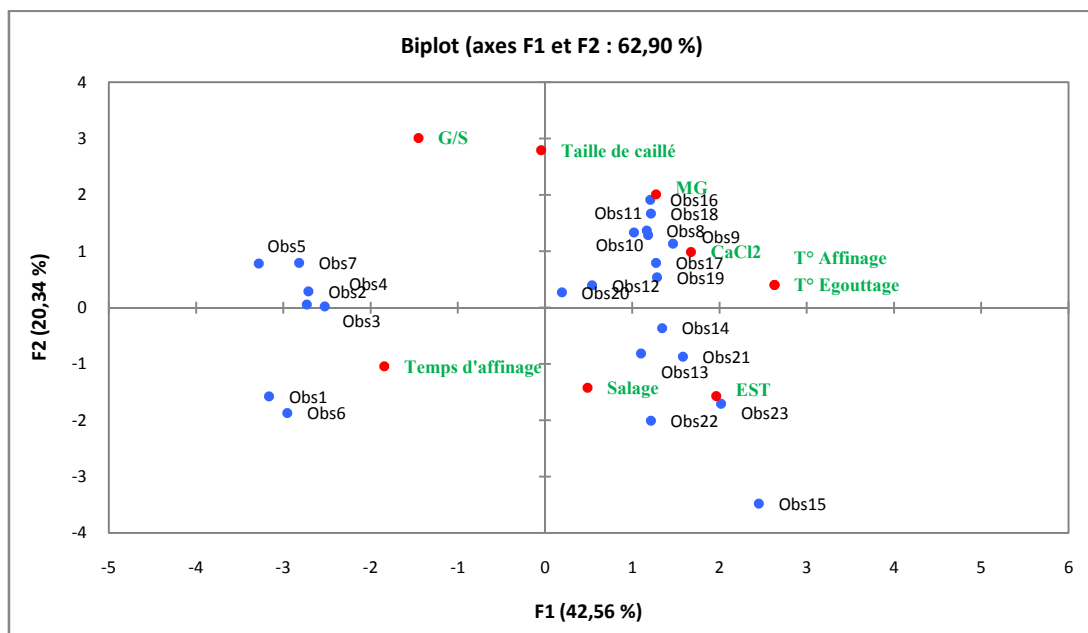


Figure 9 : Représentation en biplot de l'ensemble des résultats concernant l'EST

I.2.3. Interprétations :

L'extrait sec total du fromage est conditionné par 4 facteurs à savoir, la taille du caillé, température d'égouttage, température d'affinage et le salage.

Taillé de caillé après le décaillage : le tranchage est un facteur mécanique très actif sur l'égouttage et la concentration d'éléments du lait. En effet plus le tranchage du caillé est intense plus l'exsudation du lactosérum sera important par conséquent un EST élevé.

Température d'égouttage : la chaleur favorise les réactions dans le coagulum au cours d'égouttage ce qui accentue la capacité de la trame protéique à se contracter, diminue la viscosité du sérum et a pour effet de favoriser l'expulsion du sérum.

Temps d'affinage : les échanges de matière entre le fromage et son environnement au cours de l'affinage engendrent des pertes en composés volatils comme l'eau, l'ammoniac et les acides gras, influençant par la suite la composition finale du fromage, une durée d'affinage assez longue aura un impacte sur l'EST ,et engendrer des freintes plus importantes.

Température d'affinage : Les échanges entre le fromage et son milieu extérieur est très dépendant de la température, les basses températures en effet limitent les pertes en eau et préserve l'humidité du fromage, au contraire l'augmentation de la température d'affinage s'accompagne d'une stimulation des pertes en eau c'est-à-dire un dessèchement du fromage de plus en plus important.

En addition des facteurs cités et étudiés, l'humidité du locale d'affinage permet de gérer ces pertes en eau et à limiter les pertes en eau, mais pour des raisons techniques Nous avons travaillé avec un seul taux d'humidité ne dépassant pas 80%.

Le but d'utilisation de CaCl_2 se résume dans le fait que ce composé empêche la désintégration et la solubilisation des protéines dans le lactosérum au cours de la coagulation, cela améliore le rendement fromager. Selon **AMRAM *et al* (1982)** et **REMEUF (1994) [10]**, le CaCl_2 a pour effets, la réduction de la résistance du gel, l'accroissement de la vitesse de raffermissement, une meilleure cohésion du caillé et une forte diminution des pertes du coagulum dans le sérum. L'étude du rendement n'était pas incluse dans nos travaux, donc nous avons considéré que CaCl_2 n'as pas d'effet remarquable sur l'affinage du fromage.

II. Variation des paramètres physico-chimiques au cours de l'affinage

Les variations au cours de l'affinage sont en relation avec les opérations qui précèdent celle-ci, pour mieux visualiser ce qui se passe au cours de cette étape nous avons effectué un suivi du poids, EST et de pH pour 2 fabrications différentes pendant une durée de 15 jours (**tableau8**).

Tableau 8: conditions d'élaboration des fromages objet du suivi au cours leur affinage

Essais	Laits	Ferments	Décaillage (cm)	T° Affinage (°C)
Essai1	laits pasteurisé	FL	2	6
Essai2	laits pasteurisé	FL+FA	2	14

Nous avons réalisé le suivi du pH, extrait sec total et poids, dans deux conditions différentes :

- Le premier essai présente une situation défavorable au développement d'un affinage adéquat.
- Le deuxième essai présente les conditions améliorées que nous avons proposées.

II.1. Résultats :

Les suivis effectués sont représentés sur les deux graphes ci-dessous **figure10**.

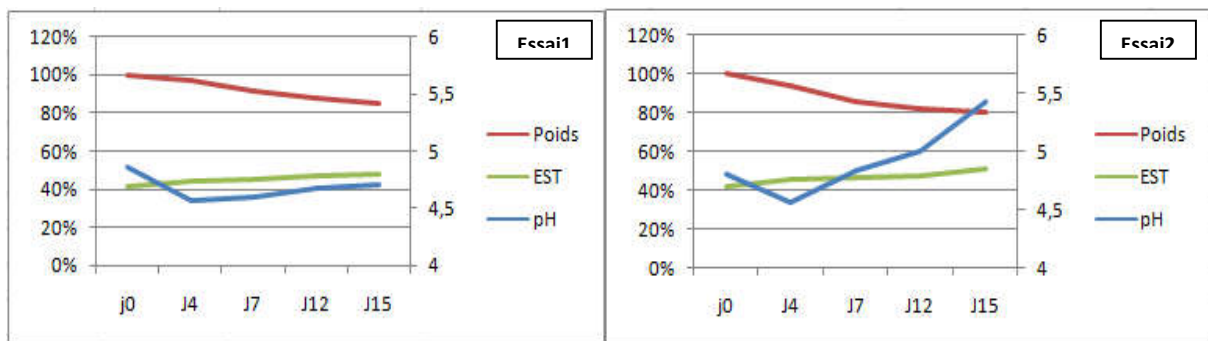


Figure 10: Représentation de la variation d'EST, Poids et pH au cours de leur affinage

II.2. Interprétations :

D'après la **figure10** nous remarquons que l'évolution des deux essais au cours de la maturation n'était pas de la même ampleur, ils ont abouti à des caractéristiques finales différentes.

Tableau 9: résultats du suivi des fromages au cours de l'affinage

Essais	EST	Perte en poids	pH finale (pâte)
Essai1	47,96%	-15%	4,72
Essai2	50%	-20%	5,43

Ces résultats expliquent mieux l'effet qu'exercent d'une cote, les ferments d'affinage sur l'évolution du pH finale du produit, et d'autre cote la température d'affinage qui provoque la freinte et une augmentation d'EST final du produit.

– **Evolution du pH :** en analysant les deux graphiques on constate que dans les deux cas l'affinage commence par une phase au quelle le pH continu à descendre, puis remonte après 4 à 6 jours d'affinage.

En comparant l'évolution du pH de la pate pour les deux fabrications on peut confirmer que l'ensemencement par des ferments d'affinage et une application d'une température de 14°C conduisent à une désacidification de la pate donc à une maturation de fromage.

– **Evolution du poids :** on constate que le poids suit une décroissance dès le premier jour d'affinage, la descente du poids est plus intense au cours des premiers jours, puis il a tendance à se stabiliser dans les derniers jours d'affinage.

Les pertes en poids est plus importante au cours d'affinage à 14°C en comparaison à 7°C, se qui signifie que le froid limite les pertes en eau et préserve mieux le fromage contre la dessiccation.

– **Evolution de l'EST :** concernant l'extrait sec total du fromage, ce paramètre augmente en continu suite aux pertes d'humidité du fromage au cours de l'affinage.

L'augmentation de l'EST est une conséquence de la perte en poids du fromage, entre autres l'eau est l'élément qui condition les pertes en poids du fromage.

Chapitre 2: Diagramme final de fabrication du fromage

Les résultats de l'étude précédente nous a permis de proposer un diagramme de fabrication final susceptible de donner les caractéristiques physico-chimiques voulu et comparables aux produits de commerce.

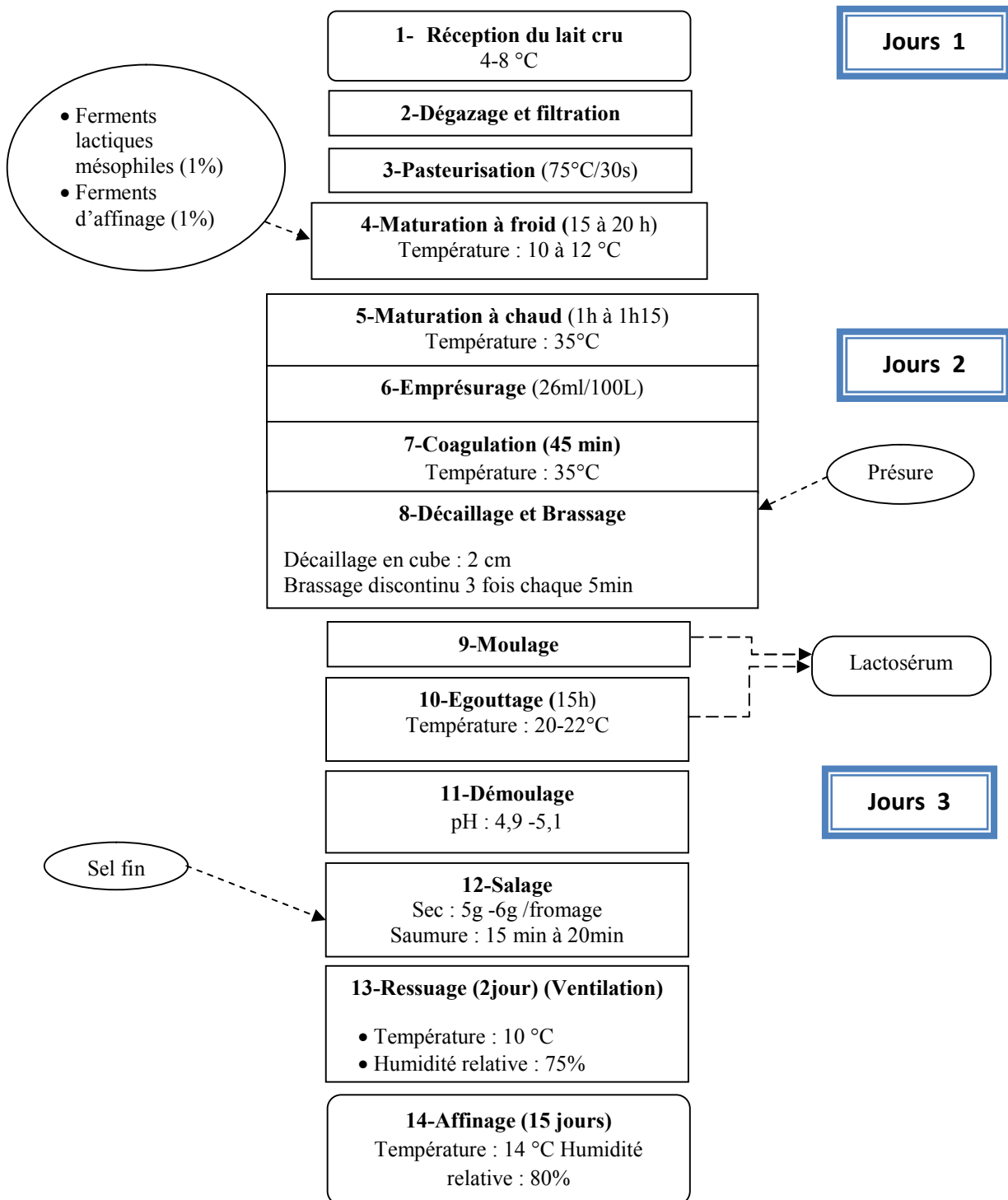


Figure 11 : diagramme final de fabrication du Camembert

La **figure 11** illustre les différentes étapes de fabrications du camembert avec les paramètres appliqués au cours de chaque étape.

Matériel :

- Cuves en plastique de 25 L
- pH-mètre
- Un bain chaud à 35-37°C alimenté en vapeur d'eau
- Thermomètre
- Bloc moules /réhausse diam 108
- Plateau inox 4 goulottes
- Louche
- Ferments lactiques
- Ferments d'affinage
- Cacl

Résultats :

La **figure 12** montre le fromage obtenu après par le processus proposer ultirieurement , après 15 jours d'affinage dans un haloir à 14 °C et HR de 80% .



Figure 12: fromage de type camembert élaborer par le processus de fabrication proposé

Le **tableau10** ci-dessous représente les résultats physico-chimiques obtenu après analyse du produit fini et 2 produits de commerce, fromital et président.

Caractéristiques finaux du produit final comparé aux produits de commerce :

Tableau 10: comparaison entre le camembert fabriqué et des camemberts commerciaux

Caractéristiques	Produit final	Camembert fromital	Camembert Président
Date de production	23/04	28/03	27/02
pH à l'intérieur	5,26	5,46	6,03
EST	49%	45%	46%
MG	25%	24%	24%
G/S	51%	53,3%	52,1%

En comparant notre produit aux produits de commerce en constate que :

- Notre produit à un pH au niveau de la pâte inférieur à celui trouvé chez les produits de commerce.
- Un EST plus important dû à une perte important en eau au cours de la fabrication.

Partie 4: Analyse des dangers et conception d'emballage pour le produit fini



Chapitre 1: Vérification des programmes préalables et analyse des dangers selon la méthodologie HACCP



Chapitre 2: Conception d'emballage et d'étiquetage du produit fini

Chapitre 1: Vérification des programmes préalables et analyse des dangers selon la méthodologie HACCP

I. Vérification de programmes préalables

Avant d'analyser les différents dangers susceptibles d'altérer la qualité du camembert au cours de sa fabrication, une évaluation des programmes préalables est nécessaire, ayant comme but la mise à niveau de l'entreprise à travers un diagnostic et une évaluation de l'existant.

Pour évaluer ces programmes nous avons mis au point une check-list basée sur les exigences du *codex alimentarius* (**tableau 11**)

Tableau 11: Extrait de la grille d'évaluation des programmes préalables

Code	Chapitre et exigences	Note	Situation actuelle	Observation
3	Hygiène des équipements et ustensiles.			
3,1	Conception générale et installation de l'équipement			
3.1.1	Les matériaux des équipements et ustensiles résistent à la corrosion	S	L'équipement utilisé à l'usine est en inox inoxydable et en plastique.	
3.1.2	les surfaces alimentaires sont non absorbantes lisses, non toxiques, inaltérables et résistent à des nettoyages répétées	S	Les surfaces alimentaire sont en inox inoxydable, lisse et facile a nettoyé, ne présentant aucun dangers pour les aliments.	
3.1.3	l'équipement est accessible au nettoyage, l'assainissement, l'entretien et l'inspection	S	L'ensemble des équipements sont accessible pour un nettoyage et un assainissement complet.	
3.1.4	L'équipement doit toujours être propre et conforme au programme d'assainissement.	PS	Le programme d'assainissement n'est pas toujours respecté par le personnel Le matériel est maintenu dans un bon état de propreté.	Le personnel est amené à respecté les procédures de nettoyage.
3.1.5	Les équipements pour matière non comestibles ne sont pas utilisés pour les matières comestibles.	S	Chaque équipement à une utilisation bien spécifique.	

Formule de calcul des pourcentages de satisfaction :

$$PS = \frac{NES \cdot 1 + NEPS \cdot 0,5 + NENS \cdot 0}{NET}$$

Le diagnostic effectué au niveau de l'atelier de fabrication du fromage au sein de la société CHERGUI a donné comme résultats :

Tableau 12: Calculs des pourcentages de satisfaction pour chaque rubrique

Rubriques	Nombre d'exigences	Scores	Pourcentage de satisfaction
Hygiène des locaux	34	25	75,76%
Hygiène relative au transport et entreposage	12	9	75%
Hygiène des équipements et ustensiles	5	4,5	90,00%
Hygiène du personnel	12	10,5	87,50%
Nettoyage et désinfection et lutte contre les nuisibles	9	6	77,78 %
Système de traçabilité et retrait	13	11,5	88,46%

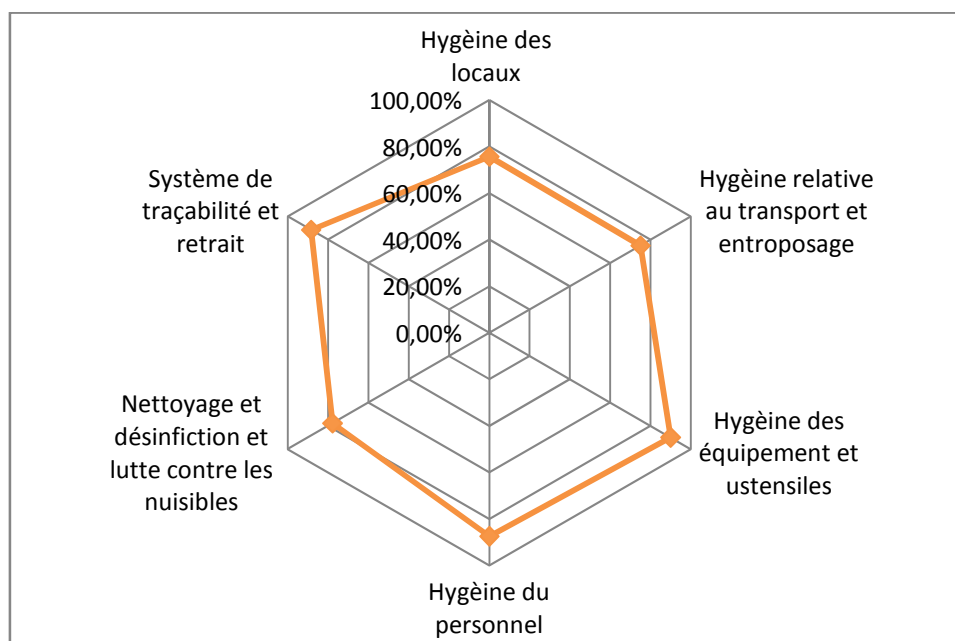


Figure 13 : Représentation radar des pourcentages de satisfaction des rubriques

Pour remédier aux lacunes repérer au cours de l'audit réalisé nous avons proposé certaines actions correctives :

1- Hygiène des locaux

- Dépôt des déchets dans des contenants d'ordures automatisés ;
- Quelques matériaux de mur et plafonds et planchers doivent être améliorés ;
- Les ventilateurs doivent être maintenu en marche pour éliminer la vapeur et les odeurs dégagées au cours de la fabrication ;
- S'approvisionner en contenant de déchets, et les placés dans différents parties d'usine ;
- Les installations de lavage des mains doit être remplis en continu par une personne auquel cette tâche va être confié ;

2- Hygiène relative au transport et entreposage

- Entreposage des produits chimiques loin des produits alimentaires ;
- Manipulation des produits chimiques par des personnes autorisés seulement ;

3- Hygiène des équipements et ustensiles

- Le matériel de travail doit être maintenu propre suivant un programme d'assainissement.

4- Hygiène du personnel

- Mise en place d'une armoire à pharmacie avec un entretien périodique ;
- Définir une fréquence à laquelle le personnel change périodiquement de vêtements de travail ;
- Sensibilisation du personnel hors production aux règles de base en matière d'hygiène.

5- Nettoyage et désinfection et lutte contre les nuisibles

- Elaboration de procédure détails d'assainissement de tout ce qui risque de contaminer les produits alimentaires ;
- Evaluation et contrôle du programme de lutte contre les nuisibles ;
- Protection des aliments de toute contamination ayant comme source les produits chimiques.

6- Système de traçabilité et retrait

- Etablissement d'une liste comprenant les membres d'équipe chargé de rappel, leurs rôles et leurs responsabilités.

II. Analyse des dangers selon le plan HACCP

Le diagnostique d'évaluation des PRP nous a permis de vérifier que le taux de satisfaction de l'ensemble des rubriques dépasse un pourcentage de **75%** se qui reflet un respect et une amélioration continue de l'atelier.

Sur la base de ces programmes un plan HACCP est construit, pour but d'analyser les dangers le long de la chaîne de fabrication du camembert.

II.1. Enumération des dangers

Dans cette étape, nous avons identifié et répertorié tous les dangers potentiels liés à chaque étape de la production, puis nous avons évalué chacun de ces dangers et recherché leurs causes.

Tous les dangers raisonnablement prévisibles liés à la sécurité du produit, ainsi que leurs niveaux acceptables sont pris en considération.

Méthodologie de l'évaluation : L'évaluation des dangers a été faite en calculant l'indice de criticité défini comme suit : Nous avons opté pour la notation une échelle de 1 à 4.

$$\text{Criticité} = \text{Gravité} \times \text{Fréquence d'apparition} \times \text{Déteçtabilité}$$

Tableau 13: échelle de notation pour évaluation des dangers

Notation	Gravité	Fréquence	Déteçtabilité
1	Gravité mineur sur la santé du consommateur	Très faible probabilité d'apparition du danger. (une fois par an)	Facile (1 heure pour déteçter au maximum)
2	Gravité majeur : Cas isolés, aucunes incidences durables	Apparition occasionnelle (une fois par mois)	Moyennement déteçtable (environ 48 heures)
3	Critique : Nombreuses personnes touchées, incidences durables ou à long terme	Forte probabilité (une fois par semaine)	Non déteçtable
4	Catastrophique: Mort d'homme, ou maladie chronique	Très forte probabilité	

La valeur de criticité minimale que nous avons définie est de **10**. Tout danger dépassant cette limite critique est considéré comme danger significatif, est seuls qui seront traités dans la détermination de points critiques de contrôle CCP. Nous avons tracé un tableau dans lequel figure les différents dangers de la chaîne de fabrication, avec leur criticité et une indication de leurs causes. (Voir annexe)

II.2. Détermination des CCP :

Afin de repérer les points critiques de contrôle sur la chaîne de fabrication, les dangers considérés comme étant significatifs (criticité supérieur à 10) ont été soumis à un arbre de décision proposé par le comité du *codex alimentarius*.

Les résultats sont mentionnés dans le **tableau14** ci-dessous.

Tableau 14: détermination des points critiques pour le contrôle

Étapes	Dangers	Nature	Q1	Q2	Q3	Q4	Conclusion
Réception	<ul style="list-style-type: none">• Prolifération des microorganismes (flore pathogène et d'altération)	B	Oui	Oui	-	-	CcpB1
	<ul style="list-style-type: none">• Présence des antibiotiques (beta-lactame)	C	Oui	Non	Oui	Non	CcpC1
Préparation	<ul style="list-style-type: none">• Survie de microorganismes pathogène après le traitement thermique	B	Oui	Oui	-	-	CcpB2
Maturation à froid	<ul style="list-style-type: none">• Prolifération de bactéries psychrotrophe	B	Oui	Non	Non	-	Pas CCP
Salage	<ul style="list-style-type: none">• Contamination par des métaux lourds contenus dans le sel	C	Oui	Non	Oui	Non	CcpC2

Les limites critiques et un plan de surveillance sont déterminés pour chaque CCP (**Annexe**). Pour assurer une maîtrise efficace contre les dangers sur toute la chaîne de fabrication un plan de contrôle microbiologique et physico-chimique est défini (**Annexe**).

Chapitre 2: Conception d'emballage et d'étiquetage du produit fini

I. Risques organoleptiques et sanitaires liés à la commercialisation du camembert

Au cours de sa distribution, le camembert est exposé à plusieurs risques qui influencent la qualité du produit proposé aux consommateurs, Nous avons répertorié ces risques et leurs principales causes (**tableau15**).

Tableau 15: Risques sanitaires et organoleptiques affectant le camembert au cours de la commercialisation

Nature de risque	Risques	Causes
Risque sanitaire	<ul style="list-style-type: none"> • Développement de moisissures à la surface du fromage 	<ul style="list-style-type: none"> • Conservation dans des mauvaises conditions : d'humidité et température élevés
	<ul style="list-style-type: none"> • Développement de coliformes 	<ul style="list-style-type: none"> • Conservation à température élevé • Contamination lors de la commercialisation
	<ul style="list-style-type: none"> • Jaunissement et brunissement de la croûte 	<ul style="list-style-type: none"> • Condensation d'eau sous le matériau d'emballage.
	<ul style="list-style-type: none"> • Taches sèches, farineuses, beige-brunâtre virant parfois au mauve-violacé 	<ul style="list-style-type: none"> • Contamination par l'emballage
Risque organoleptique	<ul style="list-style-type: none"> • Sécheresse du fromage au cours de conservation 	<ul style="list-style-type: none"> • Pertes rapides en eau à cause d'une élévation de température ; • Emballage très perméable à l'eau
	<ul style="list-style-type: none"> • Développement aromes et odeurs fortes 	<ul style="list-style-type: none"> • Fermentation excessive
	<ul style="list-style-type: none"> • Développement d'odeur de rance 	<ul style="list-style-type: none"> • Activité lipolytique très prononcé
	<ul style="list-style-type: none"> • Texture farineuse 	<ul style="list-style-type: none"> • Une application d'un froid négative

II. Conservation du camembert

Le camembert est conventionnellement conservé dans un emballage en papier et papier plastifié, non hermétique afin d'éviter toute condensation d'eau entre l'emballage et le produit.

Concernant les conditions nécessaires pour garder le shelf life (DLUO) du produit, le camembert doit être mis à une température entre 4-8 °C avec une humidité réduite, d'une côté pour éviter toute contamination par des moisissures ou par des coliformes, d'autre côté pour garder le plus long possible l'aspect organoleptique du produit, évitant donc une fermentation trop importante et le développement de mauvaises odeurs

Les études ont montré que le pH élevé du camembert associé à une humidité importante rend ce fromage plus sensible au développement des coliformes, levures et des moisissures à la surface. [11]

Tout changement de l'activité de l'eau et humidité relative accompagnant la maturation et le stockage du camembert influence son profil bactériologique et physico-chimique [12]. Le contrôle de ces deux paramètres est donc indispensable pour mieux conserver le fromage.

Une congélation du produit permet de conserver le produit pour une durée plus longue, mais ce procédé ralentit seulement la fermentation du fromage, par conséquent n'est pas à conserver pour une très longue durée. La congélation provoque un choc thermique qui perturbe le processus d'affinage du fromage, cela se traduit par un aspect farineux et un goût désagréable.

III. Choix des matériaux d'emballage du produit :

III.1. Emballage primaire

L'emballage primaire est celui qui contient le produit, et qui est en contact direct avec ce dernier. Plus connu par les professionnels sous la dénomination « conditionnement ».

L'opacité et le taux de perméabilité de cet emballage à l'O₂, CO₂ et à la vapeur d'eau sont les critères les plus importants dans le choix de l'emballage pour notre produit. En effet les systèmes d'emballage peuvent conduire à des pertes importantes en eau, ou à une condensation importante d'eau entre l'emballage et la surface du fromage, ou encore à une asphyxie du fromage en bloquant l'activité respiratoire (la circulation des gaz O₂, et CO₂).

Le choix du conditionnement demande plusieurs expériences pour adapter l'emballage aux caractéristiques du fromage, ainsi préserver la qualité sanitaire et organoleptique (DLUO) pour une durée maximale.

Des propositions d'emballage sont mentionnées dans le **tableau16** ci-dessous, il s'agit d'emballages fabriqués par une société française spécialement conçus pour les fromages à pâte molle (**BRODART PAPCKAGING – France**).

Tableau 16: propositions d'emballage pour le produit élaboré

Type d'emballage	Composition	Caractéristiques
Complexe OPP micro-perforé / Raies de Colle / Papier + Paraffine	<ul style="list-style-type: none"> • Encres • Polypropylène (OPP) coextrudé blanc 20μ microperforé • Raies de colle • Kraft blanchi opaque 40 g <ul style="list-style-type: none"> • Paraffine 	permet de jouer sur de nombreux critères pour réguler les échanges gazeux, la freinte Un large choix d'OPP : (Blanc, transparent, mat, métallisé) Plusieurs variantes de papiers avec des qualités et épaisseurs différentes (capacité d'absorption d'eau, résistance à l'humidité, résistance aux MG, opacité)
Complexe Cello 33,5g / Raies de Colle / Papier + Paraffine	<ul style="list-style-type: none"> • CELLO transparente enduite 33,5g • Encres • Raies de colle • Kraft blanchi opaque 40 g <ul style="list-style-type: none"> • Paraffine 	Une régulation très efficace de l'humidité et notamment en cas d'écarts de fabrication.
Complexe OPP / Raies de Colle / Papier + PE	<ul style="list-style-type: none"> • OPP coextrudé Mat 20μ microperforé • Encres • Raies de colle • Kraft blanchi frictionné 25g • PE blanc 10g 	Film plus souple qu'un OPP/Papier Paraffiné donc plus facile à emballer en machine
Complexe OPP micro-perforé / Cire / Papier + Paraffine	<ul style="list-style-type: none"> • OPP coextrudé blanc 20μ microperforé • Encres • Cire • Kraft blanchi opaque 40 g <ul style="list-style-type: none"> • Paraffine 	Emballage plus fermé qu'un complexe Raies de Colle Moins de possibilité de réguler la freinte Ralentissement de la maturation

III.2. Emballage secondaire

La fonction d'un emballage secondaire concerne plus l'aspect marketing et étiquetage que le rôle de conservation de l'aliment, le seul critère technique important, c'est qu'il doit assurer la perméabilité aux échanges gazeux.

Tableau 17: comparaison entre les différents matériaux servant d'emballage secondaire

Matériau d'emballage	Avantages	Inconvénients
Bois	- Donne un aspect naturel au produit - Prestigieux	- Couteux
Papier	- moins cher	- Sensible à l'humidité
Plastique	- Préserve le produit contre les chocs	- Non recyclable (polluant) - N'est pas pratique - Couteux

Cet emballage joue un rôle important dans l'image du produit: il véhicule les valeurs (le terroir, l'authenticité, le naturel) et pousse à l'acte d'achat.

IV. Etiquetage du produit :

L'étiquetage est un moyen de garantir l'information sur le produit alimentaire, il a pour objectif que l'aliment soit utilisé dans les meilleures conditions et bannissant toute pratique de fraude.

L'étiquetage du camembert est réalisé en respectant les prescriptions et exigences générales d'étiquetage des produits primaires et des produits alimentaires décret n°2-10-473 du 7 chaoual 1432 (6 septembre 2011)).

Tableau 18: proposition d'étiquetage selon la réglementation marocaine

Etiquetage	Législation (décret n°2-10-473 du 7 chaoual 1432 (6 septembre 2011))	Spécifications
Langues d'étiquetage	Les informations sur les produits doivent être rédigées en langue arabe et éventuellement dans une ou plusieurs autres langues sans autres abréviations que celles prévues par la réglementation particulière au produit concerné ou par les dispositions des conventions internationales auquel le Royaume du Maroc est Partie	Arabe, Français
Nom de produit	L'étiquetage de tout produit préemballé doit comporter la dénomination du produit	Les plaisirs de la ferme
Famille de produit	-----	Fromage à pate molle à croute fleurie
Ingrédient primaire	-----	Lait de vache pasteurisé
Mode de préparation	-----	Artisanal <<produit fermier>>
Composition	L'étiquetage de tout produit préemballé doit comporter la liste des ingrédients	<ul style="list-style-type: none"> - Lait pasteurisé - présure - Ferments lactiques - Ferments d'affinages - Sel
Additifs alimentaires	Pour chacun des additifs alimentaires faisant partie de la liste des ingrédients l'indication du nom de la catégorie à laquelle appartient ledit additif suivi de son nom spécifique ou de son numéro d'identification établis conformément à la réglementation en vigueur en la matière est obligatoire	Absent
Etiquetage nutritionnel	L'étiquetage de tout produit préemballé doit comporter les informations nutritionnelles lorsque celles-ci sont obligatoires en vertu d'une réglementation en vigueur ou	Valeur énergétique : 1117 kj Quantité de graisse : 21g Quantité de glucides : traces Quantité de protéines : 20 g Quantité de sels : 1,2-1,4 g

	lorsqu'il est fait référence à une allégation nutritionnelle ou de santé sur le produit ou dans la publicité le concernant	Calcium : 430 mg
Caractéristiques physicochimiques	La mention de la quantité nette d'un produit doit être indiquée selon le système métrique (unités du système international)	EST : 115g/250g MG : 21g/100g G/S : 45% Poids : 250 g
Allergènes	L'étiquetage de tout produit préemballé doit comporter le nom de tout ingrédient ou auxiliaire technologique susceptible de provoquer une allergie ou une intolérance ou toute substance dérivée de ceux-ci	Absents
Conservation	L'étiquetage de tout produit doit être effectué de telle sorte qu'il donne à tout acheteur y compris un consommateur final des informations sur sa durée de validité, ses conditions de conservation et son utilisation.	Conserver entre 4 et 8 °C Tenir au frais
Traçabilité	L'étiquetage de tout produit préemballé doit comporter l'indication du lot de production ou de fabrication ou de conditionnement auquel appartient le produit préemballé.	-Code barre -Numéro de lot
DLC	L'étiquetage de tout produit préemballé doit comporter la durée de validité lorsque cette mention est exigée par la législation en vigueur	Date de fabrication : jj/mm/aaaa Date de péremption : jj/mm/aaaa DLC : 30 jrs
Info sur le producteur	L'étiquetage de tout produit préemballé doit comporter le nom ou la raison sociale et l'adresse du producteur ou de l'exploitant de l'établissement ou de l'entreprise du secteur alimentaire concerné, selon le cas, ainsi que le nom ou la raison sociale et l'adresse de l'importateur pour les produits importés	Nom du fabricant : Société CHERGUI Domaines agricoles Douiet Adresse : Km.12 Route De Sidi Kacem, Fès 30000, Maroc

CONCLUSION GENERALE :

Le présent travail représente une étude pour le lancement d'un projet de production d'un nouveau fromage. Il convient donc de choisir un produit permettant de satisfaire les ambitions de la société dans ce domaine et de réussir son lancement à l'échelle pilote et industrielle ainsi que son cycle de vie.

Nous avons d'abord réalisé une étude bibliographique sur les caractéristiques, la réglementation et le processus de fabrication du fromage. La collecte des données nous a permis de lancer nos premiers essais de fabrication.

Pour but de maîtriser le processus de fabrication du camembert, nous avons réalisé 23 essais dans des conditions de fabrication différentes. Afin de caractériser les produits obtenus nous avons mesuré le pH (à la surface et à la profondeur) et l'EST pour chaque essai. Les résultats obtenus ont été traités par une analyse en composantes principale, d'où nous avons tiré des conclusions qui ont servi à proposer un diagramme final de fabrication.

Le camembert élaboré au sein du laboratoire R&D possède les caractéristiques suivantes :

- EST : **49%**
- pH : **5,26**
- MG : **25%**

La comparaison avec les produits de commerce a révélé un manque d'affinage du produit auquel s'ajoute un EST plus élevé.

Nous avons effectué une étude préliminaire de la mise en place du système HACCP dans la chaîne de fabrication du camembert. Nous avons commencé par le diagnostic des PRP selon le *codex alimentarius*, ce qui a donné comme résultats une satisfaction de l'ensemble des rubriques d'un pourcentage supérieur à **75%**. Par la suite nous avons appliqué la méthodologie HACCP et déterminé les étapes qui présentent des CCP :

- **Réception:** Prolifération des microorganismes (flore pathogène et d'altération) (**CCPB1**) ;
Présence des antibiotiques (beta-lactame) (**CCPC1**) ;
- **Préparation:** Survie de microorganismes pathogène après le traitement thermique (**CCPB2**) ;
- **Salage :** Contamination par des métaux lourds contenus dans le sel (**CCPC2**) ;

Un système de surveillance accompagné d'un plan de contrôle microbiologiques et physico-chimiques ont été proposés.

En vue d'établir les conditions de conservation et l'emballage servants à protéger et à préserver la qualité du camembert, nous avons commencé par l'énumération des risques sanitaires et organoleptiques liés à la commercialisation du produit.

Nous avons conclu que :

- Le camembert doit être conservé à une température entre 4-8 °C avec une humidité réduite ;
- La congélation permet une conservation plus longue, néanmoins altère la qualité du fromage ;
- l'emballage doit être opaque et permet des échanges gazeux entre le produit et le milieu extérieur.

Finalement nous avons donné des suggestions des emballages servants à protéger le produit au cours de la commercialisation et un étiquetage du produit en raison d'indiquer sur l'emballage les informations nécessaires aux consommateurs et de respecter la réglementation marocaine.

RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES :

- Amélioration des conditions ambiantes de la salle conçue pour l'affinage du camembert du point de vue hygiénique, et augmentation de l'humidité relative ;
- Réalisation d'une analyse sensorielle sur le produit, en effectuant d'abord une épreuve descriptif du produit, suivi d'une épreuve discriminative pour comparer aux produits de commerce ;
- Conduire des essais pour choisir un emballage primaire (conditionnement) adéquat, qui permet de préserver la qualité du produit pour une longue durée ;
- Effectuer un test de vieillissement du produit sous différentes conditions, accompagné d'analyses microbiologiques pour déterminer la DLUO du produit ;
- Le lancement du produit à l'échelle industrielle doit s'accompagner d'une mise en place du système HACCP.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] GOUDÉDRANCHE (H.), FAUQUANT (J.) et MAUBOIS (J.L.). Produits, en particulier laitiers, comprenant des fractions sélectionnées de globules gras, obtention et applications. Brevet français no 98-034-78
- [2] MIETTON (B.). – La préparation des laits de fromagerie en technologie pâtes molles. Revue des ENIL, no 113, février 1987, p. 22-33
- [3] MIETTON (B.) et JOURDAIN (C.). – L'enrichissement des laits de fromagerie en matières azotées protéiques en technologie pâte molle, 1ère partie : Emploi de protéines sériques dénaturées après concentration par ultrafiltration. Revue des ENIL, no 81, juin 1983, p. 9-14
- [4] ECK (A.) et GILLIS (J.C.). – Le fromage. 3ème édition, 891 p., 1997, Technique et documentation, Lavoisier
- [5] COHEN-MAUREL (E.). – Le salage des fromages. Revue Laitière Française, no 448, 1986, p. 45-49
- [6] HARDY (J.). – Étude de la diffusion du sel dans les fromages à pâte molle de type camembert. Comparaison du salage à sec et du salage en saumure. 1976, Thèse docteur ingénieur Nancy I
- [7] LENOIR (J.). – Note sur la composition en matières azotées des fromages affinés de camembert, saint-paulin et gruyère de Comté. Annales de technologie agricole, INRA, no 12, 1963, p. 51-57
- [8] L. Vassal et al 1986 VASSALL., GRIPON J.C., (1984). L'amertume de fromages à pâte molle de type Camembert: rôle de la présure et de *Penicillium caseicolum*, moyen de la contrôler. Lait, 64, 397-417
- [9] MIETTON B., DESMAZEAUD M., DE ROISSART H. et WEBER F. (1994). Transformation du lait en fromage ; in “ Les Bactéries Lactiques II ”. Techniques et Documentation, Lavoisier, Paris
- [10] AMRAM et al (1982) et REMEUF (1994), Relations entre caractéristiques physico-chimiques et aptitudes fromagères des laits. Recueil de médecine vétérinaire, 170 (6/7), 359-365.
- [11] Papaioannou G, Chouliara I, Karatapanis AE, Kontominas MG, Savvaidis IN (2007) Shelf-life of a cheese under modified atmosphere packaging. Int Dairy J 17(4):358-364
- [12] Saurel, R., Pajonk, A., & Andrieu, J. (2004). Modeling of French cheese water activity during salting and ripening periods. Journal of Food Engineering, 63, 163–170.

Annexes

Annexe 1: fiche d'analyse de l'extrait sec total

Principe :

Evaporation de l'eau d'une prise d'essai, en présence de sable, dans une étuve à la température de $102^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Mode opératoire :

- ✓ Broyer l'échantillon au moyen d'un appareil approprié jusqu'à l'obtention d'un échantillon homogène.
- ✓ Préparer les capsules et peser leurs poids vide.
- ✓ Peser 5g d'échantillon et l'introduire dans la capsule puis peser le poids total.
- ✓ Introduire les capsules dans l'étuve et laisser évaporer pendant 3 heures.

Lecture des résultats :

Mode de calcul de la matière sèche :

$$\text{EST} : \frac{(M1-M2)}{(M1-M0)} * 100$$

Où :

M0 : est la masse, en gramme, de la capsule vide.

M1 : est la masse, en gramme, de la capsule et de la prise d'essai avant dessiccation.

M2 : est la masse, en gramme de la capsule et de la prise d'essai après dessiccation.

Annexe 2: fiche d'analyse de la matière grasse

Principe :

Le principe de cette méthode est basé sur la dissolution du produit à doser (excepté la matière grasse) par l'acide sulfurique. Sous l'influence d'une force centrifuge et grâce à l'adjonction d'une faible quantité d'alcool isoamylique, la matière grasse se sépare en couche claire dont les graduations du butyromètre révèlent le taux.

Prise d'essai :

3g de fromage sont broyés dans le godet qu'on introduit dans le butyromètre de VAN GULIK.

Mode opératoire :

- introduire par l'extrémité du butyromètre de l'acide sulfurique jusqu'à ce que le niveau de l'acide dépasse le godet de 2 mm ;
- placer le butyromètre dans le bain-marie jusqu'à la dissolution totale du fromage ;
- retirer le butyromètre, agiter puis introduire 1ml d'alcool isoamylique ;
- ajouter de l'acide sulfurique jusqu'à l'avant dernière graduation du butyromètre ;
- faire des retournements puis des agitations (2 fois) ;
- placer le butyromètre dans la centrifugeuse à 1200 tours / min pendant 5 minutes.

Lecture des résultats :

La teneur en matière grasse exprimée en g/100g de fromage est donnée par lecture directe sur le butyromètre.

Annexe 3 : énumération et évaluation des dangers liés à la fabrication du camembert

Etapes	Nature des dangers	Dangers	Criticité	Causes
Réception	B	<ul style="list-style-type: none"> • Prolifération des microorganismes (flore pathogène et d'altération) • Présence des aflatoxines dans le lait cru 	12	<ul style="list-style-type: none"> • Mauvaise pratiques d'hygiène lors de la traite et le transport. • Rupture de la chaine de froid • Alimentation des vaches
	C	<ul style="list-style-type: none"> • Présence des résidus de pesticides • Présence des antibiotiques (beta-lactame) 	8	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentation des vaches • Délai de la traite
	P	<ul style="list-style-type: none"> • Présence de corps étrangers dans le lait cru 	6	<ul style="list-style-type: none"> • Non respect des règles d'hygiènes
Dégazage et filtration	B	<ul style="list-style-type: none"> • Contamination par des bactéries pathogènes et d'altération 	6	<ul style="list-style-type: none"> • Non respect des procédures de N&D
	C	<ul style="list-style-type: none"> • Présence de résidus de N&D 	4	<ul style="list-style-type: none"> • Non respect des procédures de N&D
	P	<ul style="list-style-type: none"> • Passage de corps non retenu par le filtre 	8	<ul style="list-style-type: none"> • Mauvais entretien du filtre
Préparation du lait	B	<ul style="list-style-type: none"> • Survie de microorganismes pathogène après le traitement thermique 	18	<ul style="list-style-type: none"> • Barème de pasteurisation non respecté
	C	<ul style="list-style-type: none"> • Présence de résidus de N&D 	4	<ul style="list-style-type: none"> • Non respect des procédures de N&D
	P	<ul style="list-style-type: none"> • Contamination par des corps étrangers 	4	<ul style="list-style-type: none"> • Non respect des BPH
Maturation à froid	B	<ul style="list-style-type: none"> • Contamination de la floreensemencée • Prolifération de bactéries psychrotrophe 	8	<ul style="list-style-type: none"> • Non respect de la chaine de froid
	C	<ul style="list-style-type: none"> • Présence de résidus de N&D 	12	<ul style="list-style-type: none"> • Non respect des BPH et N&D
	P	<ul style="list-style-type: none"> • Contamination par des corps étrangers (poils, pellicule..) 	4	<ul style="list-style-type: none"> • Non respect des procédures de N&D
Maturation à chaud	B	<ul style="list-style-type: none"> • Contamination par des corps étrangers (poils, pellicule..) 	6	<ul style="list-style-type: none"> • Non respect des BPH
	C	<ul style="list-style-type: none"> • Prolifération des bactéries pathogènes (coliformes) 	8	<ul style="list-style-type: none"> • Non respect des BPH
	P	<ul style="list-style-type: none"> • Présence de résidus de N&D 	4	<ul style="list-style-type: none"> • Non respect des procédures de N&D
Emprésurage	B	<ul style="list-style-type: none"> • Prolifération des bactéries pathogènes (coliformes) 	8	<ul style="list-style-type: none"> • Non respect des BPH
	C	<ul style="list-style-type: none"> • Présence de résidus de N&D 	4	<ul style="list-style-type: none"> • Non respect des procédures de N&D
	P	<ul style="list-style-type: none"> • ----- 	6	<ul style="list-style-type: none"> • -----
Emprésurage	B	<ul style="list-style-type: none"> • Présure contaminé par des microorganismes • Prolifération des bactéries pathogènes et d'altération 	4	<ul style="list-style-type: none"> • Non respect de la chaine de froid
	C	<ul style="list-style-type: none"> • Présence de résidus de N&D 	8	<ul style="list-style-type: none"> • Non respect des BPH
	P	<ul style="list-style-type: none"> • Contamination par des corps étrangers (poils, pellicules) 	4	<ul style="list-style-type: none"> • Non respect des procédures de N&D
Emprésurage	B	<ul style="list-style-type: none"> • Contamination par des corps étrangers (poils, pellicules) 	6	<ul style="list-style-type: none"> • Non respect des BPH
	C	<ul style="list-style-type: none"> • Présence de résidus de N&D 	4	<ul style="list-style-type: none"> • Non respect des procédures de N&D
	P	<ul style="list-style-type: none"> • Contamination par des corps étrangers (poils, pellicules) 	6	<ul style="list-style-type: none"> • Non respect des BPH

Coagulation	B	• -----		• ----
	C	• -----		• ----
	P	• -----		• ----
Décaillage et brassage	B	• Contamination par des bactéries pathogènes et d'altération	6	• Non respect des BPH
	C	• Présence de résidus de N&D	4	• Non respect des procédures de N&D
	P	• Contamination par des corps étrangers (poils, pellicules)	6	• Non respect des BPH
Moulage	B	• Contamination par des bactéries pathogènes et d'altération	8	• Non respect des BPH
	C	• Présence de résidus de N&D	4	• Non respect des procédures de N&D
	P	• Contamination par des corps étrangers (poils, pellicules)	6	• Non respect des BPH
Egouttage	B	• Prolifération de bactéries pathogène et d'altération	8	• Non respect des BPH
	C	• Diminution forte du pH	4	• Manque d'une maîtrise de température
	P	• -----	---	• ----
Démoulage	B	• Contamination par des microorganismes	8	• Non respect des BPH
	C	• -----	---	• ----
	P	• Contamination par des corps étrangers (poils, pellicules)	6	• Non respect des BPH
Salage	B	• Sel contaminé par des bactéries halotolérante	8	• Non respect des BPH
	C	• Contamination par des métaux lourds contenus dans le sel	12	• Non respect de cahier de charge
	P	• Sel contenant des corps étrangers (pierres, insectes)	3	• Non respect de cahier de charge
Ressuage	B	• Prolifération des moisissures et levures	9	• Non respect des BPH • Mauvais entretien de salle de ressuage
	C	• Présence des résidus de N&D	4	• Non respect des procédures de N&D
	P	• Contamination par des corps étrangers	6	• Non respect des BPH
Affinage	B	• Prolifération des moisissures et levures	9	• Non respect des BPH • Mauvais entretien de salle de affinage
	C	• -----	--	-----
	P	• -----	--	-----

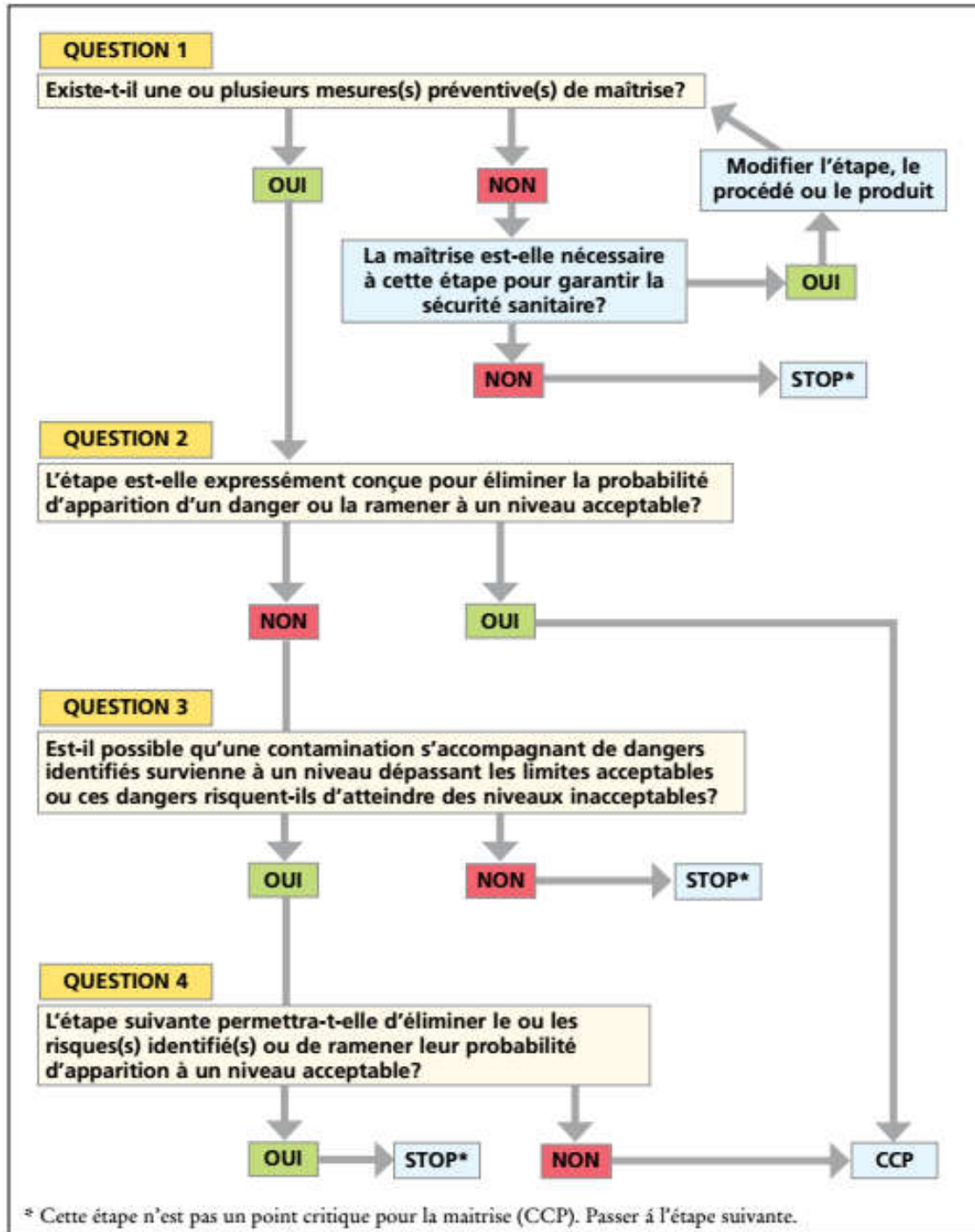
Annexe 4: détermination des limites critique et du système de vérification des CCP

Étapes	Détermination des limites critiques			Système de surveillance			Mesures correctives
	Dangers / CCP	Paramètre à surveiller	Seuil critique	Méthode	Fréquence	Lieu	
Réception	Prolifération des microorganismes (flore pathogène et d'altération) (CCPB1)	La température du lait L'acidité du lait	T<+7°C 14°D<Acidité<17°D	Mesure par thermomètre calibré Analyse physico-chimique	Chaque réception	Laboratoire de contrôle qualité	Identification et rejet de tout lait non conforme
	Présence des antibiotiques (beta-lactame) (CCPC1)	Concentration des antibiotiques	Absence	Analyse de dépistage des antibiotiques	Chaque réception	laboratoire de contrôle qualité	Identification et rejet de tout lait non conforme
Préparation	Survie de microorganismes pathogène après le traitement thermique (CCPB2)	Température de pasteurisation ; Charge bactérienne après pasteurisation	75°C-30s CT<10 UFC/ml	Contrôle des instruments de mesure de température Analyse bactériologique su le produit	Chaque pasteurisation	Laboratoire de contrôle qualité	Repasteurisation si le barème et inférieur au barème appliqué.
Salage	Contamination par des métaux lourds contenus dans le sel (CCPC2)	Concentration des métaux lourds	Selon la Norme (NM 08.5.130) les limites critiques : Mercure : 0,1 mg/kg. Plomb : 2 mg/kg. Arsenic : 0,5 mg/kg. Cadmium : 0,5 mg/kg. Cuivre : 2 mg/kg.	Analyses physico-chimiques	Chaque réception du sel	Laboratoire de contrôle qualité	Ecarter le produit concerné

Annexe 5: plan d'analyses physico-chimiques et microbiologiques

Étapes	Contrôle physicochimique	Contrôle microbiologique
Réception	MG, EST, pH, Densité, MP	Dénombrement FMAT, coliformes totaux et fécaux, levures et moisissures
Pasteurisation	pH	Dénombrement FMAT, coliformes totaux et fécaux, levures et moisissures
Maturation à froid	pH	Dénombrement FMAT, coliformes totaux et fécaux, levures et moisissures
Moulage	pH	Dénombrement FMAT, coliformes totaux et fécaux, levures et moisissures
Démoulage	pH, EST	Dénombrement FMAT, coliformes totaux et fécaux, levures et moisissures
Affinage	MG, EST, pH	Dénombrement FMAT, coliformes totaux et fécaux

Annexe 6: Arbre de décision (codex alimentarius)



Source : www.fao.org/docrep/013/i0201f/i0201f11.pdf