UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de MASTER en Sciences Alimentaires

Option : Sécurité Agroalimentaire et Assurance de Qualité

Thème :

Etude comparative de la qualité physico-chimique et sensorielle de deux fromages à pâte molle (Artisanal et industriel)

Réalisé par :

AOUAS ALI
BAYOU NISSA

Dirigé par : Mme. REMANE BENMALLEM YAKOUT **MC UMMTO**

President: M. BENGANA MOHAMED **MC UMMTO**

Examinatrice : Mme BOUDAOUD SONIA **MC UMMTO**

Promotion : 2022/2023

Remerciements

*Je remercie **Dieu** de nous avoir donné le courage, la santé et la volonté de réaliser ce travail.*

*Au terme de ce travail, je remercie tout d'abord mon encadreur **Mme BENMALLEM REMANE YAKOUT**, nous tenons à lui exprimer notre sincère reconnaissance et notre gratitude pour son aide, ses encouragements et ses conseils tout au long de nos recherches.*

*Enfin, on tient adresser nos remerciements à toute l'équipe de STLD en particulier **M. BOUHADDA YOUCEF** technicien du laboratoire, tout au long de notre séjour de formation au niveau de leur laboratoire pour leur aide et contribution pour le bon déroulement de nos travaux.*

*Un remerciement particulier à **M. HAMIDANI AKLI** et son équipe, de la fromagerie L'Artisan.*

Je tiens à remercier respectueusement chacun des membres du jury pour avoir accepté de juger notre travail.

Dédicaces

✳ Je dédie ce travail à …✳

❀Ma source de tendresse, l'exemple de dévouement, « MA MERE » honorable, affable, aimable à tout représentée pour moi le symbole de bonté par excellence, ma source de tendresse, qui n'a pas cessé de m'encourager. Ta prière et ta bénédiction m'ont été un grand secours pour mener à bien mes études. Que Dieu te préserve et t'accorde santé et une longue vie.

❀A Mon PERE : aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour t'exprimer l'estime et le respect que j'ai toujours pour vous. Rien ne valle les efforts consentis jours et nuits pour mon éducation et mon bien être que Dieu vous assiste à votre petite famille.

❀A mes chères sœurs LYDIA et NESMA avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

❀ A mes neveux CELIA et AGHILES à qui je souhaite une vie pleine de prospérité.

❀A mes deux beaux-frères NACER et IDDIR avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

❀ A mon coéquipier ALI.

❀A mes amies KATIA, NADINE, ANIA, HANANE, qui m'ont toujours accompagnées et soutenues.

Nissa

✳ *Je dédie ce modeste travail à …* ✳

Avec l'aide de Dieu le tout puissant, j'ai pu achever ce modeste travail

Dédie :

A mes très chers parents qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de Persévérance.

Merci de m'avoir permis d'aller aussi loin dans mes études et de m'avoir réconforté et soutenu.

Que ce travail soit le témoignage de ma sincère gratitude, reconnaissance et de tout mon amour.

A mon très cher Frère : Yasser pour son encouragement, et pour avoir été là pour moi

A mes très chères Sœurs : Tinhinane et Zakia qui m'ont encouragées, aidées, rassurées dans les moments difficiles de ma vie.

A ma coéquipière NISSA, et sa famille.

A tous mes proches. Et à tous mes amis.

Et bien sûr sans oublier, à toute la promotion sciences alimentaires 2022/2023

ALI

RESUME :

Ce travail a pour objectif d'étudier la qualité des fromages à pâte molle type camembert. On a comparé deux types de camembert produits dans la région de Tizi- Ouzou, l'un artisanal (L'Artisan) et l'autre industriel (Le Fermier) sur le plan physico-chimique et organoleptique.

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur le lait et le camembert ont faits objet d'une étude statistique, ce qui a montré une variation significative ($P<0.05$) de la plupart des paramètres des deux laits telle que le lactose, les protéines, l'acidité, l'extrait sec dégraissé, la matière grasse et le pH ; alors que aucun effet significative pour la densité ($P>0.05$). Par ailleurs, les résultats de comparaison physico-chimique des deux type de camembert, ont enregistré une différence significative entre l'artisanal et l'industriel pour la matière grasse et pH, par contre aucun effet significative pour l'extrait sec total et le gras / sec. En revanche, les résultats des profils en acides gras saturés et insaturés n'a pas indiqué de variations significatives

Pour évaluer la qualité organoleptique des deux type de camembert ; on a réalisé une étude statistique basée sur le test de KRAMER. Les résultats de ce dernier ont montré que les deux types de camembert ont la même appréciation auprès des membres du juré en ce qui concerne l'aspect de la croûte, la couleur de la pâte, l'odeur et le goût, en revanche les résultats statistiques de la texteur de camembert ont révélé que le fromage « Le Fermier » a était plus apprécié.

Les résultats obtenus ont été comparés à des normes réglementaires permettant ainsi l'appréciation de la qualité du produit. Et ces résultats ont montres la différence entre les deux types de camembert « L'artisan » et « Le Fermier » sur le plan nutritionnel et organoleptique.

Les mots clés : lait, camembert, qualité physico-chimique, organoleptique, profiles en acides gras.

SUMMARY:

This work aims to study the quality of soft cheeses such as Camembert. We compared two types of camembert produced in the region of Tizi-Ouzou, one artisanal (Artisan) and the other industrial (Le Fermier) on the physicochemical and organoleptic level.

The results of the physico-chemical analyzes carried out on the milk and the camembert were the subject of a statistical study, which showed a significant variation *(P<0.05)* of most of the parameters of the two milks such as lactose, proteins , acidity, defatted dry extract, fat and pH; while no significant effect for density (P>0.05). In addition, the results of physico-chemical comparison of the two types of camembert, recorded a significant difference between the artisanal and the industrial for the fat and pH, on the other hand no significant effect for the total dry extract and the fat. / dry. On the other hand, the results of the profiles in saturated and unsaturated fatty acids did not indicate any significant variations.

To assess the organoleptic quality of the two types of camembert; a statistical study was carried out based on the KRAMER test. The results of the latter showed that the two types of camembert have the same appreciation with the members of the jury with regard to the aspect of the crust, the color of the dough, the smell and the taste, on the other hand the results statistics from the camembert texture revealed that the cheese "Le Fermier" was more appreciated.

The results obtained were compared with regulatory standards, thus allowing the assessment of the quality of the product. In addition, these results have shown the difference between the two types of camembert "Artisan" and "Le Fermier" on the nutritional and organoleptic level.

Key words: milk, camembert, physics-chemical quality, organoleptic, fatty acid profiles.

Sommaire :

Sommaire : V
Liste des tableaux et figures : VIII
Liste des abréviations : X
Introduction générale : 2
Première Partie : bibliographique : 4
Chapitre 01 : Généralité sur le lait et le fromage : 5
I. Le lait : 5
1. Définition du lait : 5
2. La composition du lait : 5
2.1 L'eau : 6
2.2 La matière grasse : 7
2.3 Les protéines : 8
2.4 Le lactose : 9
2.5 Les minéraux : 9
2.6 Les vitamines : 10
2.7 Les enzymes : 10
3. La qualité nutritionnelle du lait : 10
4. Les propriétés physico- chimiques : 11
4.1 La densité et la masse volumique : 11
4.2 Le PH : 11
4.3 Le point d'ébullition : 11
4.4 Les acidités du lait : 12
4.5 Le point de congélation : 12
5. Les facteurs influençant la composition du lait : 13
5.1 Les facteurs liés à l'animal : 13
II. Le fromage : 14
1. Définition et composition du fromage : 14
2. La classification des fromages : 16
3. La valeur nutritionnelle du fromage : 16
3.1 Valeur énergétique 17
3.2 Source de lipides : 17
3.3 Source de calcium : 17
3.4 La teneur en protéines : 17
3.5 Source de vitamines : 17
Chapitre 02 : La fabrication du camembert et l'analyse sensorielle 19

I. La fabrication du camembert : 19
1. Historique du camembert : 19
2. Définition du fromage à pâte molle type camembert : 19
3. Composition et valeur nutritionnelle du camembert : 20
4. Le processus de fabrication du camembert : 20
4.1 Nature de la matière première : 20
4.2 Traitement préliminaire du lait : 21
4.3 Les étapes clé de la fabrication du camembert : 22
II. L'analyse sensorielle : 25
1. Historique et définition de l'analyse sensorielle : 25
2. Les objectifs de l'analyse sensorielle : 25
3. Principe de la méthodologie sensorielle : 26
3.1 Propriétés organoleptiques 26
3.2. La perception sensorielle : 26
3.3 La réponse sensorielle 26
3.4 La méthodologie sensorielle : 27
Deuxième partie : expérimentale 31
Chapitre 01 : Matériel et Méthodes 31
I. Objectif et plan d'étude : 31
1. Objectif de l'étude : 31
2. Description du plan d'étude : 31
II. Présentation des unités : 32
1. laiterie-fromagerie « Le fermier » : 32
2. fromagerie artisanale «Hamidani » : 33
III. Diagramme de fabrication des camemberts : 34
1. Le diagramme de fabrication du camembert « le fermier ». 34
2. le diagramme de fabrication du camembert artisanal : 36
IV. Matériel Utilisé : 37
V. Echantillonnages : 37
VI. Analyse physico – chimique du lait et du camembert : 38
1. Analyse physico – chimique du lait : 38
1.1 Mesure du PH : 38
1.2 détermination du l'acidité dornic du lait : 38
1.3 Détermination de la densité : 38
1.4 Détermination de la matière grasse du lait par la méthode acidobutyrométrique : 38
1.5 Détermination de l'extrait sec total et l'extrait sèche non grasse : 38

1.6 Détermination de la teneur en protéines et en lactose et le point de congélation dans le lait : 39
2. Analyse physico- chimique du camembert : 39
2.1 Mesure du PH : 39
2.2 Détermination de la matière graisse du camembert par la méthode acidobytorymétrique (méthode GERBER) : 39
2.3 Détermination l'extrait sec total (EST) : 39
2.4 Détermination de gras sur sec « G/S » : 39
2.5 Profils des acides gras : 39
3. Analyse sensorielle : 40
3.1 L'étude statistique : 41
3.2 L'étude statistique des analyses organoleptique : 42
Chapitre 02 : Résultats et discussions : 43
I. Résultats d'analyse physico-chimique du lait : 44
1. La variation de la teneur en acidité : 44
2. La variation de la teneur de PH : 45
3. La variation de la densité : 46
4. La variation de la matière grasse : 47
5. La variation de l'extrait sec dégraissé : 48
6. La variation de la teneur en protéines : 50
7. La variation de la teneur en lactose : 50
II. Résultats des analyses physico-chimiques du camembert : 51
1. La variation de PH : 52
2. La variation de l'extrait sec total : 53
3. La variation de la matière graisse : 54
4. La variation du gras/sec : 55
5. La variation des profils en acides gras du fromage : 55
5.1 La variation des acides gras saturés : 56
5.2 La variation des acides gras insaturés : 57
III. Résultats de l'analyse sensorielle : 58
1. L'aspect de la Croûte : 58
2. La couleur : 59
3. l'odeur : 59
4. Le goût : 61
5. La texture : 62
Conclusion générale : 62
Références bibliographiques : 67
Annexes 73

Liste des tableaux et figures :

Tableau N°1 : la composition chimique moyenne du lait de la vache.

Tableau N° 2 : les différents types de matières grasses du lait de vache.

Tableau N°3 : les caractéristiques physico-chimiques du lait de vache.

Tableau N°4 : la composition moyenne comparée du lait et des fromages.

TableauN°5 : les paramètres physico-chimiques mesurés aux différents points de prélèvements.

Figure 1 : la structure des micelles et la sous micelle de caséine.

Figure 2 : la diversité des fabrications fromagères.

Figure 3 : le schéma récapitulatif des principales étapes de notre étude.

Figure 4 : la situation géographique de la laiterie « fermier ».

Figure 5 : la situation géographique de la fromagerie artisanale.

Figure 6 : le diagramme de la fabrication du camembert le Fermier.

Figure 7 : le diagramme de fabrication du camembert Hamidani.

Figure 8 : la variation de la teneur en acidité du lait (LF) et le lait (LA).

Figure 9 : la variation de la teneur en PH du lait (LF) et le lait (LA).

Figure 10 : la variation de la teneur de la densité du lait (LF) et le lait (LA).

Figure 11 : la variation de la teneur en matière grasse du lait (LF) et le lait (LA).

Figure 12 : la variation de la teneur de l'extrait sec dégraissé du lait (LF) et le lait (LA).

Figure 13 : la variation de la teneur en protéine du lait (LF) et le lait (LA).

Figure 14 : la variation de la teneur de lactose du lait (LF) et le lait (LA).

Figure 15 : la variation de la teneur en pH du camembert Fermier et le camembert artisanal.

Figure 16 : la variation de la teneur en extrait sec total grasse du camembert Fermier et le camembert artisanal.

Figure 17 : la variation de la teneur en matière grasse du camembert Fermier et le camembert artisanal.

Figure 18 : la variation de la teneur en gras sur sec du camembert Fermier et le camembert artisanal.

Figure 19 : la variation de la teneur en acide gras saturé du camembert Fermier et le camembert artisanal.

Figure 20 : la variation de la teneur en acide gras insaturé et AGMI et AGPI du camembert Fermier et le camembert artisanal.

Figure 21 : Appréciation de la croute des deux fromages.

Figure 22 : Appréciation de la couleur des deux fromages.
Figure 23 : Appréciation de l'odeur des deux fromages.
Figure 24 : Appréciation du gout des deux fromages.
Figure 25 : Appréciation de la texture des deux fromages.

Liste des abréviations :

AG : Acide Gras.

AGMI : Acide Gras Mono-Insaturés.

AGPI : Acide Gras Polyinsaturés.

AGS : Acide Gras Saturé.

AOC : Appellation d'Origine Contrôlée.

AOP : Appellation d'Origine Protégée.

CLA : Acide gras à chaine conjugués.

CPG : Chromatographie en Phase Gazeux.

D° : Degrés Dornic.

EMAG : Ester Méthylique d'Acide Gras.

ESD : Extrait Sec Dégraissé.

EST : Extrait Sec Total.

FAO : l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.

G : Gramme.

g/kg : Gramme par Kilogramme.

g/l : Gramme par Litre.

g/ml : Gramme par Millilitres.

G/S : Gras sur Sec.

H° : Humidités.

Kcals : Kilocalorie.

MG : Matière Grasse.

MGL : Matière Grasse du Lait.

NA Cl : Chlorure de Sodium.

Introduction Générale

Depuis longtemps, le lait est un aliment de grande valeur nutritionnelle, mais périssable cherchant à le rendre plus ou moins conservable, l'homme est arrivé à découvrir que la transformation du lait en fromage est un moyen simple de garder les composants nutritifs du lait.

Le lait par sa grande qualité nutritionnelle, a toujours été considéré comme un aliment à part entière, mais sa consommation a souvent été limitée en raison de sa grande instabilité. L'irrégularité de la production, par son caractère saisonnier et la grande fragilité du produit a incité les producteurs à développer des formes d'apport des éléments essentiels du lait ; c'est ainsi que sont apparues les premières préparations fromagères **(MAHAUT et al**, **2000).**

En tant que produit laitier important et riche en nutriments essentiels, le fromage fait partie d'une alimentation équilibrée **(WALTHER et al**. **2008)**. Il existe environ 2 000 types de fromages dans le monde, dont une vingtaine est fabriquée selon un procédé de base commun. L'une de ces variétés est le camembert à pâte molle **(MAHAUT et al**. **2000).**

Le camembert a une valeur énergétique élevée, en raison de sa forte teneur en matière grasses), en protéines et en acides aminés. D'autre part, il est riche en graisses saturées, en cholestérol et en sel, qui sont tous considérés comme défavorables sur le plan nutritionnel **(PREEDY et al**. **2013).**

Les qualités sensorielles et les différentes caractéristiques sensorielles du fromage résultent d'une combinaison unique entre la composition de la matière première, les communautés microbiennes, les procédés de fabrication et les caractéristiques du terroir avec les savoir-faire locaux **(FRETIN**, **2016).**

Il existe plusieurs méthodes de production du camembert, les principales étapes sont identiques. Chaque laiterie possède la méthode qui lui est propre. On retrouve une production artisanale et une production industrielle du camembert.

A cet effet la question qui en découle, **existe-il des différences entre le camembert artisanal et le camembert industriel en matière de qualité physico-chimique et sensorielle ?**

L'intérêt du sujet :

- **S**uivre le procédé de fabrication des deux types de camembert, le camembert artisanal et le camembert industriel ;

- Comparer la qualité physico- chimique et les profils en acides gras de la matière première, le lait destiné à la fabrication du camembert industriel et le lait destiné à la fabrication du camembert artisanal ;
- Evaluer l'analyse sensorielle des deux types de camembert dans le but de déterminer le produit le plus apprécie.

Méthodologie de la recherche :

Sur le plan méthodologique, Pour bien structurer et diriger notre travail, notre problématique sera traitée à travers une double approche : conceptuelle et empirique.

- La démarche conceptuelle, basée sur une recherche bibliographique portant sur les généralités sur le lait et la fabrication du camembert, elles consistent en investigation théorique qui nous permet de collecter les informations et les données dont nous avons besoin pour notre enquête ;
- La démarche empirique, basée sur la réalisation d'un stage au sein de deux unités laitières, la laiterie « EURL STLD », société de transformation du lait et dérivés « le Fermier » et la laiterie « HAMIDANI l'Artisan », permettant de collecter toutes les données obligatoire, pour faire une étude comparative des camemberts des deux unités.

Le plan de travail :

Notre travail comporte deux parties :

La première partie : la partie bibliographique composée de deux chapitres.

Le premier chapitre a pour objet de retracer les généralités sur le lait et le fromage, et le deuxième chapitre vise à présenter, en premier lieu, le camembert, son historique et son processus de fabrication, en deuxième lieu, l'analyse sensorielle et ses objectifs.

La deuxième partie : la partie expérimentale composée de deux chapitres.

Le premier chapitre contient le matériel et méthodes utilisées dans notre étude, et le deuxième chapitre porte les résultats et discussions de notre étude.

Partie bibliographique

Chapitre 01 : Généralité sur le lait et le fromage :

I. Le lait :

1. Définition du lait :

Au cours du Congrès International de la Répression des Fraudes alimentaires tenu à Genève en 1908, le lait a été défini comme étant : « le produit intégral de la traite totale et interrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmené le lait doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir de colostrum» **(ALAIS, 1975).**

Selon le Codex Alimentarius en 1999 : « la dénomination « lait » est réservée exclusivement au produit de la sécrétion mammaire normale, obtenu par une ou plusieurs traites sans aucune addition ou soustraction sans rien y ajouter ou en soustraire, destiné à la consommation comme le lait liquide ou à un traitement ultérieur

D'après **(ABOUTAYEB R., 2009),** le lait est un liquide blanc, opaque, de saveur légèrement sucrée, constituant un aliment complet et équilibré, sécrété par les glandes mammaires de la femme et par celles des mammifères femelles pour la nutrition des jeunes.

Cependant, Il doit être collecté dans de bonnes conditions hygiéniques et présenter toutes les garanties sanitaires **(ROMAIN et al. 2008).** Il peut être commercialisé en l'état frais mais le plus souvent après avoir subi des traitements de standardisation lipidique et d'épuration microbienne pour limiter les risques hygiéniques et assurer une plus longue conservation.

2. La composition du lait :

Selon (**FAVIER, 1985),** le lait est une source importante de protéines de haute qualité et riche en acides aminés essentiels, en particulier la lysine, qui est un excellent acide aminé pour la croissance.

En terme de matières grasses, le lait se caractérise par un pourcentage élevé d'acides gras à chaines courte et beaucoup plus riche en graisses saturés qu'insaturées. Il contient également des quantités importantes de cholestérol, de vitamines A et de petites quantités de vitamines D et vitamines E.

Selon l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture **(FAO**, **1995),** Le lait est composé essentiellement de quatre éléments majeurs : protéines, lipides, glucides et sels minéraux et plusieurs éléments mineurs : vitamines, oligo-éléments, gaz dissous, lécithine, enzymes, nucléotides. Le tableau (1) suivant présente la composition chimique moyenne du lait de vache.

Le tableaun°**1** : La composition chimique moyenne du lait de vache **(ALAIS 1984).**

LAIT	Composition (g/l)
Eau	905
Glucides (lactose)	49
Lipides	35
Matière grasse proprement dite	34
Lécithine (phospholipides)	0.5
Insaponifiables (stérols, carotène, tocophérol)	0.5
Protides	34
Caséines	27
Protéines soluble (globulines, albumines)	2.25
Substances azotées non protéiques	1.5
Sels	9
De l'acide citrique (en acide)	2
De l'acide phosphorique (P2O3)	2.6
Du chlorure de sodium (Na Cl)	1.7
Constituants divers	Traces
(vitamines, enzymes, gaz dissous)	
Extrait sec total	127
Extrait sec non gras	92

2.1L'eau :

Selon AMIOT et al. **(2002),** l'eau est le constituant le plus important du lait, en proportion environ le 9/10 du produit. La présence d'un dipôle et de doublets d'électrons libres lui confère un caractère polaire.

Ce caractère polaire lui permet de former une solution vraie avec les substances polaires telles que les glucides, les minéraux et une solution colloïdale avec les protéines hydrophiles du sérum. Puisque les matières grasses possèdent un caractère non polaire (ou hydrophobe), elles ne pourront se dissoudre et formeront une émulsion du type huile dans l'eau. Il en est de même pour les micelles de caséines qui formeront une suspension colloïdale puisqu'elles sont solides**.** De plus, l'eau intervient dans le développement bactérien et les altérations du lait.

2.2 La matière grasse :

La matière grasse est présente dans le lait sous forme de globules gras de diamètre de 0,1 à 10 µm et il est essentiellement constitué de triglycéride (98%).La matière grasse du lait de vache représente, à elle seule, la moitié de l'apport énergétique du lait. Elle est constituée de 65%de l'acide gras saturé et de 35% de l'acide gras insaturé **(JEANTET et al**, **2008).**Le tableau n° 2 montre les divers types de la matière grasse du lait de vache.

Tableau 2 : Les différents types de matières grasses du lait de vache (BOUTONNIER, 2006).

<table>
<tr><th colspan="3">Composants</th><th>Teneur (1) %</th></tr>
<tr><td rowspan="5">Substances lipidiques</td><td rowspan="3">Glycérides</td><td>Triglycérides</td><td>96</td></tr>
<tr><td>Di glycérides</td><td>2</td></tr>
<tr><td>Mono glycérides</td><td>0.1</td></tr>
<tr><td colspan="2">Glycérophospholipides et sphingolipide</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="2">Cérides</td><td>0.03</td></tr>
<tr><td colspan="2">Stérides</td><td>0.04</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">Substances non lipidiques et Liposolubles (2)</td><td>Acides gras libres</td><td>0.15</td></tr>
<tr><td>Substances insolubles : Cholestérols et autres composants</td><td>0.04</td></tr>
<tr><td colspan="4">(1) En grammes pour 100 grammes de matières grasses totales.
(2) 0.6 % au total.</td></tr>
</table>

Les acides gras (AG) sont le composant principal de la matière grasse du lait, dont 1 % de phospholipides, en particulier des sphingolipides et des composés liposolubles tels que les vitamines liposolubles A, D, E et K.

Plus de 400 acides gras différents composent la matière grasse du lait (MGL) avec des degrés de saturation et des longueurs de chaînes très différentes et variables. La MGL se caractérise

par sa richesse en acides gras chaînes courtes et moyennes saturées (13 % dans le lait), l'acide myristique est exceptionnellement riche (9 à 12 % des AG totaux), ces acides gras mono-insaturés comprennent l'acide oléique (30 % des AG totaux), mais aussi, les CLA (acides gras à chaines conjuguées) **(SOUSTERE et al**, **2011).**

La matière grasse du lait est l'une des principales sources d'acides gras dans l'alimentation humaine. En moyenne, ils sont constitués de 70 % d'acides gras saturés (AGS), 26 % d'acides gras mono-insaturés **(AGMI)** et 4 % d'acides gras polyinsaturés **(AGPI). (FRETIN**, **2016).**

La matière grasse du lait est constituée d'1% de phospholipides. Ces derniers sont riches en acides gras insaturés. Par ailleurs, Le lait de vache renferme un taux réduit en acides gras essentiels (acide linoléique C18 :2 et acide linoléiques C18 :3) par rapport au lait maternelle (1.6% contre 8.5% en moyenne) **(JEANTET et al**, **2008).**

Selon (**STOLL 2003),** l'acide acétique et l'acide butyrique sont les principaux constituants de la matière grasse du lait. L'acide acétique est le produit des glucides pariétaux des fourrages (cellulose) et l'acide butyrique est formé à partir des glucides rapidement fermentescibles (sucre de betterave). Ainsi, la matière grasse du lait résulte des réserves lipidiques mobilisables de la vache. Enfin, dans certaines conditions, la matière grasse du lait renferme des graisses alimentaires.

2.3 Les protéines :

Selon (**JEANTET et al 2008),** le lait de vache contient 3,2 à 3,5% de protéines et se divise en deux fractions distinctes, comme suit :

- La caséine, qui précipite à pH 4,6, représente 80 % des protéines totales ;
- Les protéines sériques solubles à pH 4,6 représentent 20 % des protéines totales.

2.3.1 La caséine :

JEAN et DIJON(1993) ont rapporté que les caséines sont des polypeptides complexes résultant de la polycondensation de divers acides aminés, la leucine, la proline, l'acide glutamique et la sérine étant les plus importants. La caséine calcique, dont la masse molaire atteint 56 000 g mol-1, forme des dispersions colloïdales dans le lait. Le diamètre des micelles de protéines dans le lait est d'environ 0,1 μm. La figure n°1 montre la structure des micelles et la sous micelle de caséines.

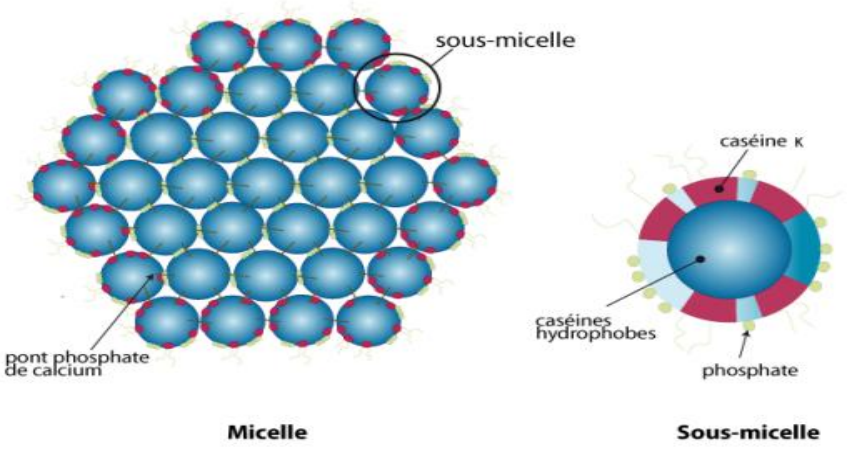


Figure n°1 : structure des micelles et la sous micelle de caséines **(BYLUND**, **1995).**

2.3.2 Les protéines du lactosérum :

La protéine de lactosérum contient 15 à 28 protéines de lait et 17 substances azotées **(DEBRY**, **2001).**

(THAPON, 2005) définit la protéine de lactosérum comme une protéine nutritive riche en acides aminés soufrés, en lysine et en tryptophane. Ils ont des propriétés fonctionnelles remarquables mais sont sensibles à la dénaturation thermique.

2.4 Le lactose :

(MATHIEU, 1999) précise que le lait contient des glucides à base de lactose. Sa molécule C12H22C11 est composée de résidus galactose liés à des résidus glucose. Le lactose est synthétisé dans les cellules acini à partir du sucre sanguin. Il est produit principalement par le foie.

2.5 Les minéraux :

Un ensemble de constituants qui existent à l'état de sel ionique ou non dissocié. Ils sont en partie en solution et en partie à l'état colloïdal liés à la caséine dans des micelles. Les composants de la solution se présentent sous de nombreuses formes :

- calcium, magnésium, sodium et potassium sont à l'état ionisé ;

- Phosphate et citrate sont sous formes mono, di et triphosphates **(MAHAUT et al, 2000).**

La quantité des minéraux contenus dans le lait après incinération varie de 0,60 à 0,90% **(VIGNOLA, 2002).**

2.6 Les vitamines :

Ce sont des molécules plutôt complexes mais de taille beaucoup plus faible que les protéines, de structures très variées ayant un rapport étroit avec les enzymes car elles jouent un rôle de coenzyme associé à une apoenzyme protéique. On classe les vitamines en deux grandes catégories :

- Les vitamines hydrosolubles (vitamines du groupe B et vitamine C) de la phase aqueuse du lait ;
- Les vitamines liposolubles (vitamines A, D, E et K) associées à la matière grasse, certaines sont au centre du globule gras et d'autres à sa périphérie) (**POUGHEON et GOURSAUD, 2001).**

2.7 Les enzymes :

Ce sont des substances organiques à base de protéines qui sont produites par des cellules ou des organismes vivants et agissent comme catalyseurs de réactions biochimiques. Environ 60 +6+enzymes majeures ont été identifiées dans le lait, dont 20 sont d'origine naturelle.

Une grande partie se retrouve dans la membrane des globules gras mais le lait contient de nombreuses cellules (leucocytes, bactéries) qui élaborent des enzymes : la distinction entre éléments natifs et éléments extérieurs n'est donc pas facile.

3. La qualité nutritionnelle du lait :

Le lait contient des nutriments essentiels et il est une source importante d`énergie alimentaire, de protéines et de matières grasses de haute qualité.

Le lait contribue de manière significative aux besoins nutritionnels recommandés, tels que, le calcium, le magnésium, le sélénium, la riboflavine, la vitamine B12 et l'acide pantothénique.

La consommation du lait et les produits laitiers contribue à la diversification des régimes alimentaires à base de plantes. Le lait d'origine animale bénéficie d'un très faible apport en matières grasses et peut jouer un rôle important dans la nutrition des enfants ayant un accès limité à d'autres aliments d'origine animale **(FAO, 2023).**

4. Les propriétés physico- chimiques :

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

4.1 La densité et la masse volumique :

La densité du lait est également liée à sa forte teneur en matière sèche. Le lait à faible teneur en matière sèche est moins dense, mais le lait contient des matières grasses avec une densité inférieure à 1 (0,93 à 20c), donc le lait riche en matières grasses est plus dense. En réalité, la masse volumique de l'eau est de 1 g/ml à 4°C et de 0,99823 g/ml à 20°C.

La densité du lait à 15°C varie entre 1,028 et 1,035 avec une moyenne de 1,032. Chaque ingrédient affecte la densité du lait. La matière grasse est le seul composant dont la densité est inférieure à 1, donc plus un lait ou un produit laitier contient de matières grasses, plus sa densité est faible **(VIGNOLA, 2002**).

4.2 Le pH :

Le pH renseigne précisément sur l'état de fraicheur du lait. Un lait de vache frais a un pH de l'ordre de 6,7. S'il y a une action des bactéries lactiques, une partie du lactose du lait sera dégradée en acide lactique, ce qui entraine une augmentation de la concentration du lait en ions hydronium (H3O+) et donc une diminution du pH, car : pH = log 1 / [H3O+]

A la différence avec l'acidité titrable qui elle mesure tous les ions H+ disponibles dans le milieu, dissociés ou non (acidité naturelle + acidité développée), reflétant ainsi les composés acides du lait. **(CIPC Lait**, **2011)**.

4.3 Le point d'ébullition :

(AMIOT et al, **2002)** ont défini le point d'ébullition comme la température atteinte lorsque la pression de vapeur d'une substance ou d'une solution est égale à la pression appliquée. Par

Conséquent, comme le point de congélation, le point d'ébullition est affecté par la présence de solides dissous. Il est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, 100,5°C.

4.4 L'acidité du lait :

L'acidité de titration indique le taux d'acide lactique formé à partir du lactose. Un lait frais a une acidité de titration de 16 à 18°Dornic (°D). Conservé à la température ambiante, il s'acidifie spontanément et progressivement. **(MATHIEU**, **1999).**

C'est la raison pour laquelle on distingue l'acidité naturelle, celle qui caractérise le lait frais, d'une acidité développée issue de la transformation du lactose en acide lactique par divers microorganismes. **(CIPC LAIT**, **2011).**On exprime couramment l'acidité d'un lait en degrés Dornic.

Deux laits peuvent avoir le même pH et des acidités titrables différentes et inversement. C'est à dire qu'il n'y a pas de relation d'équivalence réelle entre le pH et l'acidité de titration. **(DIENG**, **2001).**

4.5 Le point de congélation :

(NEVILLE et JENSEN, 1995) ont pu montrer que le point de congélation du lait est légèrement inférieur à celui de l'eau pure car les solides dissous abaissent le point de congélation. Cette propriété physique est mesurée pour déterminer si de l'eau a été ajoutée au lait.

En général, tout processus qui modifie la quantité ou la composition du lait entraîne une modification du point de congélation **(MATHIEU, 1999).** Le tableau suivant rapporte les caractéristique**s** physico-chimiques du lait de vache**.**

Tableau n 3 : les caractéristiques physico-chimiques du lait de vache (ALAIS, 1984)

Constantes	Valeurs extrêmes
Densité du lait à 20°C	1,028- 1,033
pH à 20°C	6,6- 6,8
Acidité titrable	15-17 D°
Point de congélation (°C)	-0.550,-0.520 C°
Viscosité du lait entier à 25 °C	1.6 – 1.2
Point d'ébullition (°C)	100,17 -100, 1 C°

5. Les facteurs influençant la composition du lait :

Selon (**COULON, 1994),** la composition chimique du lait et ses caractéristiques technologiques varient sous l'influence de multiples facteurs. Les principaux facteurs sont liés à l'animal (facteurs Génétiques, stade de lactation, état sanitaire …), au milieu et à la conduite d'élevage (Saison, climat, alimentation).

5.1 Les facteurs liés à l'animal *:*

Ce sont les facteurs intrinsèques, ils sont d'ordre génétique, physiologique et sanitaire.

5.1.1 Les facteurs génétiques :

Le rendement d'un animal dépend de son potentiel génétique (génotype) et des conditions d'élevage (environnement). De plus, pour avoir une production laitière importante, il est nécessaire d'assurer à l'animal, les conditions d'élevage adéquates pour extérioriser son potentiel.

5.1.1.1 Stade de lactation :

Les teneurs du lait en matières grasses et protéiques évoluent de façon inverse à la quantité de lait produite. Elles sont élevées en début de lactation, elles chutent jusqu'à un minimum au 2eme mois de lactation après un palier de 15 à 140 jours. Les taux croissent plus rapidement dans les trois derniers mois de lactation **(POUGHEON et GOURSAUD, 2001).**

5.1.1.2 Age et nombre de vêlage :

(VEISSEYRE, 1975), montre que la quantité de lait augmente généralement du 1er vêlage au 5eme, puis diminue sensiblement et assez vite à partir du 7eme.

Le vieillissement des vaches provoque un appauvrissement de leur lait, ainsi la richesse du lait en matière sèche tend à diminuer. Ces variations dans la composition sont attribuées à la dégradation de l'état sanitaire de la mamelle ; en fonction de l'âge, le nombre de mammites croit et la proportion de protéines solubles augmente en particulier celles provenant du sang.

5.1.1.3 L'état sanitaire :

L'infection mammaire perturbe le fonctionnement de la glande et modifie la composition du lait. La prolifération bactérienne déclenche une réaction inflammatoire de défense entraînant des lésions et modifications des tissus. L'altération et la destruction des cellules de l'épithélium

sécrétoire et l'augmentation des perméabilités vasculaires et tissulaires facilitent le passage de constituants du sérum sanguin dans le lait **(Brulé et al 2008).**

5.1.2 Les facteurs liés à l'environnement :

5.1.2.1 L'alimentation :

L'alimentation joue un rôle important ; elle permet d'agir à court terme et de manière différente sur les taux de matière grasse et de protéines. En effet, selon **Coulon** et **Hoden** en (1991), le taux protéique varie dans le même sens que les apports énergétiques, il peut aussi être amélioré par des apports spécifiques en acides aminés (lysine et méthionine). Quant au taux butyreux, il dépend à la fois de la part d'aliment concentré dans la ration, de son mode de présentation et de distribution (finesse de hachage, nombre de repas, mélange des aliments).

5.1.2.2 Saison et climat :

L'effet propre de la saison sur les performances des vaches laitières est difficile à mettre en évidence compte tenu de l'effet conjoint du stade physiologique et des facteurs alimentaires. **(COULON, et al., 1991)**

II. Le fromage :

1. Définition et composition du fromage :

Le fromage selon la norme codex, est le produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou demi dure, dure ou extra dure qui peut être enrobé et dans lequel le rapport protéines de lactosérum : caséine ne dépassent pas celui du lait **(commission du codex Alimenarius, 1978).**

Tableau n° 4 : Composition moyenne comparée du lait et des fromages Selon ALAIS et LINDEN.

LAIT		FROMAGES
L'EAU	Environs 87 %	Eliminée en partie par fabrication. Teneur en eau varie de 35% (pâte cuite dure), 50%(pâte molle), 80%(fromage frais)
GLUCIDES	Lactose 5% Les ferments lactiques transforment le lactose en acide lactique, ce sucre peut	Pratiquement éliminé avec l'eau par la fabrication

	être également transformé en alcool.	
LIPIDES	Environ4% Sous forme de globules gras très petits en émulsion dans le liquide Ce sont en majeure partie traiacylglycérols (beaucoup d'oléine) avec un peu de lécithines	Se retrouvent dans la majorité des fromages sauf dans les fromages « maigre» 23 % fromages à pâte molle 30% fromages à pâte dure
PROTEINES	Environ 3.5% Les plus importantes en quantités sont les caséines : 3% Les protéines du sérum sont aussi d'un apport non négligeable	La caséine coagulant avec la présure, est l'élément essentiel de tous les fromages (même maigre) 18%fromages à pâte mole 19% fromages blancs au lait écrémé 24% fromages à pâte ferme
Minéraux	Très intéressante valeur minérale car très riche en calcium et en phosphore Le calcium étant plus abondant que le phosphore, le rapport Ca/p=1.39 donc le lait est recalcifiant Contient aussi potassium et chlorure de sodium.	Grand richesse en calcium et en phosphore, sur tout dans le fromage à pâte ferme rapport Ca/p=1.26 en moyenne ; donc aliment recalcifiant Plus au moins riches en chlorures de sodium selon leur fabrication.
VITAMINES	B1 en petite quantité B2 assez importante C en quantité variable dans le lait frais ; mais pratiquement détruite au contact avec l'air durant la manipulation et le transport et par la pasteurisation et l'ébullition A en quantité important dans la matière grasse, donc absente dans le lait écrémé D en quantité variable selon la saison.	Les fromages fermentés à pâte molle notamment les fromages bleus, sont de bonnes sources de vitamines B, du fait des synthèses réalisées parlent moisissures

2. La classification des fromages :

Il existe une grande variété des fromages qui différent par le goût, l'odeur, la texture ou la forme. Cette variété dépend de plusieurs paramètres liés à l'origine du lait, la matière dont le lait est transformé, et de son traitement thermique.

On divise généralement les fromages en deux grandes sections : ceux à pâte molle et ceux à pate ferme, catégories qui sont, elles-mêmes, subdivisées en fromages frais et fromages affinés pour la première, et fromages presses et fromages cuits et pressés pour la seconde catégorie. La classification des fromages est montrée dans la figure n°2 **(LENOIR et *al.* 1985).**

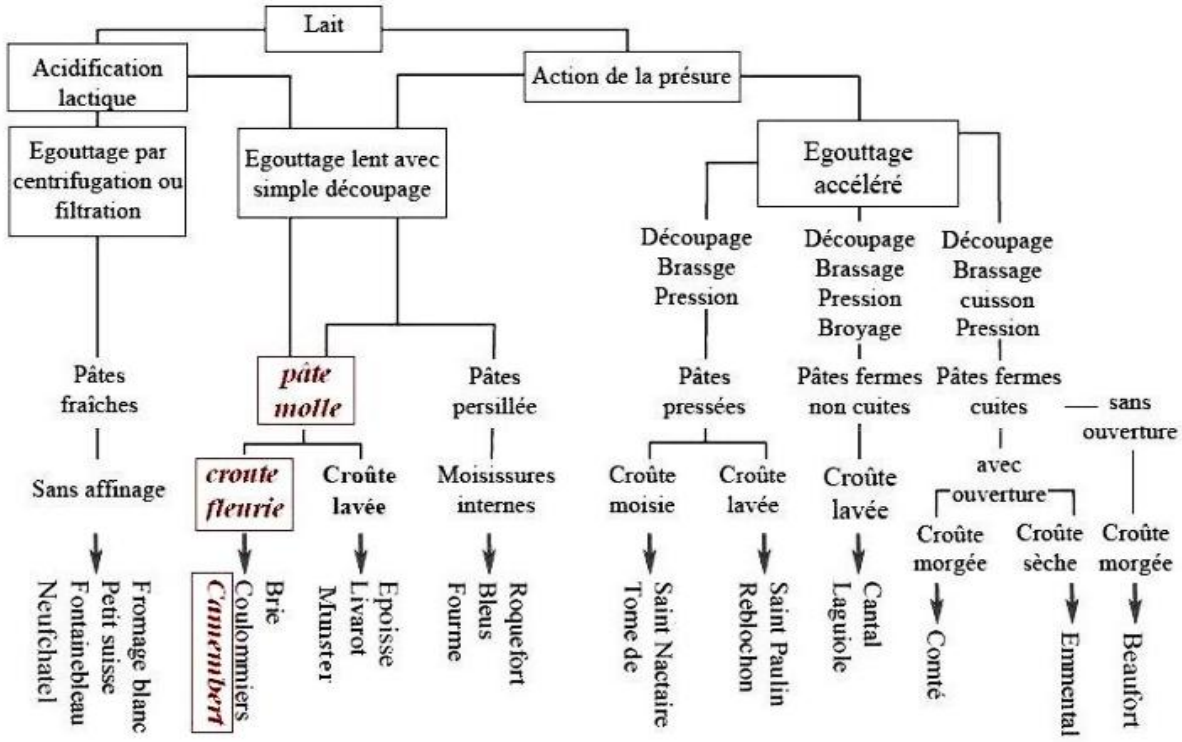


Figure n° 2 : ***La diversité des fabrications fromagères*** **Lenoir et *al.* (1985).**

3. La valeur nutritionnelle du fromage :

L'intérêt des fromages présente de nombreux points communs avec celui du lait. Toutefois, leur fabrication s'accompagne de modification de composition et de valeur nutritionnelle. En plus d'être une source de divers éléments nutritifs comme de vitamines et des protéines d'excellente qualité, les fromages, surtout ceux à pate ferme et dure, contiennent une grande quantité de calcium. **(AMIOT, et al., 2002)**

Le fromage est à la fois un aliment protecteur pour l'adulte et un aliment de croissance pour le jeune, du fais de la présence de protides de valeur biologique élevée, et du complexe phosphore calcium vitamine. Il est généralement beaucoup mieux accepté que le lait et sa digestion est plus facile. **(TREMOLIERE, et al., 1984).**

3.1 Valeur énergétique

La teneur calorique des différents fromages varie de 100 kcals pour 100 g de fromage frais à 350 kcals environ pour 100 g de fromage à pâte pressée. Avec une teneur en lactose faible, l'essentiel des calories provient des lipides. **(DILLON, et al., 1997)**

3.2 Source de lipides :

L'onctuosité de la pâte du fromage est de sa teneur en lipides. Lors de la maturation, sous l'influence des lipases microbiennes se forment des acides gras libres par lipolyse. Ces acides gras libres représentent 0,25 % de la matière grasse du camembert frais et passe à 6,4% après formation de l'arôme. Les lipides du lait (triglycérides, phospho glycérides, sphingosines) se trouvent dans le fromage sous forme émulsionnée, ce qui les rend digestibles.

3.3 Source de calcium :

Les fromages n'ont pas tous le même apport en calcium. Cet apport varie en fonction de la teneur en eau, et du mode de fabrication. Les plus riches sont les fromages à pâte pressée cuite dans lesquels le rapport Ca/P = 1, les fromages à pâte molle apportent moins de calcium : Ca/P = 5. Les fromages frais sont les moins minéralisés. **(TREMOLIERE, et al., 1984)**

3.4 La teneur en protéines :

La teneur en acide aminées des protéines des fromages confère à ces produits une valeur biologique extrêmement élevée. De ce fait, ils conviennent tout particulièrement aux sujets en croissance dont les besoins en acides aminées sont élevés que ceux d'adulte. **(DILLON, et al., 1997)**

3.5 Source de vitamines :

La valeur vitaminique des fromages est différente de celle du lait. Une partie des vitamines hydrosolubles se retrouve au cours de l'égouttage entraînée dans le lactosérum. Le taux de rétention du caillé est de 25 %, celui de la vitamine « C » est de 0 %, en compensation, la microflore bactérienne et fongique réalise la synthèse de plusieurs vitamines du groupe « B ». **(TREMOLIERE, et al., 1984)**

Chapitre 2 : La fabrication du camembert et l'analyse sensorielle

Chapitre 02 : La fabrication du camembert et l'analyse sensorielle

I. La fabrication du camembert :

1. Historique du camembert :

Le camembert a été fabriqué pour la première fois en 1791 par Marie Harle, une fermière normande, inspirée par le curé de Brie. La diffusion effective se situe vers la fin du 19ème siècle, proche de l'industrialisation du cycle de production.

En 1890, l'ingénieur Riedel crée des caisses pour l'expédition du fromage, permettant son exportation à l'étranger. Initialement, la couleur blanche de la croûte était arbitraire, mais ce n'est qu'au XXe siècle grâce à l'utilisation de la moisissure que le camembert est devenu une exigence standard.

Les premières traces historiques l'identifient près du village du même nom (Camembert, en Normandie, puis dans le nord-ouest de la France).

Depuis 1983, le Camembert de Normandie, son terroir et ses modes de production bénéficient d'une AOC (Appellation d'Origine contrôlée). En 1993, il a été reconnu au niveau européen avec la certification AOP (Appellation d'Origine Protégée).

2. Définition du fromage à pâte molle type camembert :

Les fromages à pâte molle sont des fromages affinés ou non ayant éventuellement subi, indépendamment de la fermentation lactique, d'autres fermentations, et dont la pâte n'est ni cuite ni pressée.

Le camembert, est un fromage à pâte molle qui a la forme d'un cylindre aplati ou d'une partie de celui-ci et qui est vieilli principalement par moulage en surface. La pâte est blanc cassé à jaune pâle, molle (lorsqu'elle est pressée avec le pouce), non friable, et mûrit 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 **(CODEX STAN, 1978)**

3. Composition et valeur nutritionnelle du camembert :

Selon le mode de production, le camembert contient 30 à 50 % matière azotée /matière sèche, ce qui en fait l'une des meilleures sources alimentaires de protéines hautement digestibles **(MIETTON**, **1995).** De plus, la valeur biologique élevée de ces protéines est due à la fois à leur composition équilibrée en acides aminés et à leur capacité à former des pâtes de fromage très appréciées des consommateurs dans de nombreuses régions du monde.

La graisse de camembert (25-40%) détermine l'onctuosité de la pâte et elle est une source importante de la saveur particulière conférée au produit final **(NEELAKANTEN et al**, **1971).**

Les fromages affinés ne contiennent pratiquement pas de glucides. En effet, la petite quantité de lactose qui reste dans le caillé après égouttage est convertie en acide lactique au cours du vieillissement. Comme pour les autres nutriments, le camembert est une source importante de calcium. (200-700 mg/100 g), phosphore, sodium, vitamines (surtout du groupe B) **(ECK, 1990).**

4. Le processus de fabrication du camembert :

4.1 Nature de la matière première :

La fabrication du camembert à pâte molle nécessite l'utilisation d'un lait de haute qualité bactériologique et physico-chimique, ainsi dans les pays à longue tradition fromagère comme la France, ce fromage est soit fabriqué directement à partir de lait cru, soit pasteurisé.

Dans les pays où il y a une pénurie de production de lait cru (cas de l'Algérie dont l'offre ne satisfait que 40% de la demande), utiliser du lait reconstitué fabriqué à partir de produits (poudre de lait et matière grasse laitière anhydre : MGLA) auxquels ont été ajoutés des ingrédients appropriés et de l'eau largement reconstituée.

REMEUF et al. (1991) soulignent en outre que l'aptitude à la transformation du lait en fromage est dépendante d'un certain nombre de paramètres dont :

- Sa composition chimique (notamment sa richesse en caséines) ;
- Sa charge microbienne et la nature de sa microflore ;
- Son aptitude au développement des bactéries lactiques ;
- Enfin, son comportement vis à vis de l'enzyme coagulante à savoir la présure.

4.2 Traitement préliminaire du lait :

Le lait réceptionné par l'usine doit être contrôlé pour exclure tout lait impropre à la transformation fromagère (lait plus ou moins caillé à forte charge microbienne).

Après stockage à basse température (3-4°C), le lait utilisé pour la fabrication du fromage subit certains traitements techniques, dont l'homogénéisation et le traitement thermique, pour assurer un bon rendement de production tout en garantissant un bon produit fini. Cependant, une mauvaise prise en charge de ces traitements peut entraîner des modifications physico-chimiques et nutritionnelles désagréables.

4.2.1 La standardisation :

La standardisation sert à ajuster la composition du lait selon celle du fromage à élaborer. Pour ce faire, la teneur en matière grasse du lait doit être aux alentours de 28g/l et le taux de protéine du Camembert doit être supérieur à 31 g/kg de fromage) **(BOUTERFA, 2020).**

4.2.1 L'homogénéisation :

C'est une action mécanique réalisée à une température supérieure à 60 °C dans un homogénéisateur. Son but est de stabiliser les émulsions de matière grasse laitière en réduisant le diamètre des globules gras à environ 1 micron en soumettant le lait à une pression de 100-200 bars **(BOURDIER et LUQUET**, **1991).**

4.2.2 Le traitement thermique :

Le traitement thermique du lait dépend de la température et du temps de chauffage. Ce traitement peut affecter le microbiote naissant d'une part et la composition physico-chimique du lait d'autre part. Cet effet se manifeste par des changements dans diverses propriétés du lait, se manifestant par des changements dans la qualité du produit final, en particulier la valeur nutritionnelle **(ECK, 1990).**

Par conséquent, la thermisation (traitement à 64°C pendant 15-20 secondes) est nécessaire pour éliminer les bactéries psychotropes. Ces micro-organismes se développent dans le lait réfrigéré (provenant de fermes ou de fromageries).

De plus, les techniques de pasteurisation sont utilisées de manière optimale dans l'industrie fromagère pour détruire complètement les agents pathogènes du lait tout en réduisant la microflore. A noter que la technique de pasteurisation est ajustée en fonction des repères pertinents (température / temps de chauffe). Pasteurisation à 63 °C pendant 30 minutes ou pasteurisation de haut niveau (HTST) à 72 °C pendant 20 secondes **(LUQUET et BOURDIER1991).**

4.3 Les étapes clé de la fabrication du camembert :

La Fabrication du camembert passe par la réussite de nombreuse étapes technologiques dont principalement :

- L'ensemencement-Maturation ;
- La Coagulation ;
- Le Découpage et le Tranchage ;
- Le Moulage ;
- L'égouttage ;
- Le salage ;
- Le ressuage ;
- L'affinage ;
- Et le Conditionnement –Emballage.

4.3.1 La Phase d'Ensemencement – Maturation :

La première étape de la production de camembert à partir de lait est l'ajout de bactéries lactiques sélectionnées. Les bactéries lactiques provoquent la coagulation du lait (entraînant une acidification) et sont également impliquées dans l'activité protéolytique lors de l'affinage de ce fromage. Ajouter une petite quantité de lait avec du liquide fermenté à l'acide lactique à température moyenne. Elle est d'environ 1,5 à 2 % **(LENOIR, et, al. 1985).** Pour un bon développement des souches lactiques inoculées, un temps de maturation suffisant doit être garanti.

4.3.2 La Coagulation :

La Coagulation entraîne la formation d'un gel (ou coagulum), qui dans le cas du camembert est provoqué par des modifications physico-chimiques se produisant autour des micelles de caséine, contribuant à leur extrême déstabilisation.la coagulation mixte est utilisée pour faire du fromage à pâte molle.

Elle est assurée par la combinaison de l'action de la présure (coagulation enzymatique) et celle des bactéries lactiques (coagulation acide). Pour ce qui est de la coagulation acide (sous l'effet de l'acide lactique produit par les bactéries lactique), la chute du PH conduit à la solubilisation du calcium et du phosphate inorganique. Par conséquent, le pont salin casse petit à petit les micelles. Celles-ci se lient entres elles en formant un gel cassant, très friable et peu élastique **(MIETTON**, **1995).**

La coagulation enzymatique est assurée par l'action de la présure ; une enzyme protéolytique tirée de caillettes de veaux non sevrés. La présure présente deux fractions actives la première dite majeur (80%) appelée Chymosine et la deuxième mineure (20%) est la pepsine **(ECK**, **1990).**

Il est important de signaler qu'au cours de la coagulation enzymatique, la présure hydrolyse la caséine **k** au niveau de la liaison (Phe105-Met106), ce qui provoque une déstabilisation des micelles de caséines. Ces dernières se floculent petit à petit afin de former un gel ferme et compact représentant une bonne cohésion (**VEISSEYRE**, **1975**).

4.3.3 Le Découpage et le Tranchage :

Le Tranchage consiste à découper le gel en portions égales et plus ou moins grandes afin d'augmenter La surface d'exsudations de lactosérum.

4.3.4 Le Moulage :

Le Moulage est la mise en moule du caillé, le but de celui-ci est de donner la forme finale au fromage.

4.3.5 L'Egouttage :

Le principal but de cette étape est de séparer le lactosérum du caillé tout en contrôlant l'humidité, la minéralisation et le délactosage. D'après**,** durant l'étape de l'égouttage, deux actions complémentaires peuvent être observés, pour la première il s'agit d'une expulsion du sérum par le coagulum qui se contracte et se concentre (synérèse), la deuxième consiste à la séparation du sérum et du caillé par action physique.

4.3.6 Le Salage :

La pâte obtenue subit un salage par adjonction de chlorure de sodium. Le sel assure l'élimination de certaines proliférations microbiennes, il permet de poursuivre l'étape de l'égouttage et sert comme exhausteur de goût en relevant la saveur du fromage.

Le salage fait appel à deux techniques ; la première consiste à un salage à sec par saupoudrage superficiel, par frottage ou par incorporation dans la masse du caillé. La deuxième technique représente le salage en saumure par immersion dans une solution saturée en Na Cl « 317,8 g /l ». La teneur en sel du fromage à pâte molle type Camembert est de l'ordre de 1,7 à 2,5 g/100g de fromage. **(ALAIS et LINDEN**, **1993).**

4.3.7 Le Ressuage :

Cette opération s'effectue avant l'affinage, elle consiste en un séchage en surface (élimination de la pellicule d'eau), ce qui permet d'éviter toute contamination par l'eau. La pulvérisation du pénicillium est réalisée en même temps qu'un ressuyage de la surface. Cette étape a pour fonction d`assécher la surface du fromage dans une salle dédiée. L'objectif de cette opération est de favoriser le développement de la flore recherchée, en limitant celui des bactéries et autres indésirables.

4.3.8 L'Affinage :

C'est une étape de digestion enzymatique, il s'agit des enzymes de la flore microbienne présente, responsables de la dégradation des constituants du caillé. La pâte subit une multitude de modification autour de son aspect, sa texture et sa consistance. À ce stade, cette pâte devient un produit élaboré dénommé fromage.

Selon (**MIETTON, 1995),** l'affinage est assuré par l'association de trois principales actions biochimiques à savoir ; la dégradation des protéines, l'hydrolyse de la matière grasse et la fermentation du lactose.

4.3.9 Le Conditionnement –Emballage :

Dans la fabrication fromagère l'étape la plus importante est le conditionnement car l'emballage est nécessaire pour protéger le fromage contre la contamination des microbes, des infestations et de mauvaises odeurs de l'environnement. Il a pour rôle aussi d'éviter la perte d'humidité.

Cette dernière a pour but de conserver la qualité et de conserver son apparence. Les emballages employés pour le conditionnement doivent être étanches, propres et inertes.

II. L'analyse sensorielle :

1. Historique et définition de l'analyse sensorielle :

L'analyse sensorielle ou métrologie sensorielle représente l'ensemble des méthodes qui permettent d'évaluer la qualité organoleptique d'un produit. Cette discipline s'est développée dans les années 60 avec l'industrie agroalimentaire, au moment de l'éclosion de la société de consommation. Jusqu'alors il était seulement possible de vérifier si un produit était sain sur le plan physico-chimique, nutritionnel et microbiologique **(LEFEBVRE. A, 2003).**

À l'heure actuelle, la tâche essentielle de l'analyse sensorielle est d'identifier les désirs et les préférences des consommateurs comme des caractéristiques spécifiques et bien définies d'un produit particulier, en partant de l'hypothèse que certains des sens sont structurés par des préférences. En comparant et en analysant les caractéristiques des produits que les consommateurs aiment et n'aiment pas, l'analyse sensorielle nous aide à comprendre les avantages et les inconvénients et à les adapter aux goûts des consommateurs. Cette connaissance est essentielle pour les entreprises qui souhaitent rester compétitives sur le marché **(LEFEBVRE. A, 2003).**

2. Les objectifs de l'analyse sensorielle :

L'objectif de l'analyse sensorielle consiste en l'étude systématique et structurée des caractéristiques des produits afin de pouvoir les décrire, les classer ou les améliorer de manière très objective et rigoureuse **(LEFEBVRE. A, 2003).**

Si le produit doit être perçu comme différent, les épreuves dévaluation sensorielle permettent de confirmer ou d'infirmer cette réalité. Elles contribuent à maitriser les efforts de conception nécessaire à amélioration des stimuli perçus par le consommateur (**AVRAMESCU et AL., 2014**).

Ainsi, selon le type, l'évaluation sensorielle peut avoir comme objectifs :

- Décrire et caractériser les produits afin d'établir un profile sensoriel ;
- L'étude de la compréhension des consommateurs et/ou de leurs préférences ;

- Amélioration et optimisation de la qualité des produits ou conception de nouveaux produits ;
- Etudier l'impact des conditions de fabrication, suivre les effets du stockage et déterminer ainsi une date limite d'utilisation optimale ;
- La comparaison entre les produits concurrents ;
- La comparaison entre deux produits pour étudier l'influence de certains procédées technologiques sur les qualités organoleptiques de ces dernières **(BRANGER et al., 2007)**

3. Principe de la méthodologie sensorielle :

3.1 Propriétés organoleptiques

La qualité organoleptique des aliments regroupe les propriétés d'un produit perceptibles par les organes des sens :

- **L'apparence :** l'apparence peut être les attributs de qualité initiaux qui attirent le consommateur vers un produit et peut aider dans les achats impulsifs.
- **La flaveur :** la saveur a été définie comme un mélange des sensations de goût (sucré, acide, salé, amer), d'odorat, la pression, et souvent des sensations cutanées telles que la chaleur ou douleur légère. La saveur est généralement décrite par l'arôme (odeur et le gout).
- **La texture :** les paramètres de texture des produits sont perçus avec le sens du toucher, soit lorsque le produit est ramassé par la main ou placé dans la bouche et mâché.

3.2. La perception sensorielle :

L'être humain est équipé de capteurs sensoriels, Ces capteurs constituent une interface entre le sujet et le monde extérieur et quelle que soit la stimulation extérieure, ils mettent en jeu les mêmes mécanismes sensoriels **(FURTUNA, 2011).**

3.3 La réponse sensorielle

3.3.1 La vision :

C'est le système sensoriel qui entre en jeu le premier et qui sera à l'origine d'une certaines attente vis -à- vis du produit. La vision est très importante dans l'acte d'achat**.** L'observation d'un aliment nous renseigne sur : sa forme, sa couleur, son état, et sa consistance **(TOUSSAINT. F, 2003).**

3.3.2 Le goût :

Le goût au sens commun du terme regroupe en réalité l'olfaction et la gustation. En effet, lors de la prise d'un aliment en bouche, les molécules sapides se solubilisent dans la salive et stimulent les bourgeons du goût situés dans les papilles de la langue : la sensation perçue est appelée saveur. Quant aux molécules odorantes, qui sont volatiles, elles remontent vers la cavité nasale par l'arrière du voile du palais pour aller stimuler notre système olfactif. On parle alors de stimulation olfactive par la voie rétro-nasale **(BRIAND**, **2018).**

3.3.3 L'olfaction :

L'olfaction est un sens très peu développé chez l'être humain. Les molécules odorantes doivent êtres volatiles pour pouvoir atteindre l'épithélium olfactif mais elles doivent également être hydrosolubles pour pouvoir atteindre les récepteurs des cils qui baignent dans le mucus **(MOZELL**, **1970).**

Après que l'odeur arrive dans les neurones olfactifs, elles se dirigent sous forme d'influx vers le bulbe olfactif. Les neurones qui possèdent le même type de récepteurs et sont donc excité par les mêmes substances se regroupe dans un même glomérule pour éviter tout mélange des messages de plusieurs régions du cerveau. Celle-ci arrive sous formes d'image olfactive **(FURTUNA, 2011).**

3.3.4 Le toucher :

Le contact physique avec un aliment nous apporte deux types d'information :

- Information mécanique : le contact de la peau et des doigts nous renseigne sur la consistance du produit. L'action mécanique de la bouche nous délivre des informations plus précises : l'onctuosité, le croustillant, le fondant, le moelleux ou le gluant pour certains fromages par exemple.
- Information thermique : par le contact nous pouvons juger de la température du produit, certains plats s'appuient sur les contrastes thermiques pour assurer leur réussite (**TOUSSAINT**, **2003).**

3.4 La méthodologie sensorielle :

L'analyse sensorielle traditionnelle peut être divisée en deux : analytique et affective. D'une part, Les tests analytiques qui comprennent des évaluations discriminatoires et descriptives,

tentent de décrire et différencier les produits. D'autre part, les tests affectifs tentent d'évaluer l'acceptation du produit et sont divisés en tests de préférence et tests hédoniques (Ruiz-Capillas etal. 2021). Le choix de ces méthodes est basé sur l'objectif du test et la nature et le nombre des produits analysés **(HERBET, 2018).**

3.4.1 Les épreuves analytiques :

Les tests analytiques sont destinés à mettre en évidence des différences entre produits ou à décrire les propriétés sensorielles des produits, abstraction faite du sentiment de satisfaction ou au contraire de déplaisir qu'ils peuvent procurer **(CLAUSTRIAUX, 2001).**

A. Les tests discriminatives :

Test pour déterminer s'il existe des différences sensorielles ou des similitudes entre les produits, sans décrivant leur nature. Ces méthodes ont l'avantage d'être normalisées, d'être simples à mettre en œuvre et à interpréter. Nous pouvons utiliser le test triangle, le test duo-trio, deux tests sur cinq.

- Test triangulaire : est l'essai discriminatif le plus utilisé et le plus efficace. Les sujets initiés reçoivent 3 échantillons dont 2 proviennent du même produit, et le troisième est différent **(FURTUNA, 2011) ;**
- Test duo-trio : un témoin a préalablement été présenté, il faut le reconnaître au sein d'une paire d'échantillon.
- Test deux sur cinq : cinq produits sont présentés dont 2 proviennent d'un lot A et 3 proviennent d'un lot B, il s'agit de regrouper les échantillons perçu comme identiques.

B. Les tests descriptifs :

Est l'une des méthodes la plus utilisées dans l'industrie alimentaire pour décrire la perception des produits lors de leur consommation.

Le teste descriptif est la méthode la plus fiable et la plus précis et peuvent être classées en trois groupes :

- Les méthodes quantitatives : permettent d'obtenir une description relativement complète, qualitative et quantitative ;
- Les méthodes non verbales : sont développées pour s'affranchir de la verbalisation des sensations, étape toujours difficile pour tout dégustateur ;

- les méthodes temporelles : sont pour objectif commun d'évaluer les modifications sensorielles du produit durant la dégustation.

3.4.2 Les épreuves affectives :

Evaluent la préférence ou le choix d'un produit (analyse des préférences et la volonté de payer des consommateurs) et le niveau d'acceptation (évaluation hédonique) à l'aide de critères subjectifs des dégustateurs. Dans la plupart des cas, les panélistes correspondent à des consommateurs naïfs pas formé à la description des préférences, où leur évaluation est basée sur le goût et se concentre sur la décision d'achat et l'acceptation générale.

A. Tests hédoniques :

Les essais hédoniques, également appelés tests consommateurs, consiste à connaitre l'avis des consommateurs et utilisateurs de vos produits. Elles permettent de mesurer le plaisir perçu par les consommateurs lors de la dégustation, et répondent à différents objectives **(Fulchiron et Brefi, 2020).**

B. Tests préférences :

Consiste à comparer deux ou plusieurs produits pour n'en choisir qu'un ou pour les ordonner selon la préférence du sujet, ce test est le plus souvent employé dans le contexte de la mesure des préférences vis-à-vis d'une sensation donnée car il permet de comparer des produits n'ayant pas été évalués ensemble et surtout il permet de savoir si un produit est apprécié ou non de manière absolue **(Schlich et al. 2010).**

Partie expérimentale

Chapitre 01 : Matériel et Méthodes

I. Objectif et plan d'étude :

1. Objectif de l'étude :

Le but de cette étude est d'évaluer et comparer deux types de camembert sur le plan qualité physico-chimique et sensorielle. L'un est issu d'une industrie (STLD) et l'autre par une unité artisanale « Hamidani ».

L'analyse de la qualité physico-chimique et l'analyse sensorielle des échantillons prélevés sur la matière première 'lait cru' et le produit fini 'Camembert' a été réalisée au niveau du laboratoire de qualité physico-chimique de l'unité «STLD ».

2. Description du plan d'étude :

Le schéma suivant représente le plan d'étude :

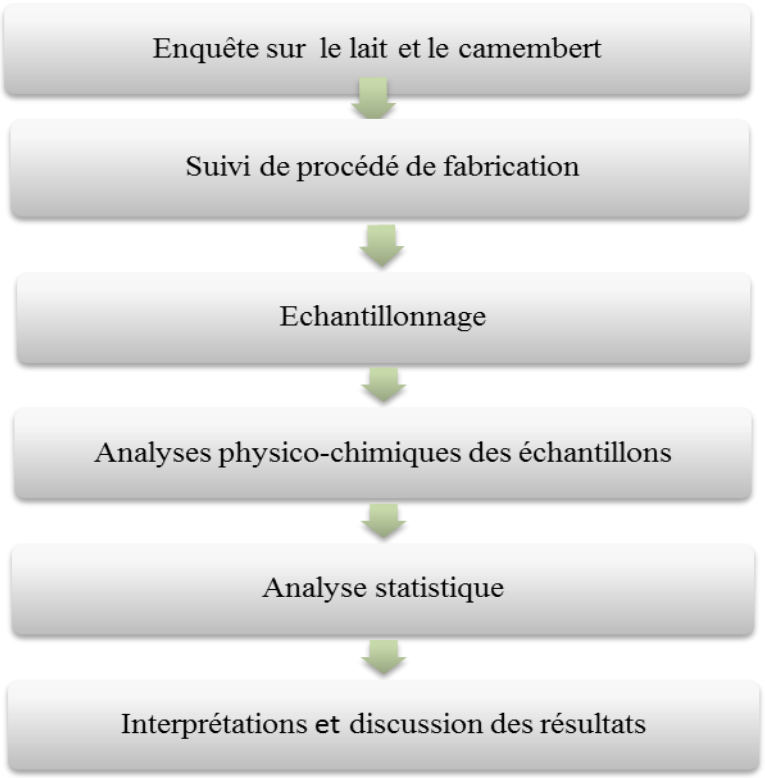


Figure 3 : schéma récapitulatif des principales étapes de notre étude (Elaboré par nous -même).

II. Présentation des unités :

1. laiterie-fromagerie « Le fermier » :

Notre travail a été réalisé au niveau de la laitière –fromagère (STLD) « société de transformation du lait et dérivés » qui est une industrie laitières crée le 16 avril 2004, c'est une entreprise à caractère privé située dans la zone d'activité de Draa Ben Khedda, wilaya de Tizi-Ouzou et elle compte un effectif de 106 employés.

La laitière produit une large gamme de produits à partir de lait cru, environ 70000 litres de lait sont transformés par jour. Les produits fabriqués sont :

- Lait de vache pasteurisé conditionné (entier et écrémée) ;
- Lait de vache pasteurisé fermenté « l'ben » ;
- Lait de vache pasteurisé caille « Raïb » ;
- Le camembert au lait de vache « le fermier » ;
- Le camembert au lait de chèvre « la chèvre fermier » ;
- Le Fromage à pâte pressée, Edam et le Gouda « le fermier » ;
- Et préparation fromagère alimentaire « fondu barre et pot ».

L'unité « le Fermier » comprend :

- Un service administratif ;
- Un service commercial ;
- Une salle de réception des collectes de lait ;
- Un laboratoire d'analyses microbiologiques et physico-chimiques ;
- Une salle de pasteurisation ;
- Un atelier de production à pâte molle ;
- Un hâloir d'affinage à pâte molle ;
- Un atelier à pâte pressé ;
- Un atelier d'emballage et de conditionnement ;
- Un atelier lait, fonte et crème fraiche ;
- Une salle de nettoyage et de désinfection du matériel de production ;
- Et la Cantine.

Le lait destiné à la fabrication du fromage à pâte molle de type camembert est un lait mélangé provenant de différentes régions ayant subi seulement une pasteurisation.

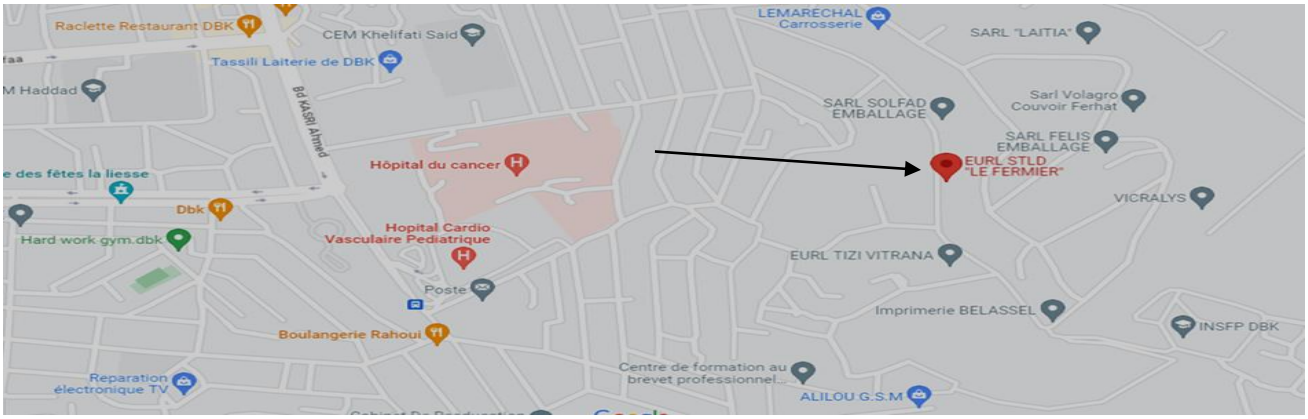


Figure 4 : la situation géographique de la laiterie « Le Fermier ».

2. fromagerie artisanale «Hamidani » :

Cette étude a été réalisée au niveau de la fromagerie Hamidani –l'artisan. L'unité a été créé en novembre 2021, c'est une unité à caractère privée sise au village Tazmalt commune de la wilaya de Tizi-Ouzou, l'unité compte un effectif de 03 employés.

La fromagerie a pour fonction de produire un fromage à pâte molle type camembert à partir de lait cru collecté par des éleveurs locaux de la région Timizart Leghbar et Tala Atman, environ 330 litres sont transformés par jour.

Les produits fabriqués au sein de cette unité sont comme suit :

- ✓ Camembert de 250g ;
- ✓ Camembert de 160 g ;
- ✓ Camembert de 125 g ;

L'unité «Hamidani » comprend :

- ✓ Un bureau **;**
- ✓ Une salle de réception, de stockage et de pasteurisation du lait ;
- ✓ Un vestiaire ;
- ✓ Une salle de lavage ;
- ✓ Une salle de préparation ;
- ✓ Une chambre froide ;
- ✓ Une salle d'affinage, de salage et de ressuage ;
- ✓ Une salle de conditionnement.

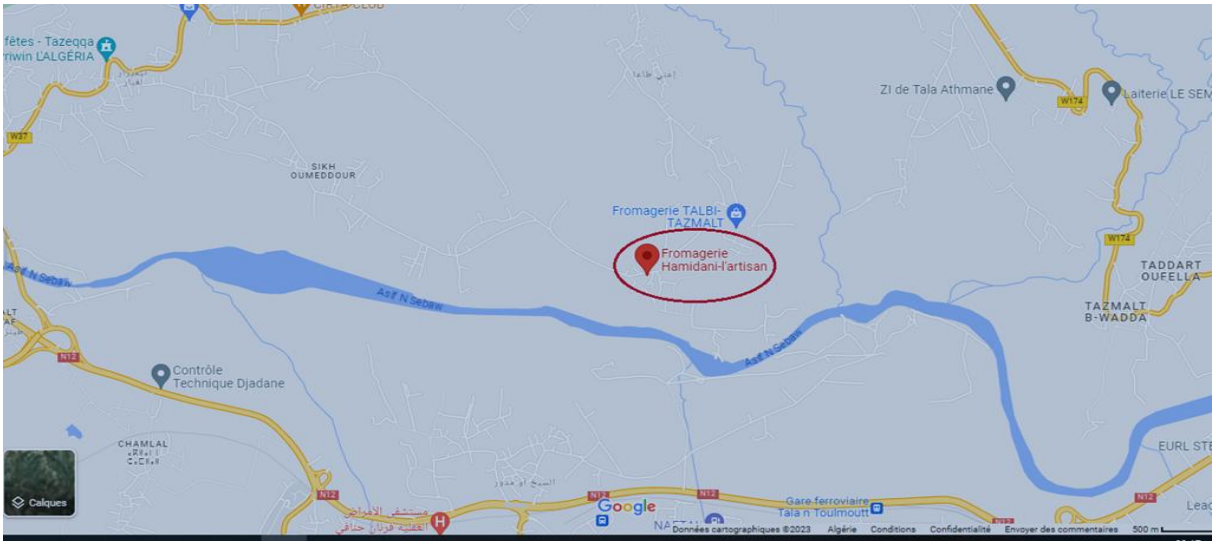


Figure 5 : la situation géographique de la fromagerie artisanale**.**

III. Diagramme de fabrication des camemberts :

1. Le diagramme de fabrication du camembert « le fermier ».

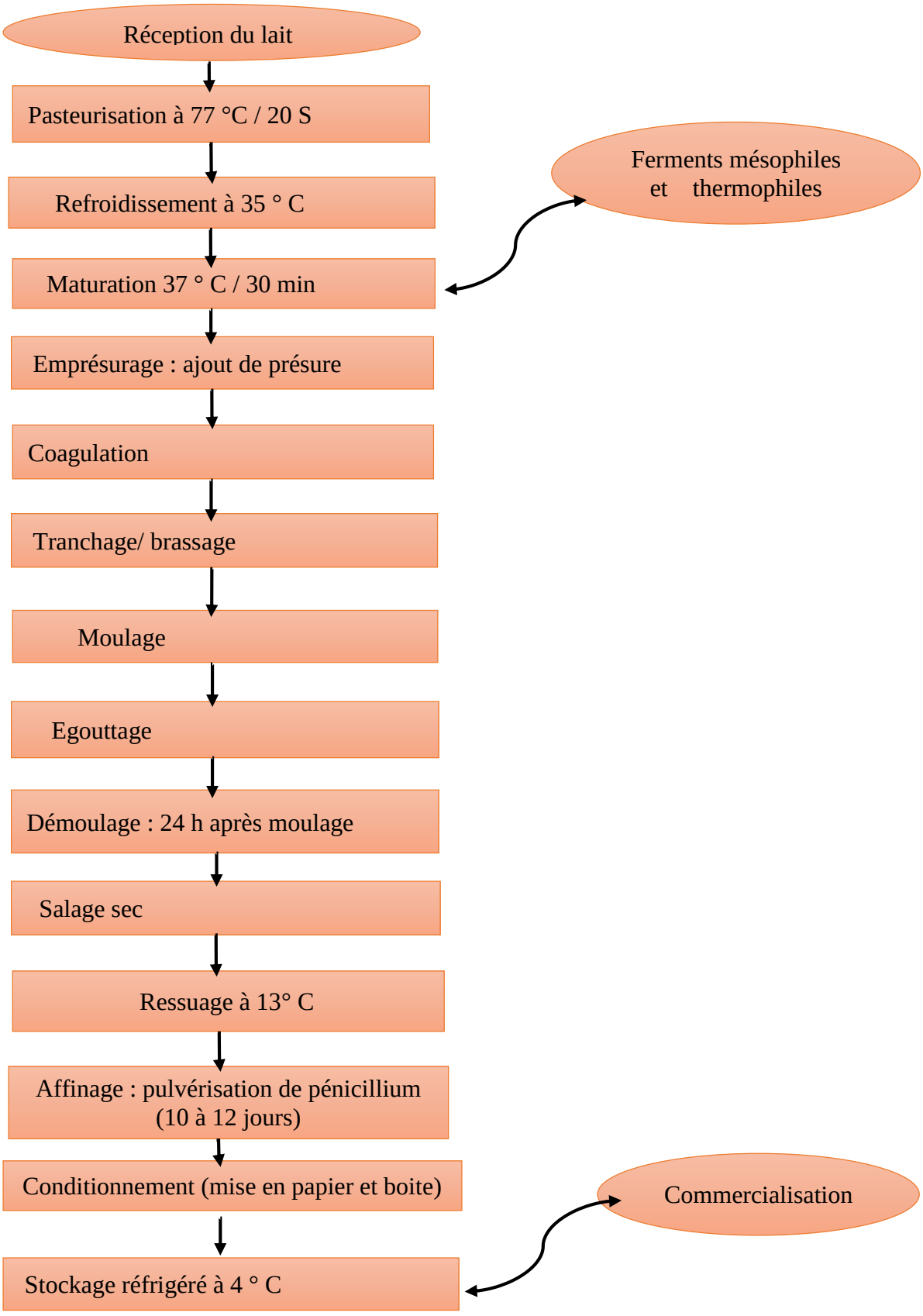


Figure 6 : le diagramme de fabrication du camembert le Fermier.

2. le diagramme de fabrication du camembert artisanal :

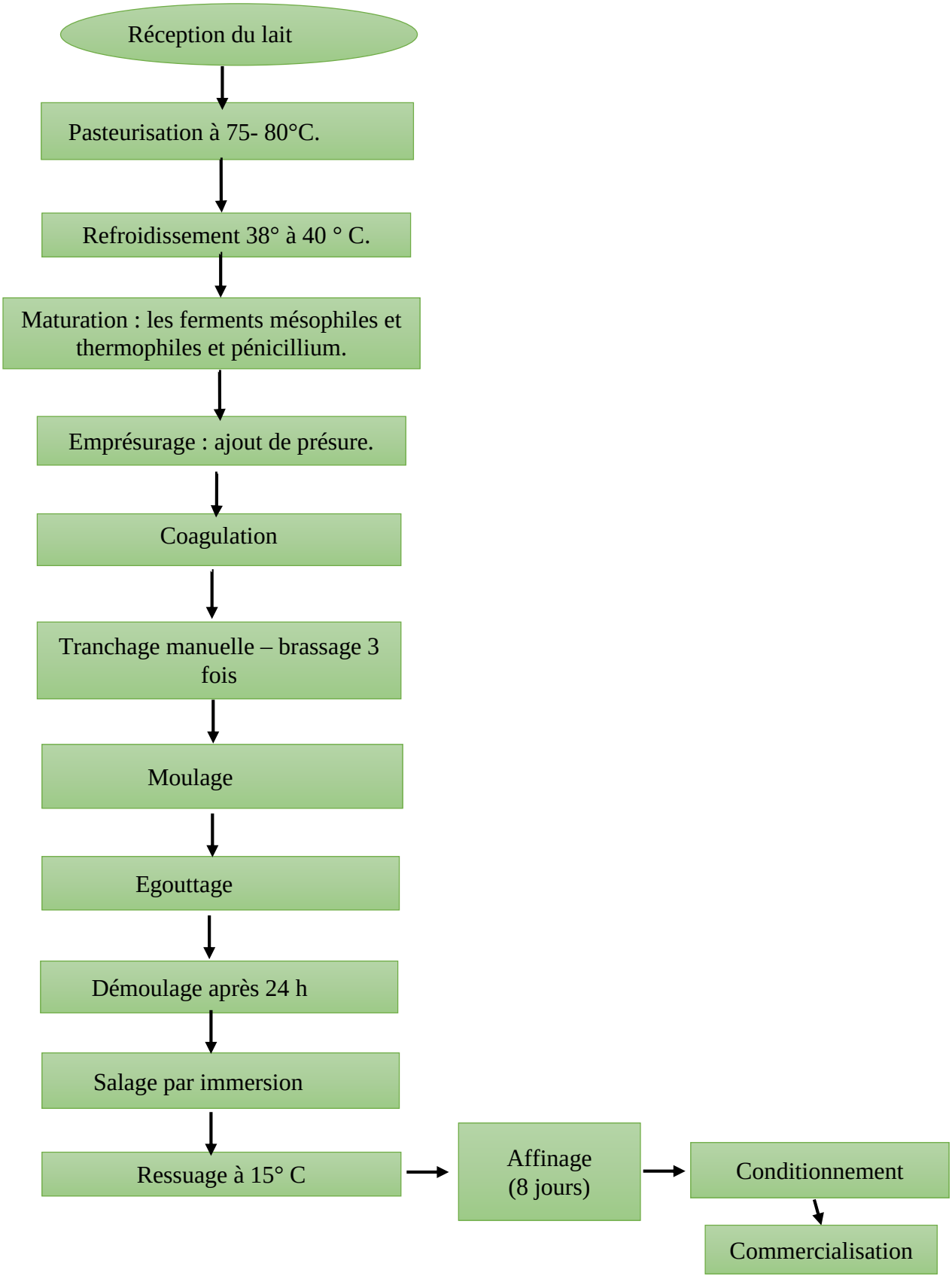


Figure 7 : le diagramme de fabrication du camembert artisanale.

Le camembert « le Fermier » et « l'Artisan » sont destinés à tous les consommateurs excepté les nourrissons. Ils sont consommés à froid et commercialisés à travers le territoire national.

IV. Matériel Utilisé :

Le matériel et les réactifs utilisés pour l'analyse physico-chimique se trouvent dans **l'annexe n°1.**

V. Echantillonnages :

Le prélèvement des échantillons a été réalisé comme suit :

- Trois échantillons de lait cru sont prélevés à la réception et à la maturation dans les unités de production : lait destiné à l'industrie (LF) et le lait destiné à la fabrication artisanale (LA) on a fait trois répétitions pour chaque lait.
- Six échantillons de camembert à quatre étapes de production différents :

- Le moulage ;
- Le démoulage ;
- L'affinage ;
- Et le produit fini.

Les paramètres physico-chimiques recherchés sont présentés dans le tableau n°5.

Tableaun°5 : les paramètres physicochimiques mesurés aux différents points de prélèvement.

Point de prélèvement	**Paramètre physico-chimique**
Matières Premières (lait)	Acidité, densité, tests de détection des antibiotiques, ph, matière graisse, extrait sec total, extrait sec dégraissé, point de congélation.
Produits au cours de fabrication (Moulage, démoulage, Affinage)	Acidité, pH
Produit fini (camembert)	Acidité, matières graisse, extrait sec total.

VI. Analyse physico – chimique du lait et du camembert :

1. Analyse physico – chimique du lait :

1.1 *Mesure du pH :*

Le potentiel hydrogène est la mesure de l'activité chimique des ions hydrogènes en solution à l'aide d'un ph –mètre. **(L'annexe n°2).**

1.2 *Détermination du l'acidité Dornic du lait :*

L'acidité titrables est le nombre de gramme d'acide lactique présent dans un litre de lait. Elle est titrée par une solution d'hydroxyde de sodium (N/9) en présence de phénophtaléine comme indicateur coloré **(AGGAD et al**, **2009). (L'annexe n°3).**

1.3 *Détermination de la densité :*

La densité est mesurée par un thermo-lacto- densimètre et au même temps est effectué la lecture de la température. La lecture s'effectue sur l'échelle graduée de la partie supérieure de l'appareille. **(L'annexe** n°**4)**.

1.4 *Détermination de la matière grasse du lait par la méthode acidobutyrométrique :*

La teneur en matière grasse est déterminée par la méthode acidobutyrométrique de Gerber. Dans cette technique les protéines du lait sont dissoutes par l'acide sulfurique, les matières grasses résistantes à l'action de l'acide sulfurique, sont séparées par centrifugation à chaud en présence d'alcool iso-amylique (3-méthyle-1-butanol). La matière grasse, moins dense, se rassemble en une couche claire et transparente (TIR, 2015). La lecture directe des graduations détermine la quantité de matière grasse en g/L. **(l'annexe** n°**5)**.

1.5**.** *Détermination de l'extrait sec total et l'extrait sèche non grasse :*

L'extrait sec total est déterminé à l'aide d'un dessiccateur à infrarouge. Le principe consiste à sécher l'échantillon par l'émission de radiations infrarouges et à contrôler en continu le poids à l'aide d'une balance intégrée.

1.6 *Détermination de la teneur en protéines et en lactose et le point de congélation dans le lait :*

La détermination de la teneur en protéines et en lactose et le point de congélation du lait se fait à l'aide d'une appareille spécifique appelé «lactostare Gerber funk » ou une quantité de lait est introduit après le nettoyage et l'étalonnage de cet appareille. **(L'annexe n°7)**.

2. Analyse physico- chimique du camembert :

2.1 Mesure du pH :

Le Même principe que celui présenté pour le lait **(l'annexe n°8)**.

2.2 Détermination de la matière grasse du camembert par la méthode acidobytorymétrique (méthode GERBER) :

Le Même principe que celui présenté pour le lait **(l'annexe**n°**9)**

2.3 Détermination l'extrait sec total (EST) :

Le Même principe que celui présenté pour le lait **(l'annexe**n°**10)**.

2.4 Détermination de gras sur sec « G/S » :

La mention G/S peut figurer sur l'étiquette du fromage, ce rapport est un bon indicateur d composition et de texture des camemberts, il est exprimé en pourcentage %. Il nous permet de vérifier la conformité de nos échantillons en matières graisse et en matières sèches.

2.5 Profils des acides gras :

2.5.1 Détermination de composition en acide gras du camembert :

2.5.1.1 Extraction de la matière grasse par la méthode de Folsh :

Ces méthodes font appel à un mélange binaire composé d'un bon solvant des lipides (chloforme, hexane, etc.) et d'un solvant plus polaire qui permet de rompre les liaisons lipides protéines (méthanol, isopropanol, etc.).L'extraction est réalisée à froid.

L'extrait lipidique est toujours purifié. Dans la méthode de Folsh le mélange solvant est composé de chloroforme méthanol (2 :1, v/v) .l'extrait est purifié par lavage de la phase organique avec une solution saline (Na cl 0.73%). **(Théodat et al**, **1991). (L'annexe**n°**11)**

2.5.1.2 préparation des esters méthylique du lait :

L'estérification est un mécanisme à catalyse acide qu'il est possible d'employer pour former des EMAG (ester méthylique d'acide gras) à partir d'acides gras. Les acides gras peuvent être naturellement présents dans l'échantillon de corps gras analysé. La formation d'EMAG à l'aide de ce mécanisme est communément appelé méthylation. À nouveau, une grande quantité de méthanol et l'absence d'eau sont des conditions préalables à la formation quantitatives d'EMAG. **(L'annexe**n°**12**).

2.5.2 Détermination de la teneur en acide gras par la chromatographie en phase gazeuse (CPG) du camembert :

La méthode de choix est la séparation par CPG qui sépare les esters méthylique des acides gras obtenus par transméthylation de l'extrait lipidique total. Cette méthode a pu être étendue à la séparation des formes isomères des acides gras à longue chaine grâce au développement de nouveaux matériaux de remplissage des colonnes, de colonnes capillaires et de systèmes de détection amplifiés **(Greenfield, Southgate, 2007).**

3. Analyse sensorielle :

L'étude sensorielle alimentaire est une technique dont le but est de déterminer les propriétés sensorielles ou organoleptiques des aliments, c'est-à-dire les activités de stimulation des aliments sur divers récepteurs sensoriels de la tête avant et pendant l'ingestion, et de rechercher ces préférences ou aversions alimentaires. Propriétés sensorielles **(FELIX DEPLETED**, **2009).**

Le principe est de présenter un échantillon de fromage au sujet, qui doit faire preuve d'observation visuelle ou de dégustation pour :

- Créer des profils sensoriels ;
- Enquêtes sur la satisfaction et les préférences des consommateurs ;
- Comparaison entre deux produits pour étudier l'influence de procédés techniques spécifiques, de la composition de la matière première (lait) et des paramètres physico-chimiques sur les propriétés sensorielles.

Les propriétés organoleptiques du camembert sont appréciées par observation visuelle et dégustation.

- **Choix de jury :**

Afin de mieux appréhender les qualités organoleptiques de notre camembert fermier produit en STLD de DBK et l'artisan produits en unités fromageries « Hamidani », nous avons réalisé un test gustatif auprès d'un jury de 10 connaisseurs réputés, dont des membres des sociétés précitées. Pour une performance optimale, plusieurs facteurs ont été pris en compte avant l'évaluation.

Les dégustateurs ont reçu un questionnaire (**annexe n°17)** dans lequel les numéros des paramètres de test étaient : Couleur, odeur, goût...

3.1 L'étude statistique :

Les résultats des paramètres physicochimiques des laits ainsi que ceux des fromages sont présentés sous forme de moyennes ± l'écart type.

Les résultats individuels ont été enregistrés puis groupées sur une base de données Excel puis traités par le logiciel R version 3.6.1 (Ihaka et Gentleman, 1993).

La comparaison de la moyenne pour les deux groupes de lait et les deux groupes de fromages ont été faite comme suit :

- Si la normalité et l'homogénéité sont vérifiées, on utilise le test de student pour les laits et les fromages ;
- Si la normalité et l'homogénéité ne sont pas vérifiées, on utilise un test non paramétrique qui est le test de wilcoxon (deux moyennes).

Calcul du degré de significativité entre les valeurs moyennes, la significativité est défini pour une probabilité p avec un risque de 5%.On considère :

- ✓ Si $p<0.001$: La différence est hautement significative (HS).
- ✓ Si $p<0.01$: La différence est très significative (TS).
- ✓ Si $p<0.05$: La différence est significative (S).
- ✓ Si $p>0.05$: La différence est non significative (NS).

3.2 L'étude statistique des analyses organoleptique :

L'analyse sensorielle comporte des critères de qualité de la dégustation à savoir de la croûte, la couleur, l'odeur, le goût et la texture de la pâte. Chaque critère est soumis à une échelle de score de 1à 5.

Le test est mené par des fonctionnaires du la laiterie fromagerie « le fermier » en leur présentant les deux fromages d'une manière anonyme et une fiche de dégustation à compléter. Afin qu'ils attribuent les notes correspondantes pour chaque critère de qualité sensorielle prix en compte dans cette étude.

La déférence statistique entre les deux lots de camembert est évaluée à l'aide du Quick Rank test de kramer (1961) en se basant sur la somme des scores attribués par les dégustateurs et la somme des rangs.

Partie expérimentale

Chapitre 02 : Résultats et discussions

I. Résultats d'analyse physico-chimique du lait :

L'analyse statistique des résultats des paramètres physicochimiques du lait est effectuée à l'aide du test de student et wilcoxon par le logiciel R.

La comparaison entre les laits (tableau présenté en annexe 13), nous indique une densité qui ne varie pas significativement entre les deux laits (P> 0.05), par contre tous les autres paramètres étudiés présentent des différences significatives, très significatives (P< 0.01) ou hautement significatives (P<0.001) pour respectivement le lactose, les protéines, l'acidité, l'extrait sec dégraissé, la matière grasse et Le pH

1. La variation de la teneur en acidité :

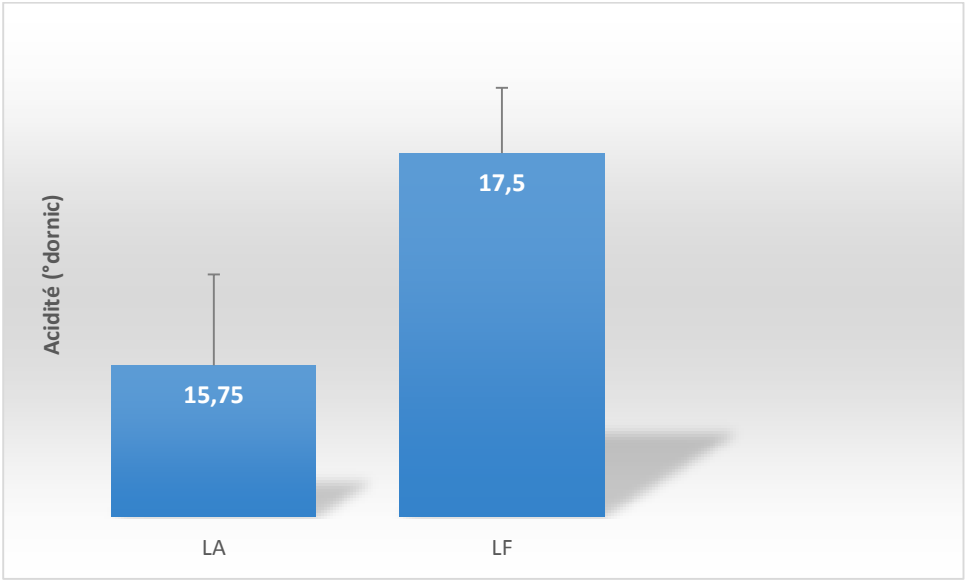


Figure 8 : la variation de l'acidité du lait Fermier (LF) et le lait artisan (LA)

A partir de la Figure 8 on remarque que, la valeur moyenne de l'acidité des échantillons de lait destiné à la production artisanale (LA) 15.75 ± 0.75 est légèrement en dessous de la norme FIL-AFNOR (1980) de l'acidité du lait frais fixée entre 16-18°D, l'écart type 0.75 montre une faible variabilité des résultats.

L'acidité des échantillons de lait Fermier (LF) est quant à elle conforme à la norme FIL-AFNOR (1980) avec une moyenne de 17.50±0.54. Il y'a une de différences significatives entre ces deux laits pour ce paramètre.

Nos résultats concordent avec ceux de **BENHEDANE(2013)** qui a trouvé une moyenne de 17.8±1 °D dans son travail porté sur la qualité du lait cru destiné à la fabrication du camembert.

L'acidité de nos échantillons se situe généralement dans l'intervalle standard de normes , ce qui témoigne de la bonne qualité du lait et du respect des bonnes pratiques agricoles et des bonnes pratiques d'hygiène, car selon **LABIOUI (2009)**,l'acidité dépend de la teneur en caséine, sels minéraux et ions, également, il existe des conditions d'hygiène pendant la traite, la flore microbienne totale et leur activité métabolique.

2. La variation de la teneur de PH :

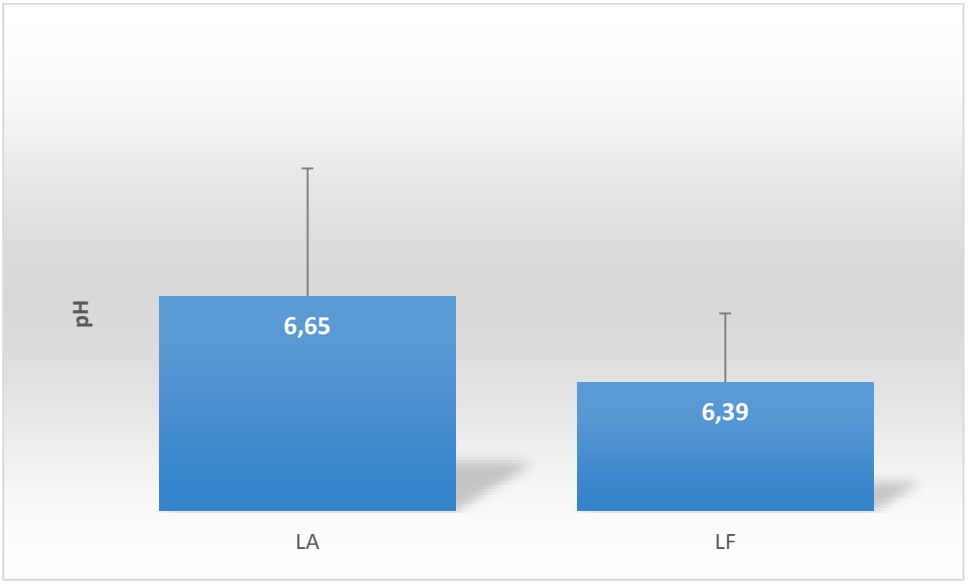


Figure 9 : la variation de la teneur en pH du lait (LF) et le lait (LA).

On remarque de la figure 9 que le lait destiné à production (LA) a une valeur du pH supérieure de celle de lait destiné à la production (LF) avec les moyennes 6.65 ±0.39 et 6.39±0.21 respectivement, on trouve que les résultats d'analyse statistique du pH est hautement significative (P <0.001).

D'après, les résultats obtenus de pH, on trouve que les deux laits sont en conformité à la réglementation algérienne et aux normes internationales, et on déduit leur fraicheur et stabilité.

On remarque une légère déférence entre ces résultats qui est due probablement au fait que le lait destiné à la production de camembert Artisan, est collecté à proximité de l'unité de transformation Timizar Lghbar, par contre, le lait destiné à la production de camembert « Le Fermier » est collecté dans des différentes régions telles que : Freha, Tamda et Boumerdas. On peut attribuer aussi cette différence aux petites quantités de lait utilisées par la laiterie Hamidani (Artisan) environ 300 litres par jour contrairement à la laiterie STLD qui utilise environ 70000 litre par jour, et cela est peut être également due au stockage de lait de fait que la laiterie STLD met en stock le lait collecté avant la transformation, contrairement à la laiterie Hamidani.

3. La variation de la densité :

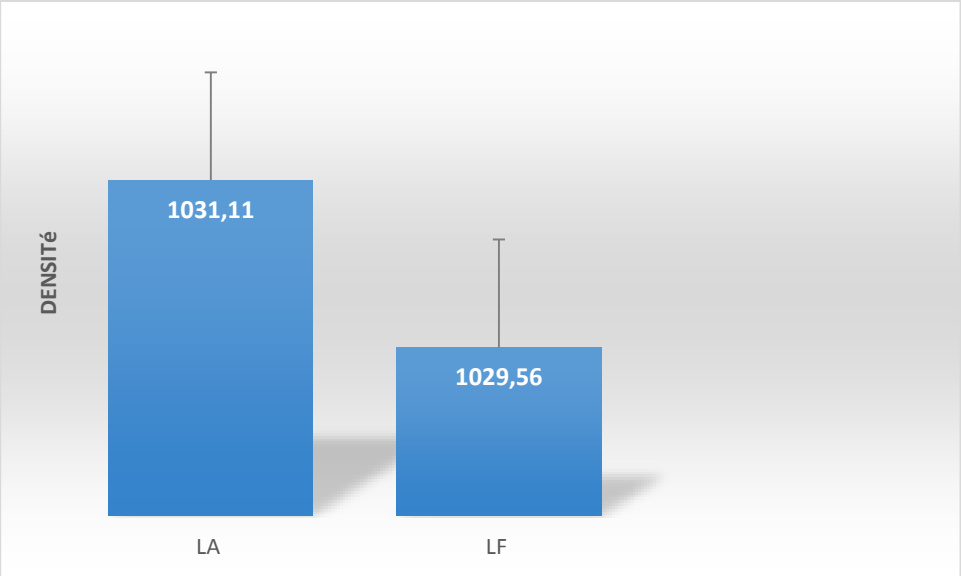


Figure 10 : la variation de la densité du lait Fermier (LF) et le lait artisan (LA).

A partir de la Figure 10 on remarque que la densité du lait de (LA) est supérieure à celle du lait de (LF), avec une moyenne de 1031.11± 1.20 et de 1029.56 ± 1.25 respectivement. La différence est non significative.

Ces résultats correspondent aux valeurs extrêmes données par le **FAO**, **(1995)** qui sont de 1028 à 1033, et à la valeur moyenne de la densité du lait étudié par **TIR et al**. **(2015)** qui est de 1029.

Selon **KALANDI et al. (2015).** La variation de la densité entre les deux laits, peut être due aux plusieurs facteurs. Tels que, la teneur en MG, MS, l'augmentation de la température et l'alimentation.

La variation de la densité du lait peut être expliquée par la variation de la teneur de la matière sèche et de la matière grasse du lait.

Selon **LATRY, (1997)** deux facteurs de variation opposés déterminent la densité :

- la concentration des éléments dissous et en suspension (solide non gras) ;
- et la proportion de matière grasse.

La densité varie proportionnellement à la concentration des éléments dissous et en suspension mais varie de façon inverse à la tension en graisse .Ainsi cette variation est probablement due à l'alimentation des vaches laitières. Selon **GADDOUR et al. (2013)** la variation de la densité peut s'expliquer par l'influence de la température et de la teneur en matière solide non grasse, donc, de la nature de la nourriture que prennent les animaux.

4. La variation de la matière grasse :

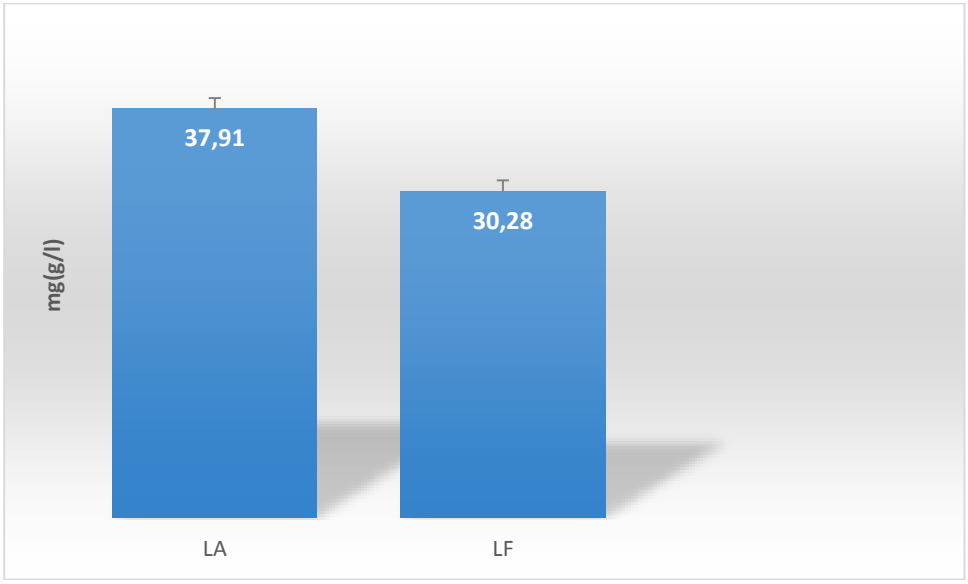


Figure 11 : la variation de la matière grasse du lait (LF) et le lait (LA)

De la Figure 11, on constate que le lait (LA) est plus riche en matière grasse laitière avec une moyenne de 37.91± 0.19 g/l comparé au lait (LF) qui contient en moyenne 30.28 ± 0.86 g/l de matière grasse. Cette différence est très significative (P=0,004).

Les moyennes de la matière grasse des deux laits sont conformes aux valeurs enregistrées par **SEBEDIO, (2008)** qui estime que le lait de vache contient entre 30 g/l et 50 g/l de la matière grasse laitière.

Ces différences s'expliquent par le fait que ces deux types de lait proviennent de deux régions différentes, le lait (LF) est collecté dans les régions de Fréha et Boumerdes, par Contre le lait (LA) a été collecté à Timizart Leghbar (Tazmalt), d'où le type d'élevage utilisé est différent, ainsi qu' il y a des facteurs internes et externes.

D'après les recherches de **BERREHAL, (2020)** Concernant la qualité du lait dans la région de Freha, elle a constaté cette région contient 28,86 ± 0,83 g/l de matières grasses, ce qui confirme notre valeur pour le lait Fermier.

Selon **LABIOUI et al. (2008)**, la variabilité de la teneur en matière grasse dépend de facteurs tels que les conditions climatiques, le stade de lactation et l'alimentation.

L'alimentation peut être due à ce changement, aussi **BERREHAL (2020)** a démontré que les vaches de la région de Fréha sont alimentées la majorité du temps en pâturage, tandis que l'alimentation des vaches de la région de Timizart Leghbar se repose essentiellement sur les aliments de vaches laitières (soja, avoine).

Et, selon l'étude de **KOUIDRI, (2019)** sur l'incorporation des concentrés dans les régimes alimentaires pour vaches laitières, ces compléments alimentaires ont eu une influence positive à la fois sur la production de lait et sur la composition en acides gras, quelle que soit la vache, et quelle que soit la race de la vache.

5. La variation de l'extrait sec dégraissé :

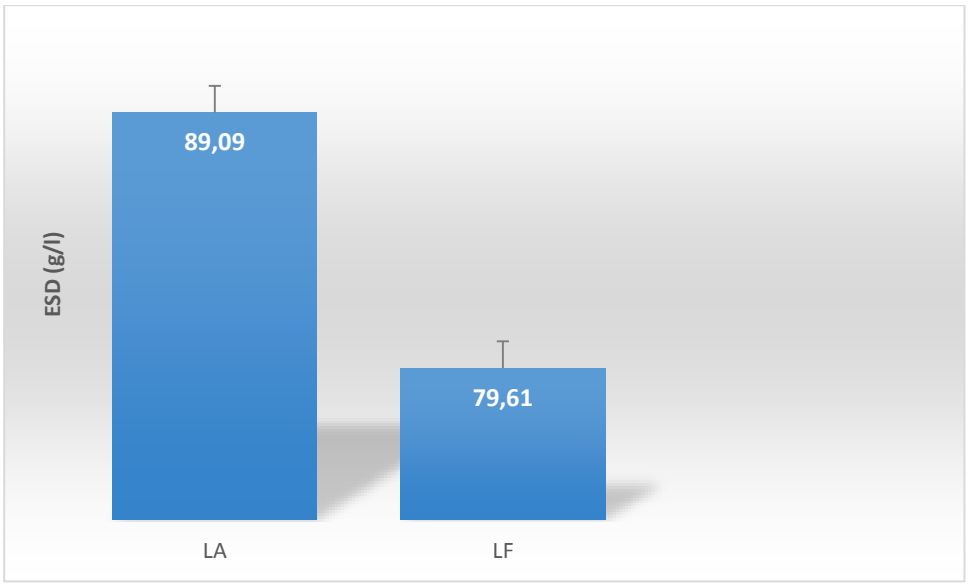


Figure 12 : la variation de l'extrait sec dégraissé du lait (LF) et le lait (LA).

A partir de la Figure 12, on remarque que le lait (LA) présente une teneur en extrait sec dégraissé plus élevée que le lait (LF) avec une moyenne 79,61 ± 1,18 g/l et 89,09 ± 0,17g/l respectivement. Cette différence est très significative (P=0,002).

Les résultats obtenus sont différents à ceux de **KOUIDRI et al. (2019),** qui varient entre 80-90 de matière sèche non grasse. Ces teneurs sont inférieures aux normes de **FAO, (1995)** qui sont de 91g/l, et à celle indiquée par **DEBOUZ et al, (2014)** qui est de 94,47 g/l.

Les changements des taux de l'ESD dépondent des variations du lactose et des protéines du lait. Selon les données rapportées par Da **CRUZ et al. (2014)** l'extrait sec dégraissé est composé essentiellement de la protéine brute, le lactose et les teneurs en minéraux du lait, le lactose correspond à 52% d'extrait sec dégraissé. Ceci explique le taux élevé d'ESD dans le lait (LA) par rapport au lait (LF).

6. La variation de la teneur en protéines :

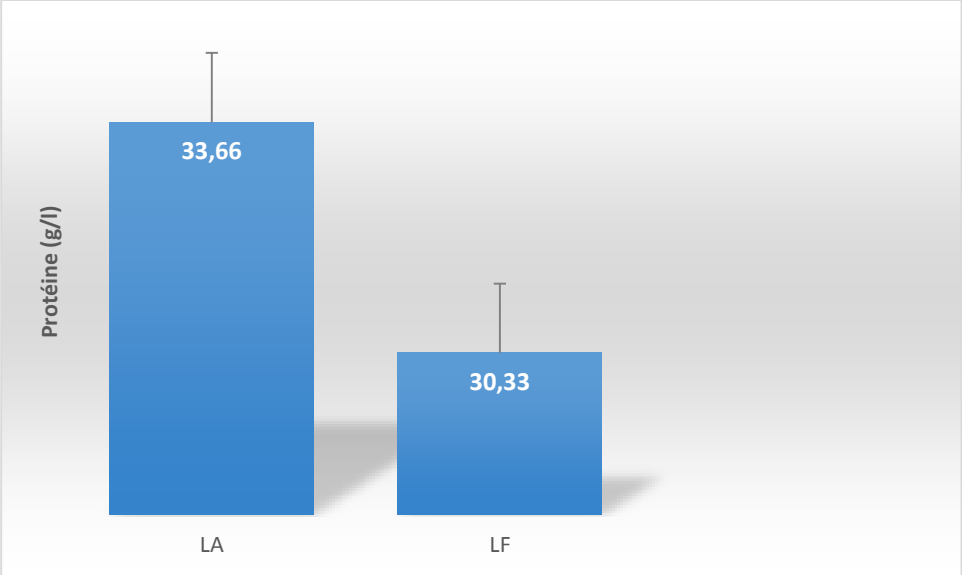


Figure 13 : la variation de la teneur en protéine du lait(LF) et le lait (LA).

A partir de la Figure 13, on remarque que le lait (LA) présente une teneur en protéines plus élevée que le lait (LF) avec une moyenne 33.66 ±1.03 g/l et 30.33 ±1.13 g/l respectivement. Cette différence est hautement significative (P= 0.001).

Nos résultats sont en accord avec ceux trouvés par **SARAIRI et al(2005)** dont la teneur en protéines varie de 29,7 à 33,7 g/l. Selon **ALAIS(1984),** la teneur en protéines du lait varie de 33 g/l à 36 g/l, contrairement aux valeurs enregistrées dans notre étude.

La différence du taux de protéines entre les deux types de lait peut s'expliquer selon le type de régime appliqué, un certain nombre d'auteurs ont montré que les régimes à base de plantes conduisent à des niveaux réduits de protéines et de matières grasses dans le lait, comme le rapportent **SRAIRI et al**. **(2008**), ce dernier a montré qu'une alimentation à base de blé augmente légèrement les niveaux de protéines du lait de vache par rapport à une alimentation à base d'herbe conservée ou pâturé.

7. La variation de la teneur en lactose :

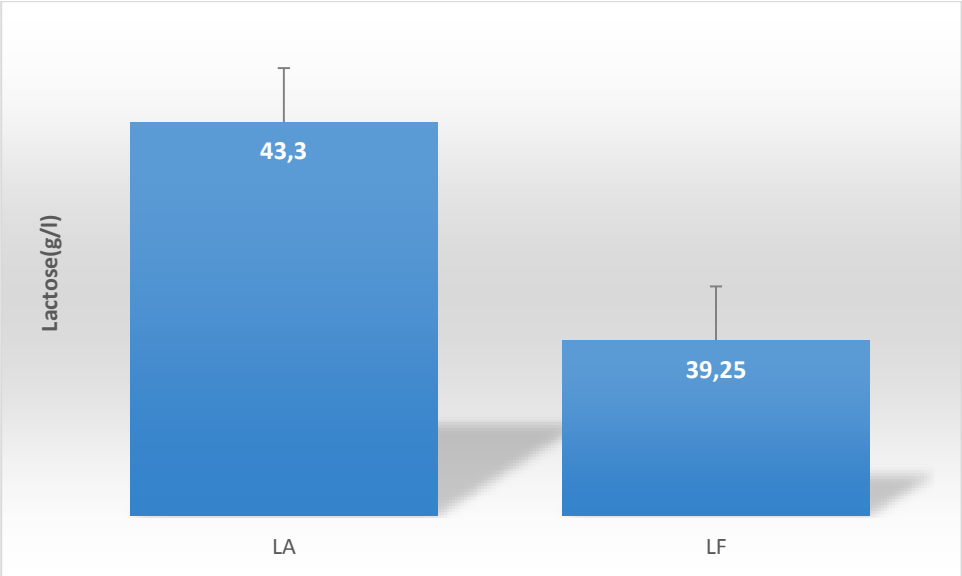


Figure14 : la variation de la teneur en lactose.

A partir de la Figure 14 on remarque que le lait (LA) présente une teneur en lactose plus élevée que le lait (LF) avec une moyenne 43.30 ± 0.84 et 39.25 ±1.62g/l respectivement. Cette différence est hautement significative (P= 0.001).

Les résultats ne correspondent pas à l'intervalle normal de lactose donné par **AFNOR(1986)** qui varie de 47 à 52g/l. Néanmoins, ils sont conformes aux résultats de **LABIOUI (2008)** qui avait également une teneur moyenne en lait de 43.51 g/l.

La teneur réduite en lactose rencontrée dans nos résultats peut être due au fait que nous n'avons pas analysé les échantillons directement après la traite, puisque le lactose est le constituant du lait le plus rapidement attaqué du lait. L'action microbienne le convertit en acide lactique et autres acides.

II. Résultats des analyses physico-chimiques du camembert :

Les résultats des paramètres physicochimiques du camembert (le tableau présenté en **annexe 14).**

La comparaison entre les camemberts « le Fermier » et « l'Artisan » présentée dans le tableau nous indique qu'il y'a une différence non significatives dans l'Extrait sec total (P= 0.06) et le gras /sec (P= 0.06) et différence significatives dans la matière graisse (p > 0.05) le pH(p=0.02) .

1. **La variation de PH :**

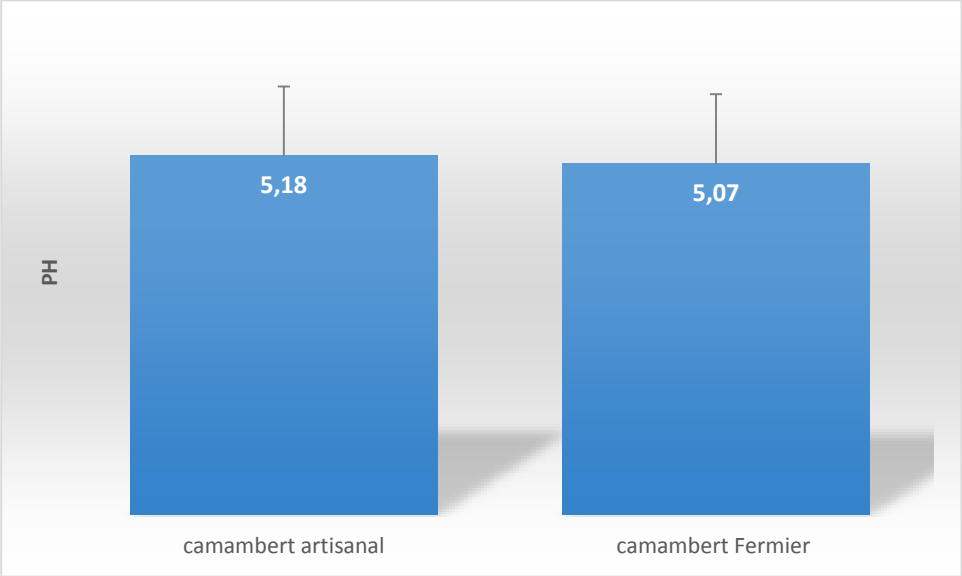


Figure 15 : la variation de la teneur en pH du camembert artisanal et le camembert Fermier.

A partir de la Figure 15, on remarque que le camembert Artisanal présente une teneur en pH plus élevée que le camembert Fermier avec une moyenne 5.18 ±0.01et 5.07 ±0.08 respectivement. Cette différence est significative (P= 0,02).

Ces résultats, 5.07 - 5,18 indiquent un pH acide, conforme avec les valeurs appliquées pour les produits laitiers fromagers et également avec les travaux de **BOUTROU et al(1999).** Cette variation de pH peut s'expliquer par le type de lait.

Selon **VASSAL et al**, **(1986)** le pH est le paramètre qui influe le plus sur la texture, même à l'intérieur du fromage.

On peut éventuellement expliquer ces variations par l'action des moisissures et l'évolution de ph qui ont surtout lieu en surface suite à l'action des microorganismes ph qui s'y développent **RAYNAUD et al**. **(2018).**

En effet, selon **LAW**, **(2012)** au cours de l'affinage, la flore de surface et notamment Geotrichum puis Penicillium métabolise l'acide lactique entraînant un gradient de pH entre la croûte et le cœur du fromage, ce gradient est amplifié par la formation d'ammoniac comme produit azoté final de la dégradation des protéines sous l'action de désaminases (**RIBADEAU-DUMAS**, **1984).**

Ces résultats peuvent être dus au type de sel utilisé par les deux fromageries. En effet, selon **BAE et al(2020),** le type de sel et sa concentration ont une influence majeure sur la protéolyse et les changements de pH et la croissance de moisissures sur les surfaces.

2. La variation de l'extrait sec total :

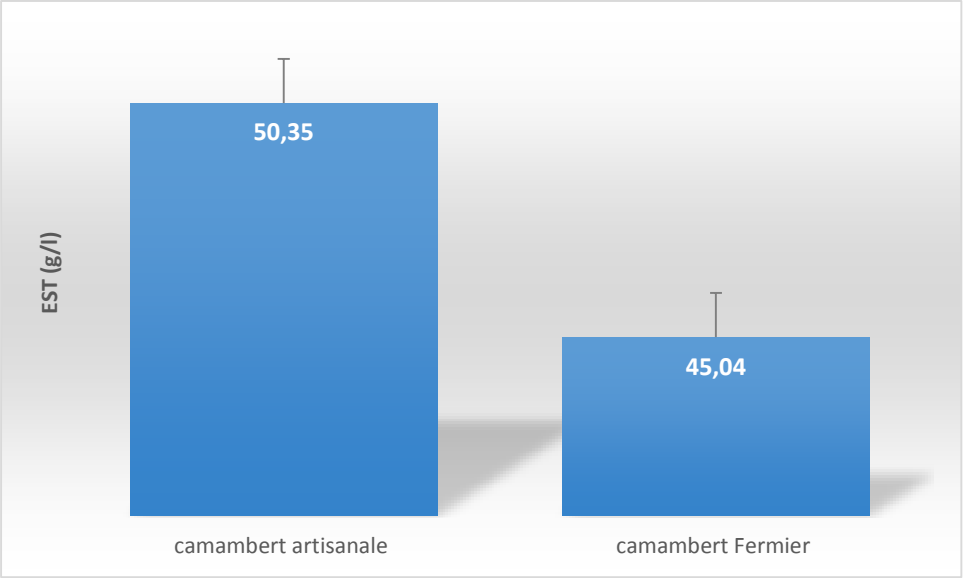


Figure 16 : la variation de la teneur en Extrait sec total du camembert artisanal et le camembert Fermier.

A partir de la Figure 16 on remarque que la teneur en extrait sec total du Camembert Artisanal supérieure à celle du Camembert Fermier avec une moyenne de 50.35 ±1.89 et 45.04 ±0.01respectivement. La différence est non significative (P=0.06).

Nos résultats sont supérieurs à la norme de CODEX STAN 208, (1999) qui a défini la valeur de l'extrait sec des pâtes molle de 40 %, Cependant la valeur de l'EST du Camembert artisanal correspond à celle trouvée par **BACHOUCHE** et **GUESSAS**, **2018** qui est de 50 %.

Ces résultats sont probablement dus l'exsudation du lactosérum selon **FREDOT**, (**2009**) l'élimination du lactosérum entraine une forte augmentation de la teneur en matière sèche des fromages.

Ainsi, ces variations peuvent être dues à l'humidité relative .selon **RIAHI**, **(2006)** l'humidité relative agit indirectement sur la teneur en matière sèches au cœur du fromage.

Le régime alimentaire des vaches laitières adopté par les éleveurs peut être l'un des facteurs de variation de la matière sèche, en effet, **VERDIER-METZETAL**. **(2009)** ont démontré l'effet

du régime sur la teneur en matière sèches des fromages en particulier les fromages à pâte molle ($p< 0.05$).

3. La variation de la matière grasse :

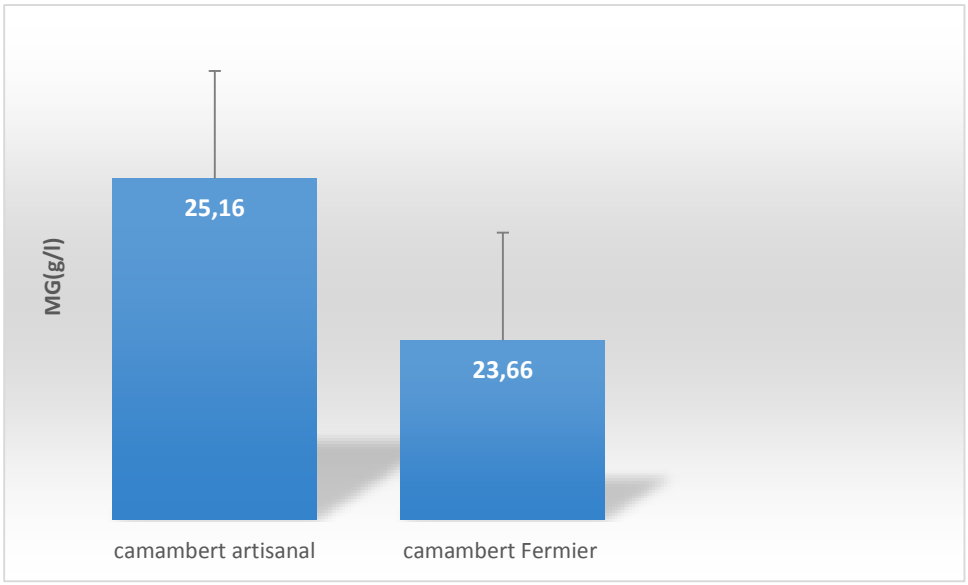


Figure 17 : la variation de la teneur de la matière graisse du camembert artisanal et le camembert Fermier.

A partir de la Figure 17, on remarque que le camembert issu du lait artisanal présente une teneur en MG supérieure à celle du camembert issu du lait Fermier avec une moyenne de 25.16 ±1.16 et 23.66±0.81 respectivement, Cette différence est significatives ($P<0.05$).

Ces résultats sont supérieurs à ceux **d'ACHOUCHE et BENHABOUCHE(2021),** 29 % ± 2,29 pour le camembert artisanal et 21,66 % ± 0,88 pour le camembert industriel, ce qui peut s'expliquer par des différences de qualité du lait selon les régions.

Les teneurs en MG des camemberts sont inférieures à celle de l'étude **FAO**, **(1995)** qui est de 45 % et au seuil minimum défini par **CODEXSTAN276**, **(1973)** qui est de 30%. En revanche sont en contradiction avec **SEBBANE et al, (2021),** qui ont trouvés que le taux de MG au dernier jour d'affinage atteint 25,99% pour le camembert artisanal et 28,75% pour le camembert industriel.

4. La variation du gras/sec :

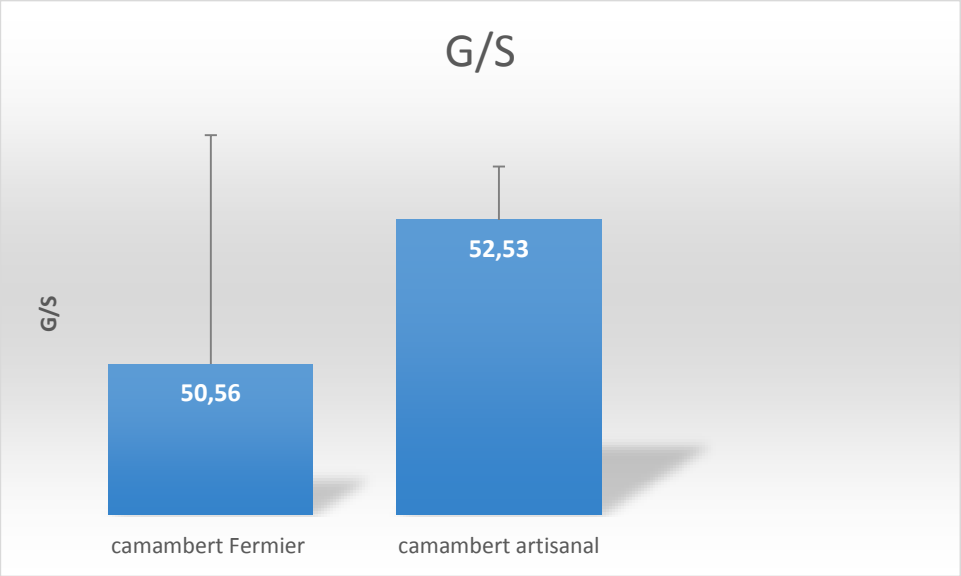


Figure 18 : la variation de la teneur de gras sur sec camembert artisanal et le camembert Fermier.

Nous remarquons que le rapport G/S dans le camembert l'artisanal est supérieur à celui du camembert Fermier avec une moyenne de 52.53 ±0.73 et 50.56 ±3.13 respectivement. La différence est non significative (P= 0.06).

D'après nos résultats de G/S des deux camemberts artisanal et Fermier nous constatons que les proportions sont conformes à la Norme (45%) car il doit avoir un rapport G/S d'au moins (45%) selon les normes (**AFNOR ,1980).**

On peut expliquer la différence de G/S entre le camembert artisanal et le Fermier par les écarts de teneurs en matière grasse et matière sèche des deux camemberts. En effet, les teneurs en matière grasse du camembert artisanal sont plus élevées que celles du camembert industriel.

Ainsi on peut expliquer cette variation par la composition du lait en matière grasse et en matière sèche car nous remarquons que la teneur de ces dernières pour le lait (LA) est supérieure à celles du lait (LF).

5. La variation des profils en acides gras du fromage :

Le tableau présenté en annexe 15 illustre les variations de la composition en acides gras de camembert artisanale et Fermier.

5.1 La variation des acides gras saturés :

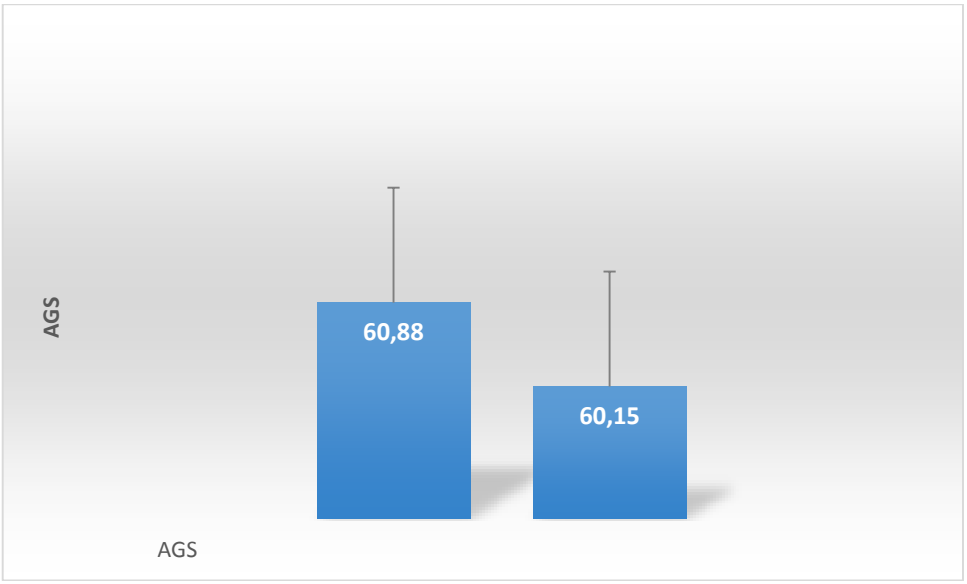


Figure 19 : la variation de la teneur en acide gras saturé du camembert artisanal et le camembert le Fermier.

A partir de la Figure 19 on remarque que la teneur en acides gras saturé du camembert artisanal 60.88 ±3.82 est supérieure à celle du camembert Fermier 60.15 ± 3.21, les résultats d'analyse statistique montre que cette différence est non significatives (P= 0.78).

Les acides gras saturés ont des bienfaits sur la santé, à l'exemple de l'acide butyrique (C4 :0) qui se caractérise par son rôle protecteur pour le cancer du côlon, ainsi que, les acides gras plus longs comme l'acide myristique (C14 : 0) pour l'acylation spécifique des protéines.

Ces acides gras saturés sont actifs et très utiles à la vie cellulaire. Ils assurent une part importante de l'apport énergétique, et ils sont aussi des constituants des triglycérides de réserve, des Glycéro phospholipidiques et des sphingolipides (structure des membranes, myéline …) **(LEYMARIOS ,2010**).

On observe que ces acides gras saturés sont constitués de tout le panel de longueurs de chaînes. On trouve des acides gras courtes et moyennes (AGSMC) chaine de (C4 à C16) et des acides gras saturés longues (AGSLC) chaines à partir (C17 à C 20).

Les acides gras les plus dominants sont représentés par l'acide myristique (C14 : 0) avec une moyennes de 8.9 ± 1.9 et 8.7 ±1.23 et l'acide palmitique (C16 : 0) avec une moyenne de 27.09 ±2.21 et 27.18 ±1.63 respectivement pour le camembert industrielle et le camembert artisanale pour le AGSCMC. L'acide stéarique (C18 : 0) pour les AGSLC avec une moyenne de 13.40 ± 3.62 pour camembert industrielle et 15.70 ±1.56 pour camembert artisanale.

5.2 La variation des acides gras insaturés :

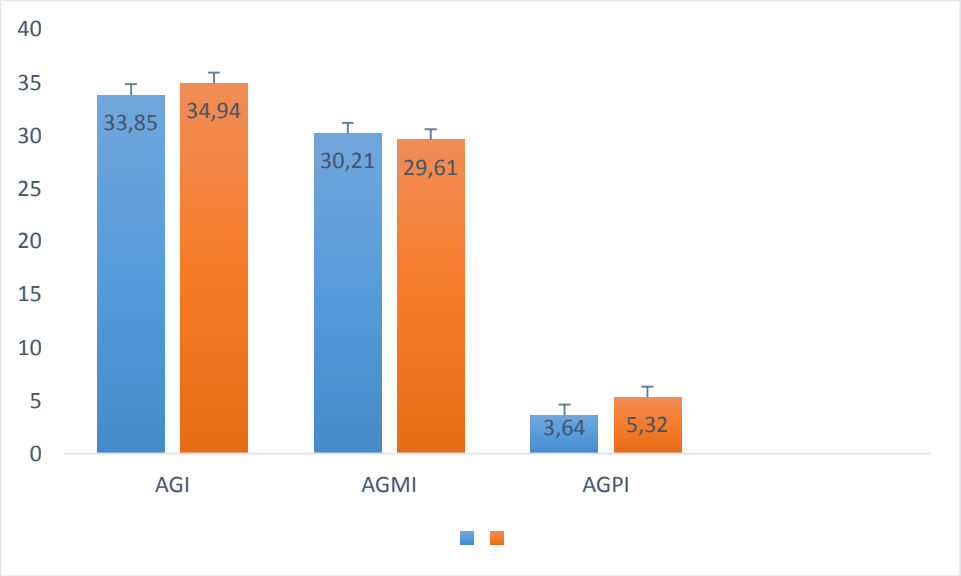


Figure 20 : la variation de la teneur en acide gras insaturé du camembert artisanal et le camembert le Fermier.

A partir de la Figure 20 on remarque que la teneur en acide gras insaturé du camembert artisanale est 33.85±0.57 est inférieur à celle du camembert Fermier 34.94±1.94, les résultats de l'analyse statistique montre que cette différence est non significatives (P= 0.62).

Les acides gras Insaturé sont très variés, ils sont supposés être bénéfiques pour la santé humaine. L'effet positif des acides gras mono insaturés et des polyinsaturées sur la santé est de diminuer les risques de maladies cardiovasculaires et du cholestérol. Le renforcement du système immunitaire et le bon fonctionnement des fonctions physiologiques **(SOULAT .2021**).

On constate des différences non significatives entre les différents acides gras insaturés du camembert artisanal et Fermier, ainsi que pour les AGMI (P= 0,76) et les AGPI (p=0.34).

Concernant les acides gras mono-insaturés, l'acide oléique (C18 :1) est le plus prépondérants du total des AGMI avec une moyenne de 30.21 ± 0.62et 29.61 ± 1.72 respectivement pour le camembert artisanal et Fermier, et l'acide linoléique (C18 : 2) avec une moyenne du camembert artisanale de 3.64± 0.07 et 5.32 ± 1.04 pour le camembert industrielle total des AGPI.

Il ressort que sont presque les mêmes variations constatées entre les deux types de lait qui sont aussi retrouvées entre les deux types de camembert.

Selon **VAMBELLE ET AL. (1978)** la matière grasse butyrique ne subit pas de variations significatives au cours de la fabrication du fromage. Dans le même sens, la composition des

fromages dépend soit majoritairement de la composition initiale du lait et donc des conditions de production de celui-ci soit exclusivement de la transformation fromagère.

III. Résultats de l'analyse sensorielle :

L'analyse statistique des résultats des analyses sensorielles des deux types de camemberts est effectuée à l'aide de la table de KRAMER, (1961). Ils sont représentés en Annexe 16.

1. L'aspect de la Croûte :

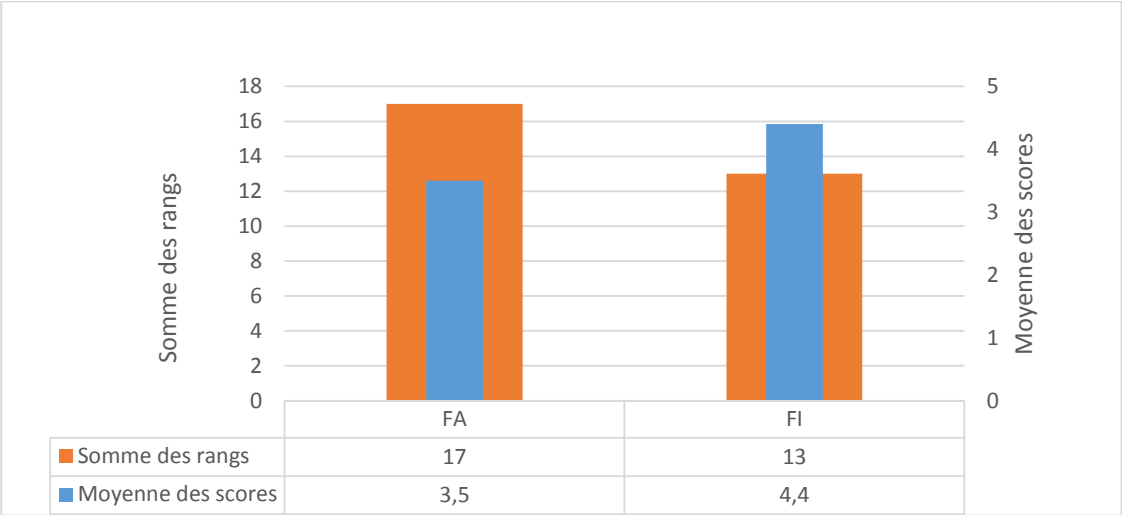


Figure 22 : Appréciation de la croûte des deux fromages.

Selon la somme de rangs, Le fromage industrielle se situent dans l'intervalle de signification par contre le fromage artisanal se situent en dehors de l'intervalle de signification [11-16].

Donc la différence entre les deux produits du point de vue analyse sensorielle est jugée significative entre les deux fromages. En observant la note moyenne donnée par le jury de dégustation, les résultats indiquent un aspect appréciable uniquement si la note moyenne est supérieure de 2,5 à la moyenne (note moyenne > seuil d'acceptation). .

Selon l'aspect de la croûte les deux fromages sont appréciés par les dégustateurs.

Selon **FRETIN(2016),** l'aspect de la croûte du fromage dépend essentiellement de la composition microbienne, notamment celles inoculées spontanément (fermentation). La croissance du fromage sur la croûte dépend des conditions d'affinage tels que, le microbiote du lait, le pH de la croûte, le soin du fromage et le temps d'affinage.

2. La couleur :

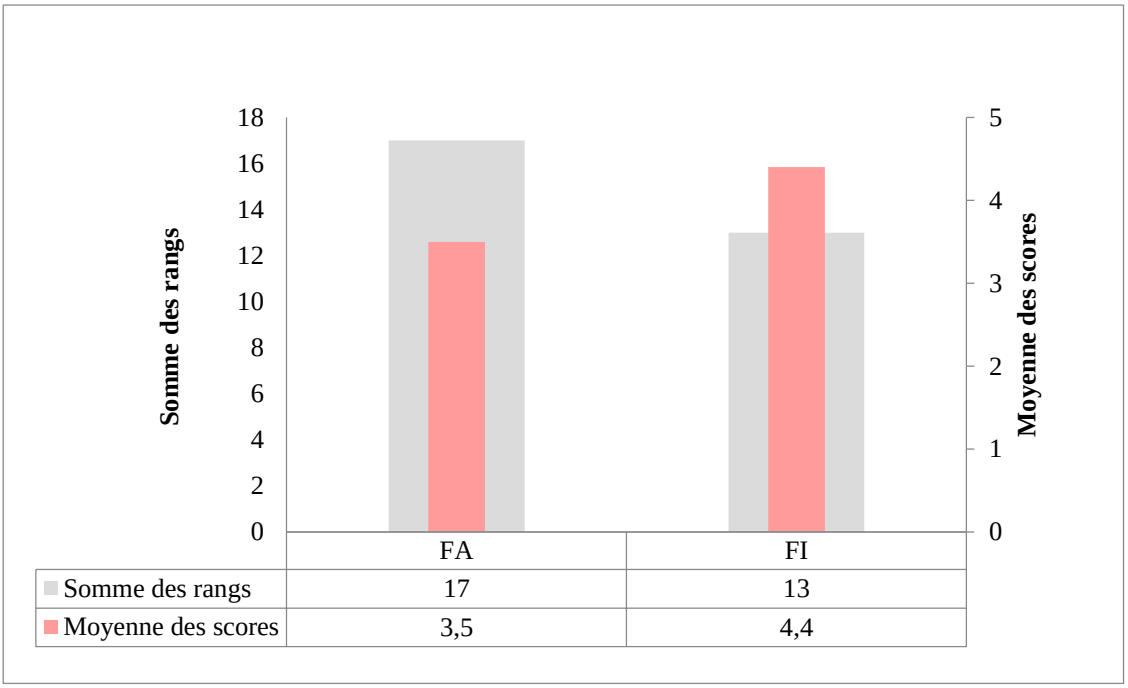


Figure 23 : Appréciation de la couleur des deux fromages.

Selon la somme de rangs, le types de fromage industrielle se situent dans l'intervalle par contre le fromage artisanal dépasse l'intervalle de signification [11-16].

Donc la différence entre les deux produits du point de vue analyse sensorielle est jugée significative, avec une somme des rangs pour fromage industrielle 13 donc ce dernier est mieux apprécie en plus sa moyenne des scores 4.4.

Selon la couleur les deux fromages sont appréciés par les dégustateurs.

Selon **MARTIN, et al (2005) et NOZIERE, et al(2006),** l'effet très fort du pâturage sur la couleur jaune de la pâte fromagère est dû principalement aux pigments caroténoïdes (dont le β-carotène) présents dans les feuilles végétaux. Le bêta-carotène ingéré avec de la nourriture est absorbé dans l'intestin et transporté par la circulation sanguine jusqu'aux glandes mammaires où il est excrété dans de lait.

3. l'odeur :

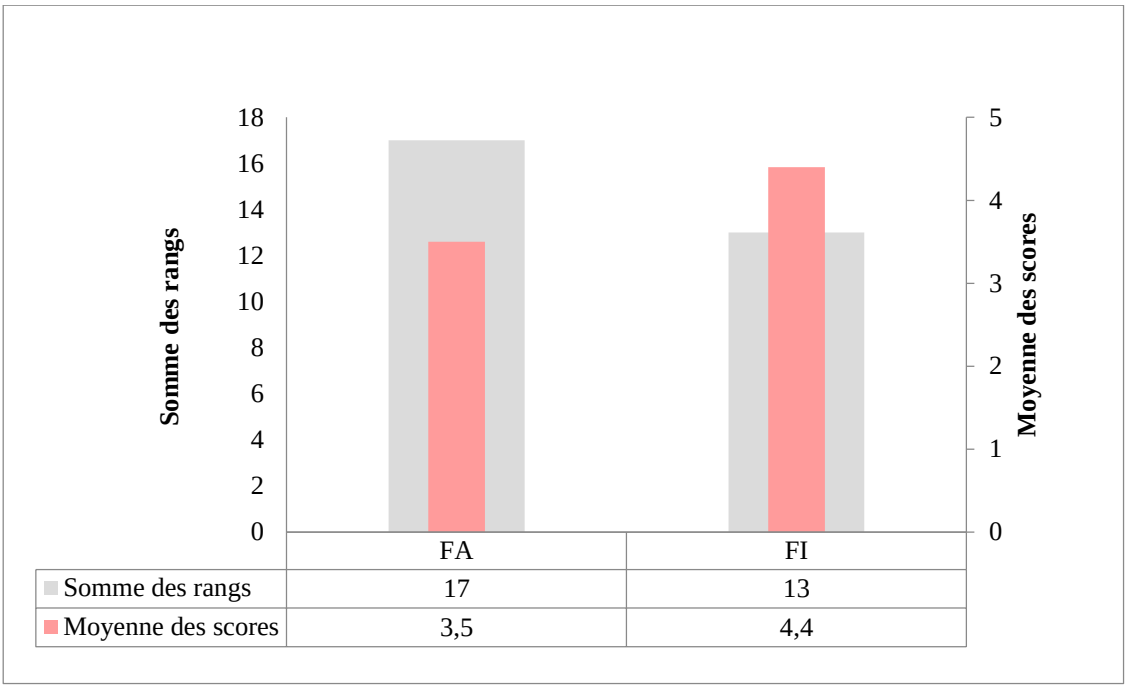


Figure 24 : Appréciation de l'odeur des deux fromages.

Selon la somme des rangs, le fromage industriel se situe dans l'intervalle de signification [11-16] par contre le fromage artisanal dépasse cet intervalle.

Donc la différence entre les deux produits du point de vue analyse sensorielle est jugée le fromage artisanal est significative, avec une somme des rangs pour fromage industrielle 13 donc ce dernier est mieux apprécie en plus ça moyenne des scores 4.4.

Selon l'odeur les deux fromages sont appréciés par les dégustateurs.

Cette variation est due essentiellement à la fermentation (la transformation du sucre en acide lactique et alcool et en acide acétique), et aussi due à l'âge de fromage et notamment de lait, de l'animale et son lieu d'élevage.

4. Le goût :

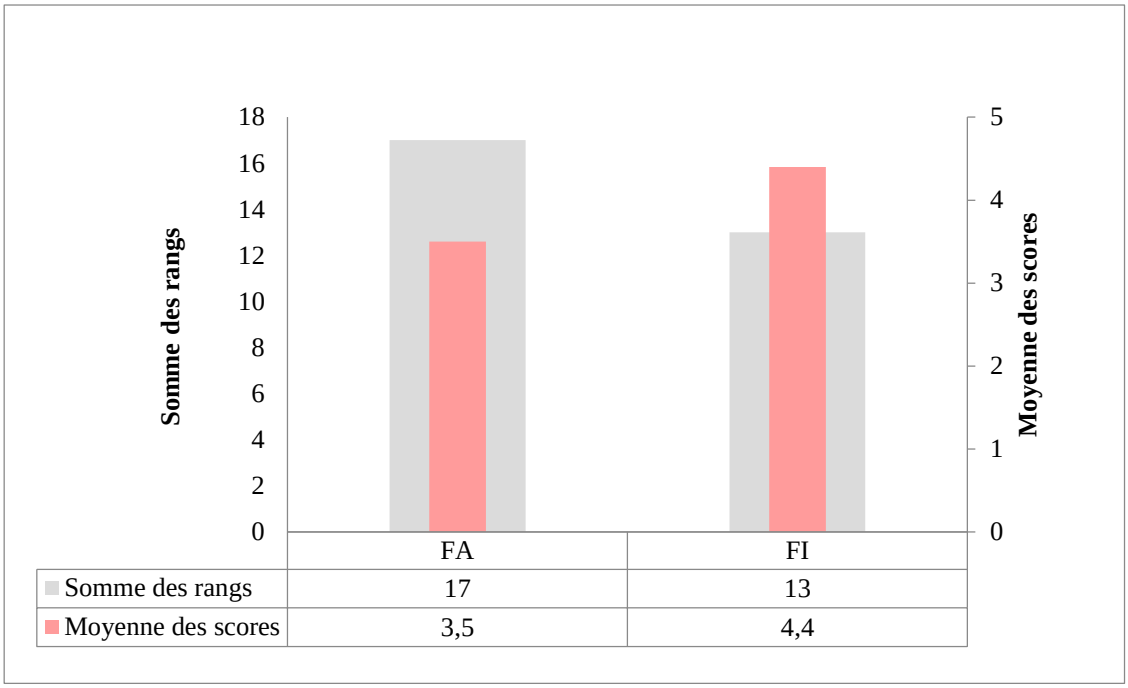


Figure 25 : Appréciation du goût des deux fromages.

Selon la somme de rangs, les deux types de fromage se situent dans l'intervalle de signification [11-16].

La moyenne des scores dépasse la limite acceptable qui est 2.5 ce qui nous indique que le goût est acceptable pour les deux fromages.

Si on observe la somme des rangs on remarque que celle attribué au fromage artisanal (FA) est supérieur à 17 donc ce fromage est significativement mauvais. Par apport au fromage industriel qui présente une moyenne des scores plus élevés (4.4).D'après ces résultats statistiques de goût, le fromage Industriel et le plus apprécié.

Selon **FRETIN(2016),** la saveur du fromage dépend de l'équilibre des composés appétissants et volatils des différentes voies métaboliques (protéolyse, lipolyse et glycolyse) impliquées au cours du vieillissement. Les micro-organismes et les enzymes naturels (plasmine, lipoprotéine lipase) présents dans le lait jouent un rôle central dans ces voies métaboliques.

5. La texture :

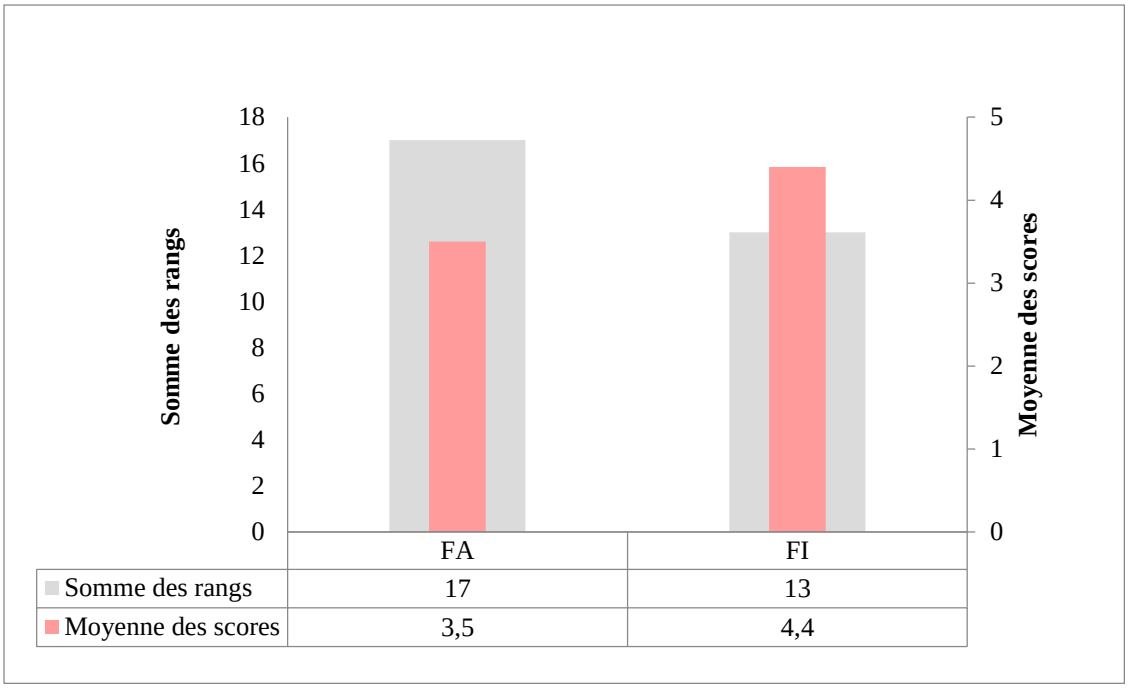


Figure 26 : la texture des deux fromages.

La moyenne des scores dépasse la limite acceptable qui est de 2,5, ce qui nous indique que la texture est acceptable pour les deux fromages.

Cependant, si on observe la somme des rangs on remarque que celle attribuée au fromage FA (Artisanal) est supérieur à 17 (Figure 26), donc ce fromage est significativement mauvais. Par rapport au fromage industriel qui présente une moyenne des scores plus élevés (4.4).

D'après ces résultats statistiques de la texture, le fromage industriel est le plus apprécié.

Selon **VASSAL et al (1986)** le pH est le paramètre qui influence le plus la texture du camembert. Ainsi, la consommation d'acide lactique et son augmentation due à la production de composés alcalins par la microflore de surface et principalement le pénicillium jouent un rôle important dans le ramollissement de la pâte de camembert. Cela se confirme aussi bien dans la zone externe du fromage que dans la partie centrale. Le pH est le paramètre qui affecte le plus la texture, y compris l'intérieur du fromage. L'extrait sec est le second paramètre qui intervient pour expliquer le phénomène.

Conclusion Générale

Conclusion général :

L'objectif de notre étude, était d'évaluer la qualité physico-chimique et sensorielle des fromages à pâte molle type camembert. Les résultats ont démontré que la qualité des fromages étudiés est variable sur le plan statistique selon leur origine et la technique de fabrication adoptée à l'unité de production. Concernant la composition chimique du lait (la matière première), Ce dernier varie sous l'influence de nombreux facteurs liés à l'animal ou à l'environnement.

Durant la période du stage pratique effectuée au niveau de la laiterie- fromagerie EURL STLD « Société de Transformation du Lait et Dérivés » à Draa Ben Khedda, et à la fromagerie artisanale « Hamidani-l'artisan » à Tazmalt, nous avons pu réaliser une comparaison entre deux types de camemberts «industriel et artisanale» ; les deux types sont fabriqué à base de lait de vache pasteurisé, mais avec des processus technologiques différents et du lait issu de deux régions différentes.

A travers cette étude et d'après les résultats statistiques obtenus par le logiciel R, on a pu déduire que :

- ✓ le type d'alimentation des vaches laitières, la race, et les facteurs climatiques, peuvent avoir une influence sur la qualité du lait vu les variations significatives ($P<0.05$) entre quelques paramètres (ESD ; l'acidité : protéines, lactose et pH) des deux types de lait qu'il soit destiné à la production industriel ou à la production artisanale. Cependant, les valeurs de la densité nous indiquent une différence non significative. Les résultats obtenus ont révélé une conformité des paramètres mesurés aux normes.
- ✓ La comparaison des différents paramètres physico-chimiques des fromages à pâte molle types camembert, nous a permis de constater des différences significatives en matière grasse, et pH ($P<0.05$), par contre l'EST et le G/S ne varient pas significativement ($P>0.05$) entre les deux produits.
- ✓ Les acides gras saturés et insaturés de la matière grasse dans les deux types de camembert ne présentent aucune différence significative, ce qui nous laisse confirmer que la composition de la matière grasse des deux fromages ne varie que très peu au cours de la fabrication.

L'étude a été complétée par l'analyse sensorielle basée sur le test de Kramer, dont l'objet étais une comparaison les deux types de camembert en évaluant 5 paramètres organoleptiques. Les résultats de ce test a montré que le jury a bien appréciée les critères de qualité suivants : l'aspect

de la croûte, la couleur, l'odeur et le goût pour les deux produits, à l'encontre de la texteur qui est plus appréciée pour le fromage industriel par rapport à l'artisanal.

En conclusion, les fromages font un élément de l'alimentation humaine notamment les fromages à pâte molle type camembert, qui constitué une bonne source d'aliment (protéine et matière grasse) pour l'homme. Et pour une haute qualité de camembert la meilleure prédiction est obtenue par l'utilisation simultanée d'un lait de bonne qualité physico-chimique et des bonnes pratiques de fabrication.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques :

- **ABOUTAYEB R., (2009).** Technologie du lait et dérivés laitiers.
- **ACHOUCHE S et BEN HABBOUCHE T. (2021)**, Étude comparative sur la qualité nutritionnelle et physico-chimique de deux types de camembert : artisanal et industriel, Master Académique en Sciences Alimentaires Spécialité : Agroalimentaire et Contrôle de la Qualité, université Tizi Ouzou.
- **AFNOR**. **1986**. Contrôle de la qualité des produits laitiers –Analyses physiques et chimiques, 3ème édition AFNOR.
- **AGGAD H., MAHOUZ F., AHMED AMMAR Y., et KIHAL M. (2009).** Evaluation de la qualité hygiénique du lait dans l'ouest algérien. Revue de Médecine Véterinaire160, (590- pages).
- **ALAIS C., (1984).** Science du lait : principes des techniques laitières.4eme édition. Sepaic, Paris.
- **Alias C**. (**1975**). Science du lait principe des techniques litières.3éme édition. Paris, pp 1.60
- **AMIOT J., FOURNER S., LEBEUF Y., PAQUIN P., SIMPSON R et TURGEON H.,** (2002). Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait In VIGNOLA C.L, Science et technologie du lait – Transformation du lait, École polytechnique de Montréal.
- **Avramescu** A.., **Bazzaro F**., **Mahdjoub M**., **Sagot J**.C., **Simion** I**. (2014)** Elaboration d'une approche d'analyse sensorielle tactile des matériaux bio-sources, U.P.B. Sci. Bull., Series B, Vol. 76, Iss.1
- **Bachouche, S., & Guessas, H. (2018).** Fabrication de fromage de type Camembert à base de lait reconstitué (Doctoral dissertation, Université Bouira).
- **Bae, H. C., Nam, J. H., Renchinkhand, G., Choi, S. H., & Nam, M. S. (2020).** Physicochemical changes during 4 weeks ripening of Camembert cheeses salted with four types of salts. Applied Biological Chemistry, 1-12
- **BERREHAL D. (2020)**, Effet de quelques pratiques d'élevage sur la qualité physicochimique du lait issu de deux régions différentes et son influence sur le fromage type camembert, master académique en science.
- **BOURDIER J. M LOQUET MF., 1991.** Dictionnaire laitier. Techniques et documentation, Lavoisier, 2ème édition, Paris.

- **BOUTERFA ép. BENGUENDOUZ Asma** Authentification et variabilité des fromages à pâte molle type camembert : Influence du stade physiologique de la vache laitière, thèse de doctorat. Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem (2019-2020).
- **BOUTONNIER**, **J**. **(2006).** Matière grasse laitière : Composition, organisation et propriétés. Techniques de l'ingénieur. Agroalimentaire.
- **BOUTROU R., GAUCHERON F., PIOT M., MICHEL F., MAUBOIS J., LEONIL J. (1999).** Changes in the composition of juice expressed from Camembert cheese during ripening. Inra Elsevier. Paris, 79, 503- 513.
- **Branger A., Richer M., Roustel S**. (2007) Alimentation, Sécurité et Contrôle Microbiologique. Ouvrage Collectif. 131p.
- **Briand L.** (2018) La chimie du goût. Deug. Culture sciences. Chimie. Ens.fr. 1-14
- **BYLUND G., (1995).** Dairy processing handbook-Tetra pack processing, Lund, Sweden: 18- 23-381(436 pages).
- **CIPC Lait**, **Commission Interprofessionnelle des Pratiques Contractuelles**. 2011. Avis relatif à la définition et aux méthodes d'analyse de l'acidité du lait.
- **Claustriaux J.J.** (2001) Considérations sur l'analyse statistique de données sensorielles. Biotechnol. Agron. Soc. Environ.page 155- 158.
- **Codex alimentarius 1999** : NORME GÉNÉRALE CODEX POUR L'UTILISATION DE TERMES DE LAITERIE CODEX STAN 206-1999.
- **Codex Alimentarius. (2011).** Lait et produits laitiers. 2 éme édition Rome : FAO/OMS.
- **Coulon**, **J- et Hoden 1991**, A Maîtrise de la composition du lait : influence des facteurs nutritionnels sur la quantité et les taux de matières grasses et protéiques. pp. 361-367. Vol. 4 (5).
- **CROGUENNEC Thomas**, **JEANTET Romain**, **BRULÉ Gérard** (**2008**), Fondement physicochimique de la technologie laitière tec et doc Lavoisier.
- **DA CRUZ A.M., DE CASTRO E.V., BARBOSA F. J. M., DOS SANTOS H. D., DE SOUZA J. F., ARRIVABENE M., et DIAS F. E. F. (2014).** Milk Quality of Dairy Cattle Bred in Cearà, Northeast of Brazil. Journal of Animal Sciences Advances, 4(6), 897-903.
- **Debouz A., Guerguer L., Hamid Oudjana a et Hadj Seyd AEK (2014).** Étude comparative de la qualité physico-chimique et microbiologique du lait de vache et du lait camelin dans la wilaya de Ghardaïa. Revue ElWahat pour les recherches et les études, Vol.7, p : 8-15.

- **Debry G** (2001) .lait, nutrition et santé tec doc, paris : 21 (566pages).
- **DEPLETED. F. (2009).** Évaluation sensorielle Manuel méthodologique, Edition technique et documentation, 3 ème édition, Tec et Doc, Lavoisier, Paris.
- **Dieng**, **M**. **2001**. Contribution à l'étude de la qualité microbiologique des laits caillés industriels commercialisés sur le marché Dakarois. : Thèse Docteur vétérinaire, Université de Dakar Sénégal, 2001.
- **DILLON, J.C et ET BERTHIER, A.M. 1997.** *Le fromage dans l'alimentation. In : « fromage »*. Paris : Ed : Eck et Gillis. Lavoisier, 1997.
- **ECK A, (1990).** Le fromage 3eme Edition, Techniques et Documentation, Lavoisier, Paris. P.539.
- **FAO., (1995).** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Chapitre 3 : laits d'animaux laitiers. Collection FAO/ alimentation et nutrition.
- **Favier Jean-Claude**, **Dorsainvil E**. **(collab.) (1985**). Composition du lait de vache : 2. Laits de consommation. Cahiers de Nutrition et de Diététique, 20 (5), p. 355-363.
- **Fredot, E. (2009).** Lait et produits laitiers. Connaissance des aliments. Ed Tech. Doc. Lavoisier, 9-65.
- **FRETIN M. (2016).** Construction de la qualité sensorielle des fromages de type Cantal : rôle des interactions entre les communautés microbiennes et la composition de la matière grasse laitière des fromages. Thèse de doctorat en Nutrition et Sciences des Aliments. Auvergne : Université Blaise Pascal, 171 pages.
- **FROMAGERIE DURAND,** l'unique camembert fabrique dans le village camembert**.**
- **Fulchiron Y**., **Brefi C**. **(2020)** L'analyse sensorielle, un ensemble de méthodes au service du secteur agroalimentaire. Pôle agroalimentaire - Adecal techno pole – point info N°8: 1- 8.
- **Furtuna N**. **(2011)** L'analyse sensorielle : approches méthodologiques. Université Technique de Moldavie. 82- 85.
- **Gaddour, A., Najari, S., Abdennebi, M., Arroum, S., & Assadi, M. (2013).** Caractérisation physicochimique du lait de chèvre et de vache collectée localement dans les régions arides de la Tunisie. Options Méditerranéennes, , 151-154.
- **Guiraud J**. **et Rosec** .**P**. (**2004**).Pratique des normes en microbiologie alimentaire. EditionAFNOR.95p.
- **Herbert S**. **(2018)** Example food: What are its sensory properties and why is that important? Science of Food. Published in partnership with Beijing Technology and Business University. www.nature.com/npjscifood.

- **Jean C**., **et Dijon C**., (**1993).**Au fil du lait, ISBN 2-86621-172-3.
- **Jeantet R., Croyennec T., Mahaut M., Schuck P et Brulé G., (2008).** Les produits laitiers .2 éme Doc, Lavoisier. Paris.
- **Kalandi, M., Sow, A., Guigma, W., Zabre, M., Bathily, A., & Sawadogo, G. (2015).** Evaluation de la qualité nutritionnelle du lait cru dans les élevages traditionnels de Kaolack au Sénégal. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 9(2), 901
- **KOUIDRI A., MERIBAI A., NOUANI A., MOHAND BELLAL M., ZEBIB B., et MERAH O. (2019).** Effect of feed supply on milk yield and lipid composition in Algerian dairy cows. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 25(1), 134-140.
- **LABIOUI H., EL MOUALDI L., BENZAKOUR A., EL YACHIOUI M., BERNY E., et OUHSSIN M. (2009).** Etude physicochimique et microbiologique de laits crus. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 148, 7-16.
- **Law, B. A. (2012).** Microbiology and Biochemistry of Cheese and Fermented Milk. Springer Publishing.
- **Le codex alimentarius 1999** : Norme générale codex pour l'utilisation termes de laiterie codex Stan 206-1999.
- **Lefebvre Anne** « l'analyse sensorielle une méthode de mesure au service des acteurs de la conception », 10ième Séminaire CONFERE, 3-4 Juillet 2003, Belfort – France, pp. 3-11.
- **Lenoir**, **J**., **(1985).** Les caséines du lait. Rev. Lait. Fr., 440, 17-23.
- **Leymarios**, **F**.. **(2010).** Qualité nutritionnelle du lait de vache et de ses acides gras. Voies d'amélioration par l'alimentation (Doctoral dissertation, thèse pour le doctorat vétérinaire, école nationale vétérinaire d'Alfort. Paris, France, p15).
- **Mahaut M., Jeantet R., Brule G. (2000).** Initiation à la technologie fromagère. Techniques et Documentation – Lavoisier, Paris, 194 p.
- **Mathieu J**., **(1999).** Initiation à la physico-chimie du lait. Edition Lavoisier, Technique et documentation Lavoisier, paris : 3-190(220pages).
- **Mietton B. (1995).** Incidence de la composition des fromages au démoulage et des paramètres d'environnement sur l'activité des agents de l'affinage. *Revue des ENIL,* 189 pages.
- **Mozell M**. (1970) Evidence for a Chromatographic model of olfaction. The journal of general physiology. 56: 46-63.

- **Neelakanten J., Shahani K M., Arnold R G, (1971)**. Lipases and flavor development in some italian cheese varieties. Food Production Development. ,52-58.
- **NEVILLE M. C et JENSEN R. G., (1995).** The physical properties of humain and bovine **JENSEN R.,** Handbook of milk composition-General description of milks, Academic Press, Inc.: 82 (919 pages)
- **NORME GÉNÉRALE POUR LE FROMAGE** CXS 283-1978
- **Pougheon S., Goursaud J., (2001).** Le lait caractéristiques physicochimiques *in debry, Lait*, nutrition et santé, *Tec et Doc, Paris.*
- **Preedy**, **R**., **Watson**, **R**.., **& Patel**, **B**. (**2013**). Handbook of cheese in health: production, nutrition and medical sciences: Production, nutrition and medical sciences (Vol. 6). Wageningen Academic Publishers.
- **Raynaud, S., Lefrileux, Y., Morge, S., Pétrier, M., Allut, G., Barrel, J., & Gauzere, Y. (2018).** Qualité des fromages fermiers lactiques : locaux et maitrise de l'affinage. Innovations Agronomiques, 63, 1-21.
- **Remeuf F., Cossin V., Dervin C., Lenoir J., Tomassone R. (1991).** Relations entre les caractéristiques physicochimiques des laits et leur aptitude fromagère. *Lait.* 71,397·421
- **Riahi M.H., 2006.** Modélisation des phénomènes microbiologiques, biochimiques et physicochimiques intervenant lors de l'affinage d'un fromage de type pâte molle croute lave ; thèse de doctorat Institut National Agronomique, École Doctorale ABIES, Paris Grignon
- **Ribadeau-Dumas, B. (1984).** Maîtrise de l'affinage des fromages de type Camembert. Le Lait, 64(643-644), 448-468.
- **ROMAIN J THOMAS C** ; **MICHEL M** ; **PIERRE S** ; **GERARD B** ; (**2008)**. Les produits laitiers 2 eme Ed ; Tec et Doc Lavoisier. P185.
- **Schlich Pascal**, **Amélie Deglaire**, **Sylvie Cordelle**, **Christine Urbano**, **Coralie Biguzzi**, (**2010**).Les préférences hédoniques pour le gras. Mesures et variabilité.
- **Sebedio J**.L., 2008. La matière grasse laitière : introduction science des aliments, pp.5-11.
- **Soulat, J. (2021).** Des prairies aux produits : les effets des pratiques dans les filières d'élevage à l'herbe sur les qualités des produits.
- **Soustre, Y., Chesneau, C., & Marmonier, C. (2011).** Place de la matière grasse laitière dans l'alimentation des Français. Sciences des aliments, 30(1), 33.

- **SRAIRI M.T., et HAMAMA A. (2006).** Qualité globale du lait cru de vache au Maroc, concepts, état des lieux et perspectives d'amélioration. Transfert de technologie en agriculture, 137, (1- 4).
- **Stoll, W. 2003.** *Vaches laitières : l'alimentation influence la composition du lait.* Suisse : RAP Agri, 2003. Vol. 9. N° 15/2003.
- **Thapon J.L., (2005)**. Science et technologie du lait, Agro campus-Rennes, France.
- **TIR E., BOUNOUA S., HEDDAR M., et BOUKLILA N. (2015).** Étude de la qualité Physico-chimique et microbiologique de laits crus de vache dans deux fermes de la wilaya de Tissemsilt (Algérie). Revue El Wahat pour les Recherches et les Études, 8(2), 26-33.
- **Toussaint F**. (2003) Les étapes de l'analyse sensorielle. Technologie Appliquée. Consulté le 23/05/2023, à 16h25, sur: http://technoresto.org/tp/ta_as/ta_fp.html.
- **TREMOLIERE, J, SERVILLE, Y JACQUOT, R .ET DUPIN, H.** (1984). Manuel d'alimentation humaine. Tome 1.
- **Vanbelle, M., Vervack, W., Foulon, M., & Bailleux, L. (1978).** Composition en acides gras supérieurs de quelques types de fromages consommés en Belgique. Le Lait, 58(575- 576), 256-260.
- **VASSAL L., MONNET V., LE BARS D., COLLETE, R., et GRIPON J. C. (1986).** Relation entre le pH, la composition chimique et la texture des fromages de type Camembert. Le lait, 66(4), 341-351.
- **Veisseyre, R**. 1975. Technologie du lait constitution, récolte, traitement et transformation du lait. 3éme édition. Paris : Edition la maison rustique
- **Vignola C L, (2002).** Science et technologie du lait, transformation du lait. Presses internationals polytechnique, Québec;
- **Walther**, **B**., **Schmid**, **A**., **Sieber**, **R., & Wehrmüller**, K. **(2008**). Cheese in nutrition and health. Dairy Science and Technology, 88(4-5), 389-405.

Web graphie :

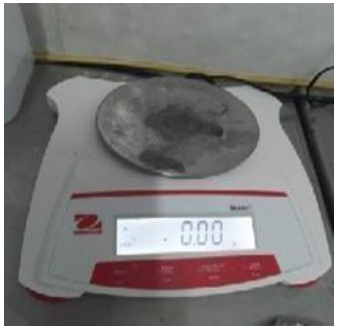
- Anonyme, Le fromage à pâte molle type Camembert, consulté le 18/04/2023, à 21h55, sur : https://agronomie.info/fr/fromage-a-pate-molle-type-camembert/.

- Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, la composition du lait, consulté 12/03/2023, à 14h00, sur : « https://www.fao.org/dairy-production-products/products/la-composition-du-lait/fr/ »

Annexes

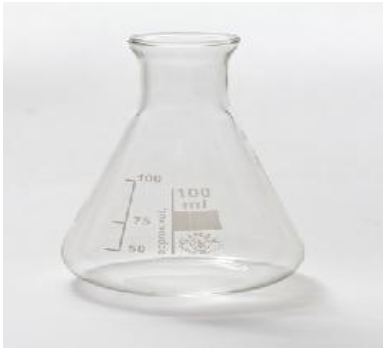
ANNEXE 1 : LE MATERIEL ET LES REACTIFS UTILISES POUR L'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE.

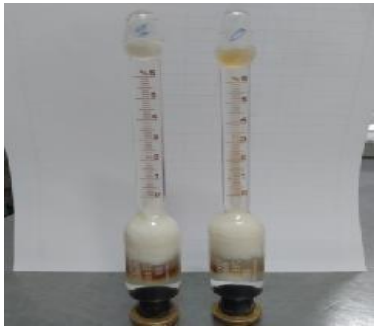
PH mètre du fromage **PH mètre du lait** **Balance de précision** **Dessiccateurs** **Centrifugueuse**



Bain marie **Lacto-densimétre** **Burette** **pipette** **Lacto-star**

Erlenmeyer **Godet** **Butyromètre à lait** **Butyromètre à fromage**





- **Réactifs : Produits chimiques et Réactifs :** acide sulfurique, Alcool iso-amylique, phénophtaléine,soude en solution (NAOH), chloroforme / méthanol, Eau distillée, solution NA Cl saturée,Hexane.

ANNEXE 2 : DETERMINATION DU PH

- ***Mode opératoire :***

Le PH est une mesure effectuée à l'aide d'un ph- mètre. Avant chaque mesure, nettoyez l'électrode du Ph – mètre avec de l'eau du robinet. Rincez à l'eau distillé et séchée avec du papier buvard.

- Un contrôle sur la fiabilité du pH-mètre est effectué avant chaque mesure, par étalonnage de l'appareil à l'aide de deux solutions tampons de pH basique et acide connus (4,00 et 7,00).
- Insérez l'électrode du ph –mètre dans le récipient contenant du lait à analyser.
- Attendre la stabilisation du ph pour effectuer la lecture

Mesure du PH du lait

Mesure du PH du camembert

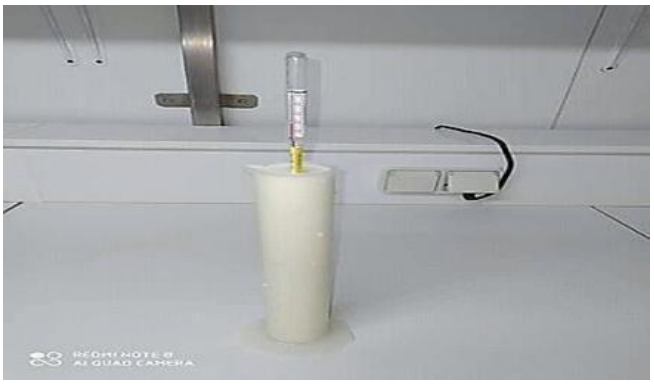
ANNEXE 3 : DETERMINATION DE L'ACIDITE DORNIC

- ***Mode opératoire :***
  - Mettre dans un bécher 10 ml de lait prélevé à l'aide d'une pipette.
  - Ajouter 2 à 3 gouttes d'indicateur coloré (phénophtaléine).
  - Ajuster la burette à zéro.
  - A l'aide du la burette, titrer document la solution (NAOH) jusqu'à l'apparition de coloration rose.
  - Résultat exprimé en degré dornic (D°).

Annexe 4 : Détermination de la densité

- ❖ ***Mode opératoire :***
- Bien mélanger le lait pour éviter les bulles d'air et la mousse.
- Versez une quantité de lait ou de lactosérum dans une éprouvette graduée de 250 ml.
- Le lactodensimètre est plongé verticalement dans l'éprouvette.
- Après sa stabilisation, on lit la valeur de densité sur l'échelle à la surface du lait.

Détermination de la densité :

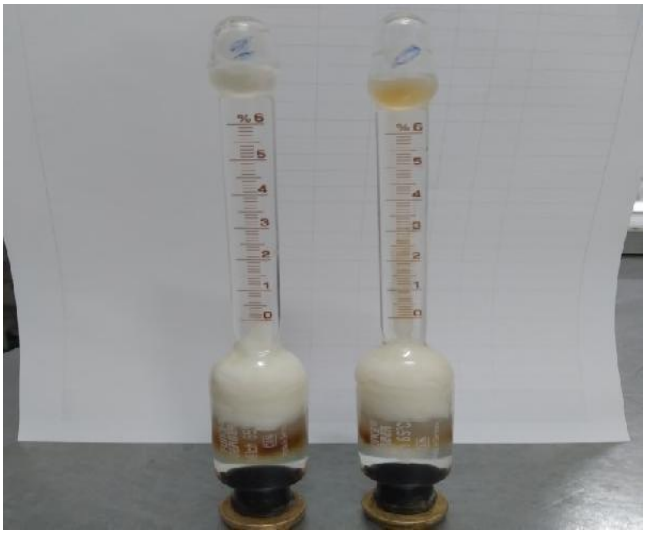


ANNEXE 5 : DETERMINATION DE LA MATIERE GRAISSE DU LAIT PAR LA METHODE ACIDEBYTURYMETRIQUE :

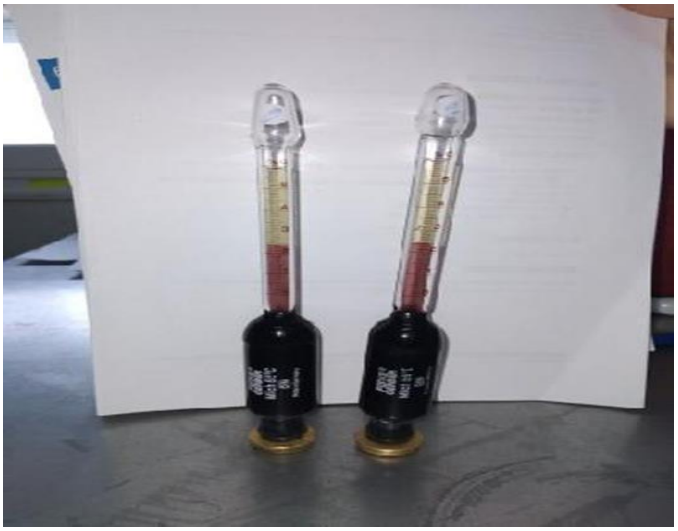
❖ ***Mode opératoire :***

- Placer les butyromètres sur un support en suit verser 10 ml Acide sulfurique à 91%.
- Ajouter 11 ml du lait à l'aide d'une pipette en l'écoulant à travers les parois pour éviter le mélange prématuré du lait avec l'acide.
- Ajouter 1 ml d'alcool iso-amylique.
- Fermer les butyromètres à l'aide des bouchons.
- Mélanger jusqu'à la dissolution totale du mélange.
- Placer les butyromètres face à face dans la centrifugeuse les bouchons vers le bas.
- Centrifuger pendant 5 min.
- La lecture se fait directe sur les graduations du butyromètre.

Mélange du lait avec de l'acide sulfurique et De l'alcool iso-amylique



Mélange après centrifugation :



ANNEXE 6 : DETERMINATION DE L'EXTRAIT SEC TOTAL ET L'EXTRAIT SECHE NON GRASSE :

- ***Mode opératoire :***

Dans un dessiccateur, réglé à une température de 100 ° C, 3 g de lait sont étales sur une coupelle d'aluminium préalablement taré. Le couvercle du dessiccateur est fermé. Après quelque minute (environ 20 min) la valeur de l'extrait sec est indiquée en pourcentage sur l'afficheur de l'appareille.

ANNEXE 7 : DETERMINATION DE LA TENEUR EN PROTEINES ET EN LACTOSE ET LE POINT DE CONGELATION DANSLE LAIT.

- ***Mode opératoire :***

-Introduire une quantité de 10 ml du lait dans le « lactostar ».

- La lecture se fait directement sur l'écran et le résultat est donné en pourcentage %.

ANNEXE 8 : MESURE DU PH DU CAMEMBERT :

- ***Mode opératoire :***

- Un étalonnage du pH-mètre est effectué avant l'analyse à l'aide des solutions tampons pH acide 4 et pH neutre 7.
- Introduction de l'électrode du pH-mètre dans la pâte du fromage à analyser.
- Attendre la stabilisation du pH pour effectuer la lecture.

ANNEXE 9 : DETERMINATIONS DE LA MATIERE (MG) DU CAMEMBERT PAR LA METHODE ACIDOBYTORYMETRIQUE (METHODE GERBER)

Mode opératoire :

- placer le godet sur une balance puis tarer la balance.
- Peser 3g du camembert.
- Placer le godet dans le butyromètre spécifique pour le fromage.
- Verser à l'aide d'une pipette 10ml d'acide sulfurique à 62,9 % dans le butyromètre jusqu'àl'immersion total du camembert.
- Fermer l'ouverture de remplissage du butyromètre à l'aide d'un bouchon.
- Mettre le butyromètre échelle vers le haut au bain marie à 80°C pendant 45minutes.
- Agiter à plusieurs reprises jusqu'à la dissolution complète du fromage.
- Retirer du bain marie et ajouter 1ml d'alcool iso amylique.
- Placer immédiatement le butyromètre dans la centrifugeuse GERBER, à une vitesse requise(360 tours / min) pendant 5 minutes.
- La lecture se fait directement sur les graduations du butyromètre

ANNEXE 10 : DETERMINATION L'EXTRAIT SEC TOTAL

❖ ***Mode opératoire :***

- Allumer le dessiccateur.
- Mettre sur la balance de dessiccateur une capsule en aluminium sèche et tarer.
- Peser 5g du camembert.
- Etaler le camembert au maximum pour accélérer la dessiccation.
- Fermer l'appareil et laisser le temps de dessiccation.
- La valeur s'affiche sur l'écran de l'appareil exprimée en pourcentage.

Avant caramélisation (Avant chauffage)

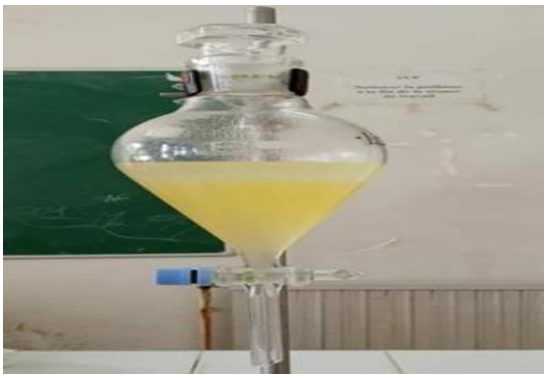
Après caramélisation (Chauffage)

ANNEXE 11 : EXTRACTION DE LA MATIERE GRASSE PAR LA METHODE DE FOLSH

❖ ***Mode opératoire :***

- Peser 25 g du fromage (camembert).
- Ajouter 75 ml du mélange chloroforme /méthanol (2 :1 v/v) dans un Erlenmeyer de 250 ml.
- Mélanger pendant 45 mn avec agitateur magnétique.
- Filtrer le mélange.
- Extraire à nouveau la phase solide 1ou 2 fois le même volume de l'extractant.
- Combiner les phases liquides dans une ampoule à décanter.
- Ajouter 35 ml de solution Na cl saturée.
- Agiter le mélange.
- Après une séparation de phase, filtrer ensuite sécher la phase chloroforme avec du sulfate de sodium anhydre.
- Filtre à nouveau.
- Peser le ballon rodé.
- Mettre la phase chloroformique dans le ballon.
- Peser à nouveau le ballon + phase chloroformique.
- Peser au Rotavapor (température : 40 ° C).
- Peser à nouveau le ballon rodé avec la phase lipidique uniquement.
- Déduire le poids de la phase lipidique (poids ballon+ phase lipidique –poids ballon vide).

Séparation les deux phases



récupération de la phase chloroformique

Récupération de la matière graisse

ANNEXE 12 : PREPARATION DES ESTERS METHYLIQUE DU LAIT

❖ **Mode opératoire :**

- Prélever 1 ml hexane contenant 50 à 100 mg de matière grasse pure et les mettre dans un tube à vis
- Ajouter 200 ul NaOH 2N dans du méthanol. Bien boucher. Agiter 10 secondes.
- Porter au bain marie à 50 °C pendant 20 secondes. Agiter. Laisser refroidir dans la colonne.
- Agiter. Laisser décanter. Recueillir la couche supérieure (phase exanoique) qui contient les esters méthyliques.

ANNEXE 13 : ANALYSE STATISTIQUE DE PARAMETRE PHYSICO-CHIMIQUE DU LAIT

Tableau : Résultats d'analyses physico- chimique du lait.

Paramètres	**Lait Fermier** $\overline{X}$ **± EC**	**Lait artisanale** $\overline{X}$ **± EC**	**p- value**
Acidité	**17.50± 0.54**	**15.75 ±0.75**	**0.008**
PH	**6.39 ±0.21**	**6.65 ±0.39**	**< 0.001**
Densité	**1029.56 ±1.27**	**1031.11 ±1.20**	**0.05**
Matière graisse	**30.28± 0.86**	**37.91±0.19**	**0.004**
Extrait sec dégraisse	**79.61 ±1.18**	**89.09 ±0.17**	**0.002**
Protéine	**30.33 ±1.13**	**33.66 ±1.03**	**< 0.001**
Lactose	**39.25 ±1.62**	**43.30 ± 0.84**	**< 0.001**

En noir, les paramètres correspondant aux valeurs de probabilité (très significatives < 0.01).
En rouge, le paramètre correspondant à la valeur de probabilité (non significative ≥ 0.05).

P : probabilité, $\overline{X}$ **: moyenne, EC : écart type.**

ANNEXE 14 : ANALYSE STATISTIQUE DE PARAMETRE PHYSICO-CHIMIQUE DU CAMEMBERT

Tableau : Résultats d'analyses physico- chimique du camembert.

paramètre	**Camembert Fermier** $\overline{X}$ ±EC	**Camembert artisan** $\overline{X}$± **EC**	**P – Value**
PH	5.07 ±0.08	5.18 ±0.01	0.02
Extrait sec total	45.04 ±0.01	50.35 ±1.89	0.06
Matière graisse	23.66 ± 0.81	25.16 ±1.16	0.03
Gras /sec	50.56 ±3.13	52.53 ±0.73	0.06

En noire, les paramètres correspondants aux valeurs de probabilité (significatives <0.05).
En rouge, les paramètres correspondants aux valeurs de probabilité (non significatives ≥0.05).

P : probabilité, $\overline{X}$: moyenne, EC : écart type.

ANNEXE 15 : ANALYSE STATISTIQUE DE LA COMPOSITION EN ACIDES GRAS DE LA MATIERE GRASSE DU CAMEMBERT.

Tableau : Analyse statistique de la composition en acides gras de la matière grasse du Camembert.

	Le Camembert Fermier $\overline{X}$ **± ECM**	**Le Camembert artisanale** $\overline{X}$**±ECM**	**P- value**
C4	**1.34± 0.56**	**1.40±0.75**	**0.9**
C6	**1.38 ±0.22**	**1.22±0.49**	**0.58**
C8	**0.84±0.25**	**0.64 ±0.25**	**0.31**
C10	**1.75 ± 0.56**	**1.28 ±0.45**	**0.24**
C12	**2.3 ±0.18**	**1.7 ±0.33**	**0.24**
C14	**8.9 ± 1.9**	**8.7 ±1.23**	**0.82**
C15	**1.04 ± 0.06**	**1.20±0.05**	**0.01**
C16	**27.09 ± 2.21**	**27.18 ± 1.63**	**0.94**
C17	**0.78 ± 0.22**	**0.87 ± 0.20**	**0.56**
C18	**13.40± 3.62**	**15.70± 1.56**	**0.3**
C20	**1.20 ± 0.06**	**1.26 ± 0.20**	**0.61**
C14 :1	**0.82 ±0.25**	**0.57 ±0.10**	**0.13**
C16 :1	**1.16 ±0.71**	**1.30 ±0.14**	**1**
C17 :1	**0.57 ±0.38**	**0.50 ±0.25**	**1**
C18 :1	**26.80 ± 3.33**	**27.49± 1.52**	**0.72**
C20 :1	**0.24 ± 0.09**	**0.34±0.13**	**0.3**
C18 :2	**4.60 ±1.85**	**2.84±0.11**	**0.34**
C18 :3	**0.72 ± 0.29**	**0.78 ±0.07**	**0.88**

ANNEXE 16 : ANALYSE STATISTIQUE DE RESULTATS D'ANALYSE SENSORIELLE.

Tableau : Analyse statistique de résultats d'analyse sensorielle.

Produits / Paramètres	A (camembert Fermier)		B (camembert artisanal)	
	Score	Rangs	Score	Rangs
Aspect de la croute	4.4	13	3.5	17
La couleur	4.2	13	3.9	17
L'Odeur	3.9	12.5	2.8	17.5
Gout	3.2	13.5	3.1	16.5
Texture	4	12.5	3.4	17.5

ANNEXE 17 : FICHE DE DEGUSTATION

Le : ……à……

L'âge : ……

Sexe :

- *Féminin* ……☐
- *Masculin*……☐

Fonction ; ……

Fiche de dégustation

Produit : fromage à pâte mole « camembert »

Paramètre	A					B				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Aspect de la croûte										
Couleur										
Odeur										
Goût										
Texteur										

Observation :

- 1 : Très mauvais.
- 2 : Mauvais.
- 3 : Assez bon.
- 4 : Bon.
- 5 : Très bon.

Signature :

……