

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Université Abdelhamid Ben
Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة والحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

M^{me} BENCHERIF Fatima Zohra

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES AGRONOMIQUES

Spécialité : BIOTECHNOLOGIES ALIMENTAIRES

THÈME

**Utilisation de l'huile essentielle de *thymus numidis*
comme agent conservateur et aromatisant dans la
fabrication d'un fromage type Djben**

Soutenu publiquement le 15 /09/2019

DEVANT LE JURY

Président	AIT SAADA.DJ	MCA	Université de Mostaganem
Promoteur	BEKADA. A	Pr	Université de Mostaganem
Examinatrice	Mme AIT CHABANE. O	MCB	Université de Mostaganem

Année universitaire 2018 / 2019

ملخص:

الهدف من هذه الدراسة هو الكشف عن دور الزيت الأساسي للزعر كعامل حافظ و منكه في الجبن.

▪ الزيت الأساسي لـ: (thymus numidicus) اضيف بتركيز 1مل/كغ و 1.5مل/كغ للجبن الصنوع من حليب الماعز و تم تقييم تأثيره من خلال مراقبة المؤشرات الفيزيوكيميائية و الميكروبيولوجية لمدة 16 يوم.

▪ النتائج الميكروبيولوجية اثبتت ان إضافة الزيت الأساسي (thymus numidicus) للجبن له تأثير طفيف على (FTAM) و تأثير متوسط على (coliformes totaux) لكن خفضت بشكل كبير من عدد (coliformes fécaux) كما لها تأثير ملحوظ على الخمائر و الفطريات و منه فالزيت الأساسي للزعر من نوع (thymus numidicus) له دور قيم تمديد مدة استهلاك الجبن حتى عشرة أيام و تشير نتائج تقييم الاستقرار التاكسدي بواسطة اختبار Schaal ان الجرعات المستخدمة نشطة ضد اكسدة الدهون و مع ذلك فان تأثير التركيز غير حاسم ($0.05 > E$).

▪ اما نتائج التذوق اسفرت عن اختلافات كبيرة في وجهات النظر من حيث النكهة.

الكلمات المفتاحية : thymus numidicus ، زيت أساسي ، جبن ، فالية مضادة للاكسدة ، فعالية مضادة للبكتيريا.

Abstract

The aim of our study is to highlighting the conservative and aromatization role of the essential oil of thymus numidicus on the Djben

Two concentrations of the EO of thymus numidicus equal to 1ml/kg and 1.5 ml /kg have been incorporated to the Djben who has made from goat milk. The effect of the EO has been evaluated by following the evolution of the physicochemical and microbiological parameters during 16 days of storage

The results of the hygiene quality of the cheese showed that the addition of essential oils of thymus numidicus to the Djben has a slight effect on bacterial flora (TAMF), a medium effect on total Coliforms but reduced significantly the number of fecal Coliforms and also of yeasts and molds. The Eos of thymus numidicus been able to play the role of curator of Djben for the concentrations of 1 ml/Kg and 1.5 ml/Kg, and they were able to extend the cheese shelf life respectively to seven and ten days, comparing to the unincorporated Djben where was only for four days

The results of the evaluation of oxidative stability by Schaal test indicate that the two used doses were found to be active against lipid oxidation. However, the effect of the concentration is determinant ($p < 0.05$)

Sensorically, incorporation of essential oil of thyme in Djben with concentrations of 1 ml / kg and 1.5ml /kg, has resulted in significant differences in flavoring perspective and gave products classified differently with the witness

Keywords: Thymusnumidicus, essentialoil, Jben, antimicrobial, antioxidant, flavoring.

Résumé

L'objectif de notre étude est de mettre en évidence le rôle conservateur et aromatisant de l'huile essentielle de thymus numidicus sur le Djben

L'HE de thymus numidicus a été incorporé aux concentrations de 1ml/kg et 1,5ml/kg aux Djben fabriqué à base de lait de chèvre. Son effet a été évalué par le suivi de l'évolution des paramètres physicochimiques et microbiologiques pendant 16 jours de stockage

Les résultats de la qualité hygiénique des fromages élaborés ont montré que l'ajout des huiles essentielles de thymus numidicus au Djben présente un effet léger sur la flore bactérienne (FTAM), un effet moyen sur les coliformes totaux mais réduit notablement le nombre de coliformes fécaux et celui des levures et moisissures. Les HEs de thymus numidicus ont pu jouer le rôle d'un conservateur dans le Djben à des concentrations de 1ml/kg et 1.5ml/kg, et elles ont pu prolonger la date de consommation du fromage à sept et dix jours respectivement. La date limite du Djben non incorporé étant de quatre jours seulement

Les résultats de l'évaluation de la stabilité oxydative par le test de Schaal indiquent que les deux doses utilisées se sont révélées actives contre l'oxydation des lipides. Cependant, l'effet de la concentration reste déterminant ($p < 0.05$)

Sur le plan sensoriel, l'incorporation de l'huile essentielle de thym dans le Djben, pour des concentrations de 1ml/kg et 1.5ml/kg, a entraîné des différences significatives de point de vue aromatisation, et a donné des produits classés différemment avec le témoin

Mots clés : Thymus numidicus, huile essentielle, Djben, effet antimicrobien, antioxydant, aromatisation

Remerciement

Tout d'abord, louange à « Allah » pour nous guider sur le droit chemin tout au long du travail et nous avons inspiré les bons pas et les justes réflexes, et mon grand salut sur le premier éducateur notre prophète Mohamed.

En guise de reconnaissance, je tiens à témoigner mes sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de mon travail de fin d'étude et à l'élaboration de ce mémoire.

*Ma profonde gratitude et remerciement à Monsieur **BEKADA .A**, professeur à la faculté des sciences de la nature et de vie -Université de Mostaganem- qui m'a formidablement encadré, éclairé de ses lumières, ses conseils, ses orientations, ainsi que son soutien scientifique, m'ont permis de mener à terme ce mémoire, son encadrement était les plus exemplaire.*

Mes vifs remerciements vont également aux membres de jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à cette recherche et d'avoir examiné mon travail, tout l'en ayant enrichi par leurs propositions :

*Je tiens à remercier Monsieur **AIT SAADA. Dj**, M.C.A -Université de Mostaganem- pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de présider le jury de ce mémoire.*

*Toutes mes reconnaissances également à Mme **AIT CHABANE.O** M.C.B Université de Mostaganem, à qui j'exprime mes sincères remerciements de m'avoir fait l'honneur d'être examinatrice et de participer au jury de ce projet.*

*Je réserve des remerciements particuliers à **M. SIFI .I** professeur à la faculté des sciences de la nature et de vie -Université de Laghouat- qui ont bien voulu accepter d'être mon guide et m'a encadré, et qui malgré un emploi du temps très chargé, ont toujours été présent pour m'apporter les éclaircissements dont j'avais besoin tout au long de l'avancement du projet.*

*Je remercie également Mme **KHACHEBA .F**, laborantine (laboratoire régional de vétérinaire Laghouat) pour le temps qu'elle a bien voulu me consacrer afin d'apporter des réponses à toutes mes questions tant opérationnelles, que d'ordre plus général.*

Je voudrais remercier l'ensemble des enseignants du département d'Agronomie, qui ont contribué à ma formation.

A vous tous, un grand Merci.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes parents, mon père et ma mère pour l'éducation qu'ils m'ont prodiguée, avec tous les moyens et au prix de toutes les sacrifices qu'ils ont consentis à mon égard, pour le sens du devoir qu'ils m'ont enseigné depuis mon enfance.

A mon mari chéri, qui était toujours près de moi dans les bons et les pires moments de ma vie.

A la source de ma joie ma fille Anfel.

A mes chers frères, mes chères sœurs et ses enfants.

A mes chères nièces : Hadjer et Sara.

A ma chère amie : Hiba.

A tous mes collègues de la promotion de 2ème année master biotechnologie alimentaire (2017.-2018) à tous ceux que j'ai connus.

Fatima



Table des matières

Abstract

Résumé

Dédicaces

Remerciements

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction

Partie bibliographique

Chapitre I : Le fromage.....	03
I.1. Historique et origine des fromages.....	03
I.2. Définition du fromage.....	03
I.3. Méthode générale de fabrication du fromage.....	03
I.3.1. La coagulation.....	04
I.3.1.1. La coagulation par voie enzymatique.....	04
I.3.1.1.1. Les enzymes d'origine animale.....	05
I.3.1.1.2. Les enzymes d'origine végétale.....	06
I.3.1.1.3. Les enzymes d'origine microbienne.....	06
I.3.1.2. La coagulation par voie acide.....	07
I.3.1.3. La coagulation mixte.....	07
I.3.1.4. Caractéristiques des différents gels obtenus.....	07
I.3.2.1. Egouttage de coagulum acide	09
I.3.2.2. Egouttage de coagulum enzymatique.....	09
I.3.3. Salage.....	09
I.3.4. Affinage.....	10
I.5. Le <i>Djben</i>	11
I.5.1. Le lait de chèvre.....	11
I.5.1.1. Les matières protéiques.....	11
I.5.1.2. Les matières grasses.....	13
I.5.1.3. Le lactose.....	14
I.5.1.4. Les matières minérales.....	15
I.5.1.5. Caractéristiques nutritionnelles.....	15

I.5.2. La fabrication du <i>Djben</i>	16
I.5.2.1. Définition du <i>Djben</i>	16
I.5.2.2. Les étapes de fabrication du <i>Djben</i>	16

Chapitre II : l'huile essentielle du *thymus*

II. 1. Généralité sur le <i>Thym</i>	20
II.1.1. Description de l'arbre.....	20
II.1.2. Description de l'espèce <i>Thymus Numidicus Poiret</i>	20
II.1.3. Classification botanique.....	20
II.1.4. Composition de la plante.....	21
II.2. Huile essentielle de <i>Thymus</i>	22
II.2.1. Définition.....	22
II.2.2. Rôle physiologique.....	22
II.2.3. Localisation et lieu de biosynthèse.....	23
II.2.4. Composition chimique de l'huile essentielle.....	25
II.3. Extraction des huiles essentielles.....	26
II.3.1. Extraction par pression à froid.....	26
II.3.2. Extraction par hydrodistillation.....	26
II.3.3. Extraction par Entraînement à la vapeur d'eau.....	26
II.3.4. Extraction par les solvants organiques.....	27
II.3.5. Extraction par le CO ₂	27
II.4. Toxicité de l'huile essentielle de <i>thym</i>	28
II.5. Domaine d'application de l'huile essentielle de <i>thym</i>	28
II.6. Activités biologiques des huiles essentielles.....	29
II.6.1. Activité antioxydante de l'huile essentielle.....	29
II.6.1.1. Définition de l'activité antioxydante.....	29

Partie expérimentale

Matériel et méthodes

1. Extraction des huiles essentielles.....	30
1.1. Matériel végétal.....	30
1.2. L'extraction de l'huile essentielle.....	31
1.3. Calcul du rendement d'extraction.....	31
2. Fabrication du <i>Djben</i> incorporé de l'huile essentielle.....	32
2.1. Fabrication du <i>Djben</i>	32
2.2. Incorporation de l'huile essentielle au <i>Djben</i>	32
3. Détermination de l'effet de l'incorporation de l'HE.....	34

3.1. Analyses physicochimiques.....	34
3.1.1. Mesure de PH.....	34
3.1.2. Détermination du taux de cendres.....	34
3.1.3. Détermination de l'extrait sec.....	35
3.1.4. Détermination de la teneur en matière grasse.....	35
3.2. Analyses microbiologiques.....	37
3.2.1. Les FTAM.....	37
3.2.2. Les coliformes.....	37
3.2.3. Les Staphylocoques.....	37
3.2.4. Les Salmonelles.....	38
3.2.5. Levures et Moisissures.....	38
3.2.6. Clostridium sulfiteoréducteurs.....	39
3.3. Evaluation de la stabilité oxydatives du <i>Djben</i>	39
3.3.1. Test de Schaal.....	39
3.3.2. Test des substances réactives a l'acide thiobarbiturique (TBARS).....	39
3.4. Estimation du shelf life de fromage fra is.....	42
3.5. Analyse sensorielle.....	42
3.5.1. Panel.....	42
3.5.2. Test de classement par rang.....	42
3.5.3. Test hedonique.....	43
3.6. Analyses statistiques.....	43

Résultats et discussion

1. Extraction de l'huile essentielle de <i>Thym</i>	44
1.1. Le rendement en huile essentielle de <i>thym</i>	44
2. Caractérisation du lait de chevre.....	45
2.1. Caractéristiques physicochimiques	45
2.1.1. Le pH	45
2.1.2. Matière grasse et l'extrait s e c	46
2.1.3. Les cendre.....	46
2.2. Caractéristiques microbiologique.....	47
2.2.1. Les FTAM.....	48
2.2.2. Les coliformes totaux.....	48
2.2.3. Les coliformes fecaux.....	48
2.2.4. Les <i>Staphylococcus aureus</i>	48
2.2.5. Les <i>Salmonella</i>	49

2.2.6. Les Clostridium sulfito-réducteurs.....	49
2.2.7. Levures / Moisissures.....	49
3. Caractérisation du <i>Djben</i>	50
3.1. Caractérisations physicochimiques	50
3.1.1. Le pH	50
3.1.2. Matière grasse.....	50
3.1.3. L'extrait sec total.....	51
3.1.4. Le taux de cendre.....	51
3.2. Caractérisations microbiologiques.....	51
3.2.1. Les FTAM.....	52
3.2.2. Les coliformes totaux.....	52
3.2.3. Les coliformes fécaux.....	52
3.2.4. Les <i>Staphylococcus aureus</i>	52
3.2.5. Les <i>Salmonelles</i>	53
3.2.6. Levures / Moisissures.....	53
5. Effet de l'incorporation de l'HE de thym au <i>Djben</i>	54
5.1. Effet antimicrobien.....	54
5.1.1. Les FTAM.....	54
5.1.2. Les coliformes totaux.....	55
5.1.3. Les coliformes fécaux.....	55
5.1.4. Les levures et moisissures.....	56
5.1.5. Les staphylocoques et salmonelles.....	57
5.2. Stabilité oxydative des <i>Djben</i> élaborés	58
5.4. Analyse sensorielle.....	60
5.4.1. Test hedonique.....	60
5.4.2. Test de classement par rang.....	61

Liste des tableaux

Tableau N°	Titre	Page
01	Comparaison entre un caillé lactique et un caillé présure	08
02	Composition comparée des laits de vache et de chèvre	12
03	Risque de contamination durant la chaîne de production du fromage	19
04	La classification de thymus	21
05	Les composants majoritaires de l'huile essentielle de <i>T. Numidicus</i>	25
06	Les principales caractéristiques physicochimiques du lait de chèvre étudié.	62
07	Résultats d'analyses microbiologiques du lait de chèvre	64
08	La composition moyenne du <i>Djben</i> fabriqué	67
09	Caractéristiques microbiologiques du <i>Djben</i>	68
10	Résultats par catégorie du test hédoniques	76

Liste des figures

Figure N°	Titre	Page
01	Caillette chez un ruminant jeune	05
02	Aperçu générale des réactions biochimiques pendant l'affinage des fromages	10
03	Répartition des fractions azotées du lait de chèvre	12
04	Liste des acides gras composant les triglycérides du lait de Chèvre	13
05	Structure du lactose et résultat de son hydrolyse	14
06	Schéma des méthodes de fabrication des principaux produits laitiers algérien	18
07	Schéma des poils sécréteurs des <i>Labiées</i>	24
08	Illustration de la plante de thym	30
09	Montage de l'hydrodistillateur de typeClevenger	31
10	Schéma de fabrication du Djben	33
11	Détermination de la matière grasse du lait (La méthode de Rose de Gothlieb)	36
12	Détermination de la matière grasse du Djben (La méthode de Soxhlet).	36
13	Schéma de test à l'acide thiobarbiturique	41
14	Evolution du nombre de FTAM pendant la durée de stockage	54
15	Evolution du nombre de coliformes totaux pendant la durée de stockage	55
16	Evolution du nombre de coliformes fécaux pendant la durée de stockage	56
17	Evolution du nombre de levures et moisissures pendant la durée de stockage	57
18	Variation de la teneur en MDA de trois échantillons du Djben en fonction du temps de stockage à une température de 63°C	59

Liste des abréviations

AFNOR	Association française de normalisation
AG	Acide Gras
ANOVA	Analyse de la variance
Aw	Activité d'eau
BP	Baird Parker
Co	Degré Celsius
Ca	Calcium
CM	Carré Moyenne
CMI	Concentration minimale inhibitrice
CMB	Concentration minimale bactéricide
CO2	Dioxyde de carbone
DPPH^o	2,2-Diphenyl-1-Picryl Hydrazyl
EST	Extrait sec total
FAO	Food and agriculture organization
FTAM	Flore totale aérobie mésophile
G	Gramme
G/S	Taux gras sur Extrait sec
H	Heure
HE	Huile essentielle
ISO	International Organization for Standardization
L	Litre
MAT	Matière Azoté Total
MDA	Malondialdéhyde
Met	Méthionine
MGES	Matière grasse dans l'extrait sec
MG	Matière grasse
MI	Mililitre
Mn	Minute
P	Phosphore
PCA	Plate Count Agar
PH	potentiel d'hydrogène

Phe	Phénylalanine
SC	Somme Carré
SS	<i>Salmonelle- Schigella</i>
T	<i>Thymus</i>
TB	Taux Butyreux
TBA	Acide Thiobarbiturique
TBARS	Thiobarbituric acide réactive substances
TCA	Acide Trichloracétique
TEFD	Teneur en eau dans le fromage dégraissé
TP	Taux protéique
TSC	Tryptone Sulfite à cyclosérine
UFC	Unité Format Colonie
VRBL	biliée lactosée au rouge neutre et violet cristal

Introduction

De nombreuses variétés de fromage sont bien connues dans le monde entier.

En fait, la préparation d'un fromage artisanal connue sous le nom de « Djben » reconstitue une technologie originale spécifique de certaines régions Algériennes. Or cette pratique traditionnelle faisant partie du patrimoine culinaire du pays est en train de se perdre et mériterait d'être étudiée en vue d'une meilleure adaptation au marché et au consommateur d'aujourd'hui.

Ce type de fromage est estimé par les consommateurs et pourrait être promu à l'échelle nationale et internationale, si il sera fabriquée à grande échelle en respectant ses caractéristiques, car il a un goût légèrement acide et des propriétés organoleptiques agréables (**MENNANE et al, 2007**). Par sa composition et ses propriétés physico- chimiques, il est considéré comme un aliment très vulnérable à l'action d'oxydation lipidique et à l'altération autolytique (enzymatique et microbienne). Ceci rend sa vie utile très courte (**HAMAMA, 1997**).

Pour lutter contre la dégradation des aliments, les industriels recourent le plus souvent aux antioxydants synthétiques. Les plus utilisés parmi ces derniers sont le butylhydroxyanisol (BHA) et le butylhydroxytoluène (BHT) (**HINNEBURG et al, 2006**).

Malheureusement, la nocivité de ces conservateurs sur la santé humaine est toujours redoutée dans le cas d'une utilisation chroniques (**MARTINEZ-TOME et al, 2001**).

C'est pourquoi, les scientifiques investiguent actuellement la possibilité le créneau des conservateurs naturels des aliments, en exploitant l'activité antioxydante et antibactérienne des plantes.

L'utilisation des substances d'origine naturelle comme bioconservateur est de plus en plus apprécié par les consommateurs comme alternative aux produits chimiques hautement dangereux pour la santé humaine (**VIVEK et al, 2012**). L'utilisation des HEs dans ce sens a fait l'objet d'une centaine de travaux de recherche qui démontre leur efficacité au niveau des aliments aussi bien pour la prolongation du "shelf life" que pour l'aromatisation (**BOUHDID et al, 2006 ; IMELLOUANE et al, 2009**).

L'Algérie est riche en différentes plantes médicinales qui sont sources des HEs utilisables à des fins thérapeutiques et peuvent être valorisées dans le domaine de la conservation des aliments.

C'est dans cette optique que s'articule la présente étude, dont les principaux objectifs visent :

- La valorisation d'une plante médicinale largement répandue dans tout le territoire Algérien, le thym, par extraction de ses HEs à partir de l'espèce *thymus numidicus*,
- L'évaluation de l'activité antibactérienne, antioxydante et le rôle aromatisant des HEs extraites sur une matrice alimentaire d'origine animale (le Djben).

Notre travail de recherche est divisé en deux parties, la première est consacrée à une synthèse bibliographique, la deuxième partie, nous avons adopté une démarche expérimentale qui porte sur la description des matériels et méthodes utilisés, ainsi qu'une analyse détaillée des résultats et leur discussion.

I.1. Historique et origine des fromages

D'après **Fox et Mc Sweeney (2004)** la découverte du fromage fut probablement le fait du hasard, on n'en connaît pas l'origine précise, mais on sait grâce à des découvertes archéologiques qu'il se fabrique du fromage depuis les origines de l'élevage, il y a environ huit mille ans, dans le Croissant Fertile. L'homme s'aperçut que le lait qu'il entreposait coagulait et, qu'une fois séparé de son sérum, le coagulum devenait une masse compacte qui pouvait sécher, et donc se conserver et être transportée. L'acidification spontanée à l'origine de la coagulation entraînant du fait de sa lenteur une remontée de la crème à la surface, les laits fermentés, le petit lait aigre, et le beurre furent sans doute les premiers produits laitiers. Les laits de brebis et de chèvre furent apparemment les premiers laits transformés, les ovins et les caprins ayant été les premiers animaux domestiqués.

I.2. Définition du fromage

Le fromage est le produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi-dure, dure ou extra-dure qui peut être enrobé et dans lequel le rapport protéines de lactosérum/caséine ne dépasse pas celui du lait (**REFERENCES CODE ALIMENTARIUS / CODEX STAN 283-1978**).

Le fromage est le produit obtenu par coagulation du lait suivie d'un égouttage du coagulum dont les qualités nutritionnelles et organoleptiques sont appréciées par l'homme dans tout le globe. La définition « fromage » est réservée au produit fermenté ou non, affiné ou non, obtenu à partir des matières d'origines exclusivement laitières (lait, lait partiellement ou totalement écrémé, babeurre) utilisées seules ou en mélange et coagulées en tout ou en partie avant égouttage. (**Jeantet et al. 2006 ; St-Gelait et al. 2002**).

I.3. Méthode générale de fabrication du fromage

Selon **BRULE et al. (1997)**, la transformation du lait en fromage comporte quatre étapes principales, ces dernières peuvent être précédés par une opération de standardisation du lait, qui comprend l'ajustement du pH d'emprésurage pour faciliter la coagulation du lait, l'ajout de minéraux, la réduction de la teneur en lactose, l'ajustement de la teneur en matière grasse et ou en protéines (**VIGNOLA, 2002**), parce que les laits n'ont pas la même aptitude à la transformation fromagères, ils présentent un certain nombre de caractéristiques différentes qui conditionnent leur aptitude à la déstabilisation, nécessaire pour passer de l'état liquide à l'état solide ainsi que les propriétés des coagulums (**JEANTET et al., 2006**).

La transformation du lait en fromage comporte en générale quatre étapes (**Brule et al, 1997**) :

- La coagulation : modification physico- chimique entraînant la formation d'un gel sous l'action d'acide lactique et/ou enzymes ;
- L'égouttage : séparation d'une partie de lactosérum conduit à l'obtention du caillé ;
- Le salage : incorporation du sel ;
- L'affinage : transformation biochimique du caillé sous l'action des enzymes.

I.3.1. La coagulation

La coagulation du lait correspond à une déstabilisation de l'état micellaire originel de la caséine du lait. Dans la pratique, cette déstabilisation est réalisée de deux manières :

- Par voie enzymatique à l'aide d'enzymes coagulantes, en particulier la présure ;
- Par voie fermentaire à l'aide de bactéries productrices d'acide lactique (bactéries lactiques contaminant à l'état naturel le lait ou apportées sous forme de levains). Les mécanismes d'action de ces deux agents coagulants au niveau de la micelle sont très différents. Bien qu'ils conduisent tous deux à la formation d'un coagulum (gel ou caillé), les propriétés rhéologiques de ce dernier restent caractéristiques du mode de coagulation. L'aptitude à l'égouttage, dont dépendent les caractéristiques physico-chimiques du fromage non affiné, est déterminée également de façon spécifique. (**Ramet, 1985**).

I.3.1.1. La coagulation par voie enzymatique

Il existe un grand nombre d'enzymes protéolytiques d'origine animale, végétale ou microbienne qui ont la propriété de coaguler le lait. Dans ce contexte, la présure (mélange de chymosine et de pepsine secrété dans la caillette des jeunes ruminants nourris au lait) est l'enzyme coagulante la mieux connue (**ECK et GILLIS, 1997**), son mécanisme d'action est assez bien établi et comporte deux phases :

- **Phase primaire**, concerne l'hydrolyse de la caséine κ , au niveau de la liaison peptidique Phe105-Met106, qui conduit à la formation de paracaséine κ (1-105) et de caséinomacropeptide (CMP 106-169). La libération du CMP se traduit par une réduction du potentiel de surface des micelles (**BRULE et al, 1997**).
- **Phase secondaire**, elle est la phase de floculation, non enzymatique et dépend strictement de Ca^{2+} et de phosphate de calcium colloïdal (FOX, 1982). Durant la phase secondaire, les micelles de caséine se regroupent en présence de Ca^{2+} , cette agrégation se produit avant l'apparition visible de la floculation (**Lucey, 2002 ; Dalgleish, 1997**).

I.3.1.1.1. Les enzymes d'origine animales

La présure est l'extrait provenant de caillette de jeunes ruminants abattu avant sevrage (**Veisseyre, 1979**), constituée de deux fractions actives, l'une majeure, la chymosine, l'autre, mineure, la pepsine dans un rapport de masse de chymosine active / masse de pepsine active est 1,38. Ses propriétés enzymatiques la font classées parmi les endopeptidases, qui sont à l'origine de la coagulation présure du lait (**Veisseyre, 1979**).

La chymosine hydrolyse la liaison Phe105-Met106 de la caséine κ et possède une activité protéolytique générale faible pendant l'affinage du fromage.

L'activité optimale de la présure se situe dans un intervalle de pH de 5 à 5,5 et à la température de 42°C.

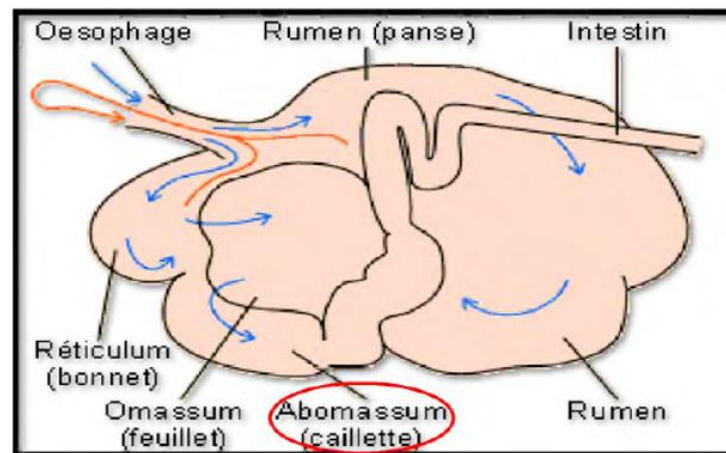


Figure 1 : Caillette chez un ruminant jeune

(<http://oetsdesvache.s.free.fr/Ruminants.html>)

I.3.1.1.2. Les enzymes d'origine végétales

Les préparations coagulantes provenant du règne végétale sont extraites par macération de divers organes de plantes supérieures, tel que le gaillet, l'artichaut, le chardon qui ont été et ou sont encore utilisés dans des fabrications de fromages fermiers.

D'autres extraits coagulants ont été obtenus à partir de plantes tropicales : les ficines, extraites du latex du figuier, la papaine, extraite des feuilles du papayer et la bromélaïne, extraite de l'ananas.

D'une façon générale, ces diverses préparations végétales ont donné des résultats assez décevants en fromagerie car elles possèdent le plus souvent une activité protéolytique très élevée, qui se traduit par l'apparition des inconvénients technologiques majeurs. En plus cette activité est très variable, car elle est fortement influencée par l'état de maturité de la plante et par les conditions de collecte et de stockage (Ramet, 1985).

I.3.1.1.3. Les enzymes d'origine microbiennes

➤ Protéases d'origine bactérienne

De multiples espèces de bactéries ont été étudiées notamment dans les genres *Bacillus* et *Pseudomonas* tels que *Bacillus cereus*, *Bacillus polymyxa*, *Bacillus subtilis* et *Bacillus coagulans*. Les résultats ont été en général décevants en raison de l'activité protéolytique généralement très élevée de ces protéases par rapport à celle de la présure. La protéase de *Bacillus cereus* dégradait rapidement la caséine entière. Du cheddar préparé par la protéase de *Bacillus subtilis* présentait une saveur acceptable ; cependant, le rendement était très faible suite à une protéolyse excessive (ERNSTROM et WONGT, 1983 ; RAMET, 1997).

➤ Protéases d'origine fongique

Les enzymes d'origine fongique, contrairement à celles d'origine bactérienne, ont donné des résultats meilleurs, souvent comparables à ceux obtenus avec la présure ; les préparations commerciales employées actuellement proviennent de trois genres de moisissures ; *Cryphonectriaparasitica*, *Rhizomucorpusillus* et *RhizomucorMiehei*. (RAO *et al*, 1998). La protéase de *Cryphonectriaparasitica* a été étudiée et testée dans plusieurs types de fromage. Elle a donné des résultats variables. Elle paraît être plus protéolytique que la présure durant la phase de coagulation du cheddar (EMMONS *et al*. 1990). En outre, de l'amertume a caractérisé du cheddar préparé par cette protéase (KIM *et al*. 2004).

I.3.1.2. La coagulation par voie acide

Elle consiste à précipiter les caséines à leur point isoélectrique ($pH_i = 4.6$) par acidification du lait :

- biologique par des bactéries lactiques naturellement présentes dans le lait de fabrication ou apportées par des levains, ou
- par acidification chimique (addition de CO_2), ou
- par ajout de protéines sériques à pH acide. Le pH de 4.6 provoque la floculation des micelles et la précipitation de la caséine entière déminéralisée (**Alais et Linden, 1997**).

I.3.1.3. La coagulation mixte

Résulte de l'action conjuguée de la présure et de l'acidification, la multitude de combinaisons conduisant à différents états d'équilibre spécifique est à l'origine de la grande diversité des fromages à pâtes pressée non cuite (**JEANTET *et al.* 2006**).

I.3.1.4. Caractéristiques des différents gels obtenus

Le gel présure est rigide, de grande cohésion, contracté et imperméable, par contre le coagulum formé par voie acide possède des propriétés rhéologiques caractéristiques : il est friable, peu élastique, son raffermissement est très limité et très long, sa porosité est bonne, sa perméabilité élevée, mais son aptitude à l'égouttage est limitée (**Ramet, 1985**).

Tableau 1 : Comparaison entre un caillé lactique et un caillé présure. (Miénnon et al, 1994 ; Miénnon, 1995, cité par VIGNOLA)

Paramètres	Type du caillé	
	Lactique	Présure
Egouttage	Faible	Elevé
Teneur en eau	Elevé	Faible
Teneur minéral	Faible	Elevé
Pouvoir tampon	Faible	Elevé
Teneur résiduelle en lactose	Elevé	Faible
Structure des caséines	Etat dissocié	Etat micellaire
pH>	Faible<4,6	Elevé> 5,00
Type de texture	Plastique, fragile	Elastique, solide
Durée de conservation	Faible (quelques semaines)	Elevé (quelques mois)

I.3.2.Egouttage

L'égouttage correspond à un simple écoulement statistique du lactosérum. C'est l'élimination progressive du lactosérum (par synérèse) qui s'accompagne de la rétraction et d'un durcissement du gel. Il conduit à un caillé dont l'extrait sec est plus ou moins élevé, et qui correspond au fromage formé (**Brulé et al, 1997**).

I.3.2.1.Egouttage du coagulum acide

Le caillé obtenu par voie acide possède des propriétés rhéologiques et une aptitude à l'égouttage opposée à celles du gel issu d'une action enzymatique dominante (**LEJAOUEN, 1977 ; VEISSEYRE, 1979**).

I.3.2.2.Egouttage du coagulum enzymatique

L'égouttage du caillé présure nécessite un travail mécanique car il est très souple et imperméable (**M.BELBELDI, 2013**).

I.3.3.Salage

Le salage constitue une phase importante de la fabrication de beaucoup de fromage à l'exception de la plupart des fromages frais qui ne sont pas salés ; il consiste à enrichir la pâte en chlorure de sodium, au taux moyen de 2% (**Ramet, 1985**);elle peut s'élever à 3-4% (**Alais et Linden. 1997**).

On reconnaît habituellement au chlorure de sodium incorporé dans le fromage un triple rôle :

- Il complète l'égouttage des fromages en favorisant le drainage de la phase aqueuse libre de la pâte. Il modifie également l'hydratation des protéines et par là intervient dans la formation de la croûte.
- Il agit soit directement, soit par activité d'eau (AW) interposée sur le développement des microorganismes, et l'activité des enzymes et de se fait agit sur la phase d'affinage dans son ensemble.
- Il apporte son goût caractéristique et la propriété d'exalter ou de masquer la sapidité de certaines substances apparaissant au cours de maturation du fromage (**Eck et al. 1975**).

Il existe en pratique quatre méthodes de salages (Mansour et Alais, 1971; Lamber, 19)

- Le salage à sec.
- Le salage par incorporation du sel au caillé broyé avant le moulage.
- La dissolution du sel dans le lait avant l'emprésurage ou mélange d'eau salée au lait avant coagulation
- Le salage en saumure du fromage moulu.

I.3.4. Affinage

L'affinage est la transformation biochimique (figure 02) des constituants du caillé sous l'action d'enzymes, pour la plupart d'origine microbienne (ECK, 1987).

A l'exception des fromages frais, tous les autres types de fromages subissent une maturation biologique plus ou moins prononcée, destinée à développer leur saveur, tout en modifiant leur aspect, texture et leur consistance. Le processus d'affinage correspond à une phase de digestion enzymatique des composants du caillé. La coagulation et l'égouttage ont assuré la préparation d'un substrat essentiellement constitué de caséine, de matière grasse et de lactose, partiellement convertie en lactate. Ce substrat est peuplé de micro-organismes et, au cours de l'affinage, ces constituants seront transformés sous l'action d'enzymes présentes à l'origine dans le caillé ou élaborées au cours même de l'affinage par synthèse microbienne (CHOISY et al. 1997).

Au cours de l'affinage, il y a dégradation plus ou moins poussée de la caséine mais aussi des matières grasses. L'oxygène, l'humidité et la température d'entreposage jouent un rôle très important (GUIRAUD, 2003).

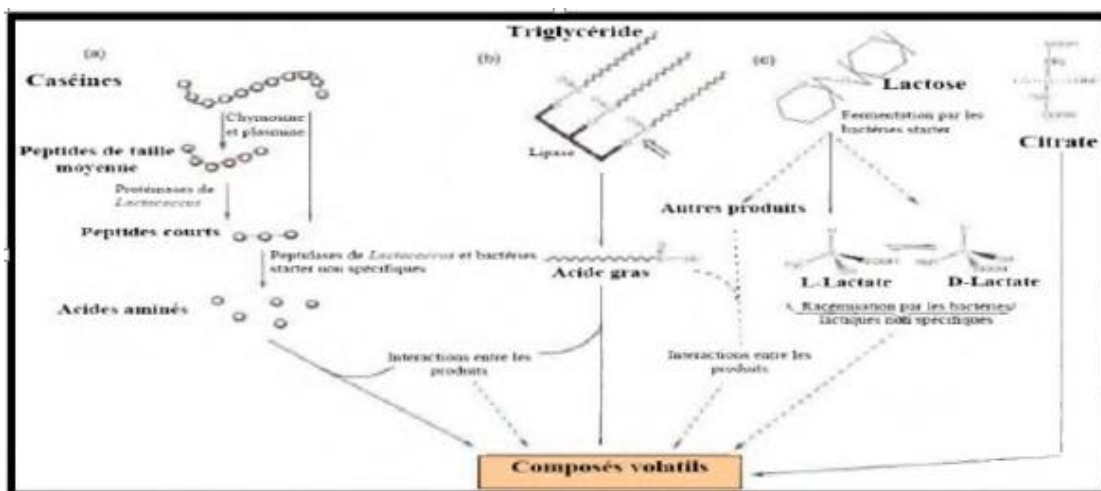


Figure 2 : Aperçu général des réactions biochimiques pendant l'affinage des fromages

(FOX et al. 2004)

I.5.Le Djben

I.5.1.Le lait de chèvre

Le lait d'une manière générale se divise en trois phases :

Une phase aqueuse contenant le lactose, les composants minéraux solubles, les protéines sériques, l'azote non protéique et la fraction soluble de la caséine ;

Une phase micellaire ou colloïdale contenant la plus grande part de la caséine (protéine coagulable) et la fraction insoluble des composants minéraux ;

Enfin la troisième phase comprend des éléments en suspension tels que les globules gras, les leucocytes et les cellules microbiennes.

On peut ajouter à cela les vitamines (A, B, C, D, E, K) et les enzymes (la lactoperoxydase, la phosphatase, les protéases, le lysozyme, la lactase). Le lait de chèvre est particulièrement pauvre en vitamine A, ce qui lui donne une coloration plus blanche que les autres laits. Par ailleurs, l'eau représente 90% du lait mais il existe quelques variations quant à la teneur en matière sèche : le lait de chèvre en contient environ 136 grammes par kilogramme (g/kg) de lait alors que celui de la vache n'en contient que 125 (Brugère, 2003).

I.5.1.1.Les matières protéiques

Le lait de chèvre contient en moyenne 30,8 g/kg de protéines totales alors que le lait de vache en contient 32 g/kg : ce paramètre est appelé taux protéique ou TP (tableau 4). Sa mesure s'effectue sur du lait individuel ou de mélange par les laboratoires d'analyses laitières. Il est intéressant de le quantifier car il est le reflet de la concentration en caséine qui intervient dans la coagulation du lait. (Institut de l'élevage, 2003)

Tableau 2: Composition comparée des laits de vache et de chèvre (Miénnon et al. 1994 ; Miénnon. 1995 ; cité par VIGNOLA).

Composants chimiques	Lait de vache (g /l)	Lait de chèvre (g/l)
Eau	900	900
Matière protéique	32	30,8
Matière grasse	40,4	34,4
Lactose	48	48
Calcium	1,25	1,25
Phosphore	0,95	0,95

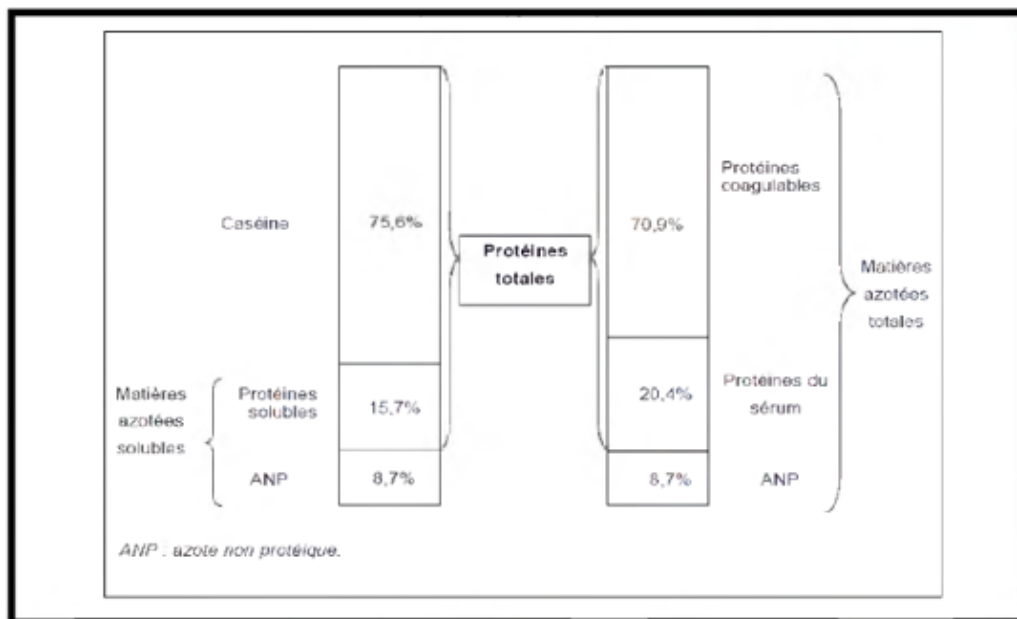


Figure 3 : Répartition des fractions azotées du lait de chèvre.

(D'après Grappin et al, 1981).

I.5.1.2. Les matières grasses

Ici le paramètre mesuré est nommé taux butyreux (TB). La mesure du TB est généralement couplée à celle du TP dans les laboratoires d'analyses laitières. Le lait de vache a une concentration de 40,4 g/kg en moyenne de matière grasse (MG), le lait de chèvre est plus pauvre avec 34,4 g/kg (tableau 2) (**Institut de l'élevage, 2003b ; Le Jaouen, 1986**). Le but n'est pas d'obtenir le plus de matières grasses possibles comme pour les protéines. Certes, une trop faible quantité peut rendre le fromage non conforme aux dispositions réglementaires le concernant. En effet, il est requis pour certains fromages un taux minimum de « gras » sur extrait sec (G/S), qui est fixé pour nombre d'entre eux à 45%. Cependant, une trop grande quantité de matières grasses dans le lait peut limiter l'égouttage et diminuer la qualité du fromage.

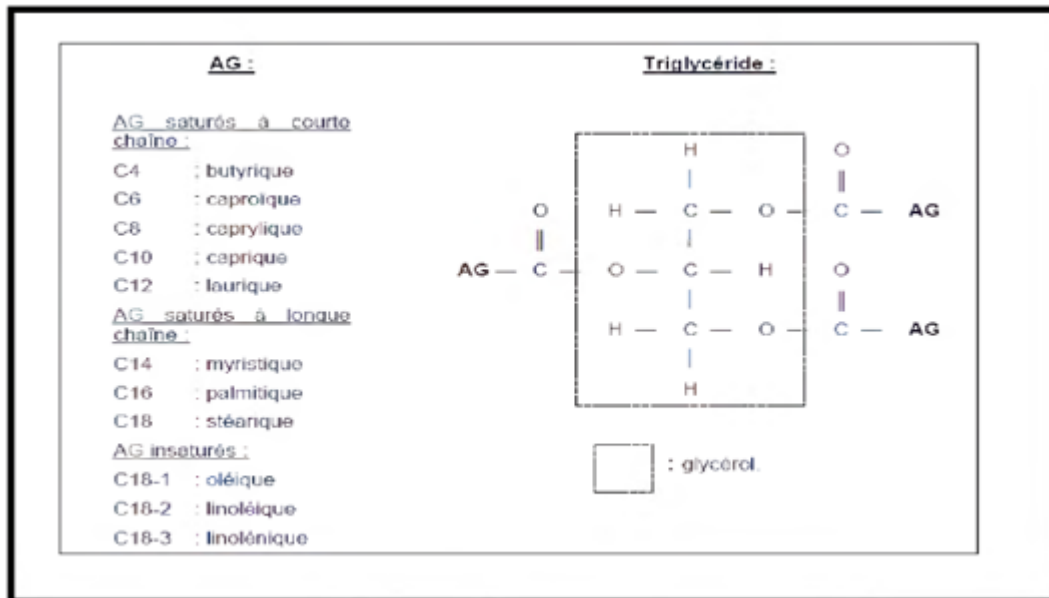


Figure 4 : Liste des acides gras (AG) composant les triglycérides du lait de chèvre (D'après St Gelais, 2000).

I.5.1.3. Le lactose

C'est le sucre spécifique du lait, il est synthétisé dans la mamelle. Il est présent en quantités équivalentes dans les laits de vache et de chèvre soit environ 48 grammes par litre (g/L) de lait (Morrissey, 1995). Son principal rôle est de servir de substrat aux bactéries lactiques dans la fabrication des fromages utilisant un caillage lactique. Ces bactéries possèdent en effet une enzyme, la β -galactosidase, capable de cliver la molécule de lactose en deux donnant une molécule de glucose et une de galactose (figure 5). Ces deux nouveaux sucres vont ensuite être utilisés par ces mêmes bactéries pour former de l'acide lactique dont la conséquence est d'entraîner une diminution du pH du lait.

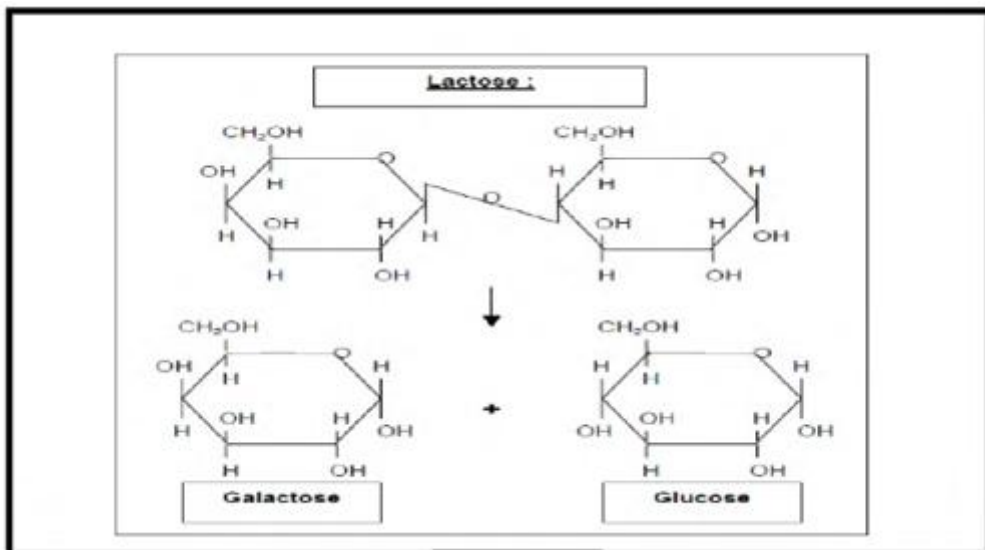


Figure 5 : Structure du lactose et résultat de son hydrolyse.

(D'après St Gelais, 2000)

I.5.1.4. Les matières minérales

On retrouve dans le lait de nombreux minéraux comme le sodium, le potassium le magnésium et le calcium. Ce premier groupe constitue les ions chargés positivement ou cations. On trouve aussi des chlorures, des sulfates et des phosphates, ce sont les ions négatifs ou anions. Le phosphore (P), sous forme de phosphates, et le calcium (Ca) influencent directement la fabrication du fromage. En effet, ils sont présents dans le lait sous deux formes principales : libres, dans la phase aqueuse, et liés aux caséines dans la phase micellaire. Il existe un état d'équilibre entre ces deux formes qui peut être modifié par des changements physico-chimiques du milieu (variations de température du lait, de son pH ou encore ajout de Ca et/ou de P). Leurs concentrations dans le lait de chèvre et dans celui de vache sont à peu près équivalentes : 1,25 g/L pour le Ca et 0,95 g/L pour le P (**Brule, 1987 ; Le Jaouen, 1981**).

I.5.1.5. Caractéristiques nutritionnelles

D'après Park, (2006), le lait de chèvre joue un rôle éminent dans l'alimentation infantile dans de nombreux pays, en particulier les pays méditerranéens et du Moyen- Orient. En particulier, le lait de chèvre est consommé dans les régions où il n'est pas concurrencé par le lait de vache, que les populations jugent supérieur.

Le lait de chèvre présente des teneurs intéressantes pour de nombreux nutriments, excepté pour la vitamine B12 et l'acide folique, pour lesquels il est recommandé une supplémentation du lait pour les nourrissons. Il présente des avantages par rapport au lait de vache du fait de sa plus grande digestibilité (en particulier de la matière grasse et des protéines), de sa meilleure capacité tampon (utile en cas d'ulcère de l'estomac), et de la plus grande disponibilité de ses nutriments (exemple : le fer). Il est ainsi recommandé en médecine et nutrition humaine (**Park, 2006**).

I.5.2. La fabrication du *Djben*

I.5.2.1. Définition du *Djben*

Le fromage frais « *Djben* » ne présente pas de caractéristiques définies à cause des méthodes artisanales utilisées pour sa préparation reposant, essentiellement, sur les connaissances acquises à partir d'une longue expérience (**Salmeron et al. 2002**). Les arômes, les propriétés organoleptiques et les caractéristiques physico-chimiques du fromage dépendent de celles du lait cru qui à son tour dépend de la race des animaux et leur type d'alimentation (**Poznanski et al. 2004**).

Généralement, Le pH (<4,2) et l'acidité titrable (> 0,9%) sont les paramètres les moins variables du « *Djben* ». Cependant, les matières solides totales du « *Djben* » sont le facteur le plus variable car ce dernier dépend de la durée d'égouttage. Étant donné que les lipides, le lactose et les protéines constituent les principaux composants de l'ensemble des matières solides en « *Djben* », ils sont directement influencés par les variations des dites matières solides. (**Bouadjaib, 2013**).

I.5.2.2. Les étapes de fabrication du *Djben*

Traditionnellement, le fromage *Djben* est fabriqué avec du lait cru de brebis ou de chèvre, acidifié spontanément et coagulé par des enzymes coagulantes d'origine végétale issues des fleurs de cardon (*Cynara cardunculus* L), d'une plante épineuse sauvage (*Cynara humilis*) ou d'artichaut (*Cynara scolymus*), ou du latex de figuier (*Ficus carica*) ou des graines de citrouille (**Nouani, 2009**). On obtient le *Djben* noté «2 » (figure 6). Les fleurs entières sont mises à macérer dans le lait. Le végétal est utilisé pour accélérer la coagulation et pour donner un certain goût au fromage. La variété végétale utilisée varie d'une région à l'autre ; elle donne un goût et une texture appréciés par les gens de la région concernée le caillé est ensuite égoutté et salé ou non (figure 06).

Comme décrit au Maroc par **Benkerroum et Tamine (2004)**, le *Djben* peut aussi être artisanalement fabriqué sans coagulation du lait cru par voie enzymatique ; dans ce cas, le lait cru est seulement coagulé par l'acidification spontanée, puis le caillé est égoutté pendant 2 à 3 jours pour obtenir la consistance désirée (figure 06, *Djben* noté «3»). Des additifs peuvent être ajoutés après égouttage et salage (ail, persil, poivre, ...). Le fromage obtenu correspond dans d'autres pays arabes au fromage nommé *Jibneh Beida*.

Enfin un troisième procédé technologique, utilisant de la présure animale, du lait de vache et des levains acidifiants est utilisé industriellement (*Djben* noté «l», figure 6). En Algérie, la poudre de lait remplace le lait cru de vache. Les levains thermophiles pour yaourt ne sont pas utilisés pour produire du *Djben*.

Aucune composition physico-chimique de *Djben* algérien n'a été trouvée. Au Maroc, le *Djben* a en moyenne une acidité titrable de 1.04 %, un taux de MG de 16,5 %, un taux de protéines de 15,8 % et un pH de 4,2. Selon les régions, il est salé puis égoutté 10 jours, ou non salé et égoutté moins de 4 jours, présentant respectivement un EST moyen de 45,6 % ou 29,4 % (**Thomas et Dubeuf, 1995**).

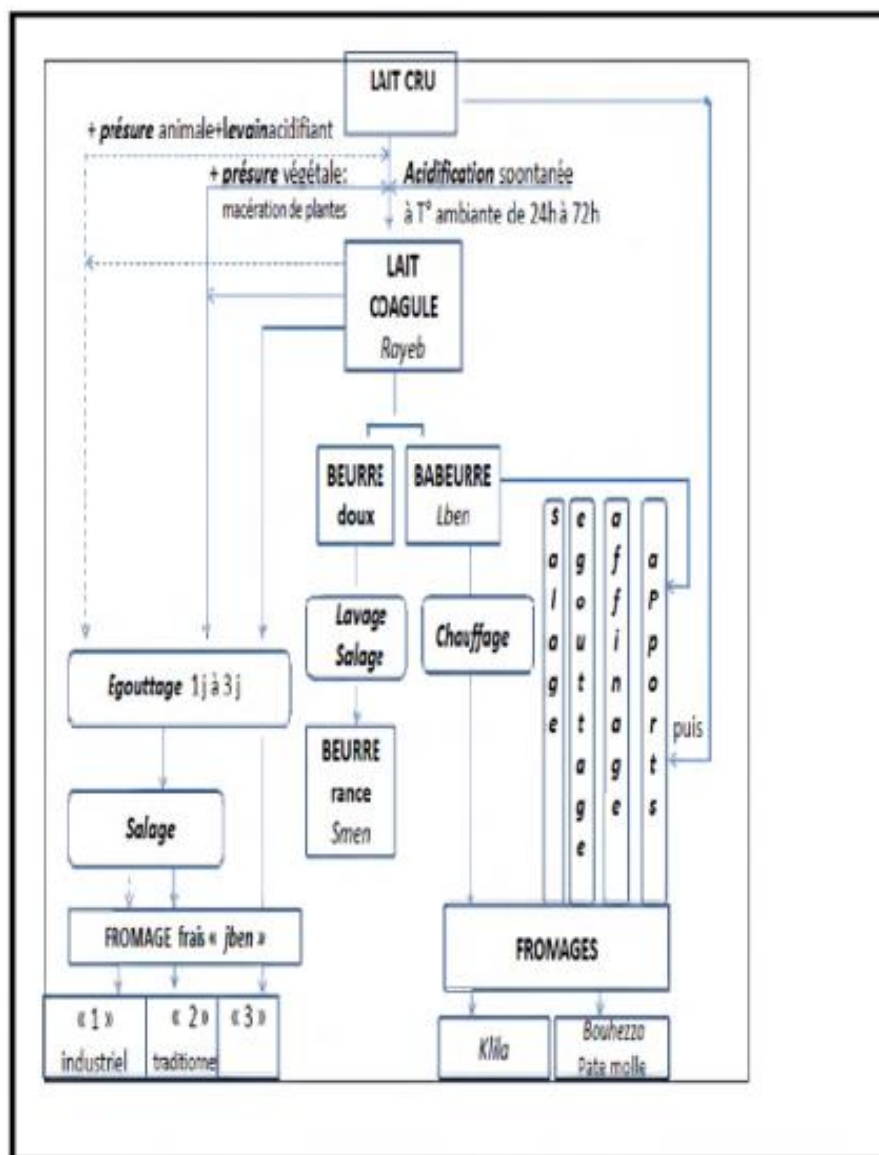


Figure6 : Schéma des méthodes de fabrication des principaux produits laitiers algériens(Modifier d'après Lahsaoui, 2009)

Tableau (03) : Risque de contamination durant la chaîne de production du fromage (Dossouet al, 2006)

Operations	Nature de risque	Moyens de maitrise
Traite du lait	Dangers microbiologiques -Contamination due au manque ou au non-respect des bonnes pratiques d'hygiène pendant la traite.	- Effectuer la traite sur une aire propre (spécifiquement réservée, aménagée pour la traite). - Attacher la queue et les pattes arrière de la vache.
Transport du lait	Dangers microbiologiques -Contamination des bactéries provenant de l'environnement ou des contenants. - La température élevée pendant le transport favorise la multiplication des germes Dangers	Respecter un temps de quatre heures entre la traite et la pasteurisation si le lait n'est pas réfrigère. - Autant que possible utiliser Des bonbonnes à larges ouvertures. - Nettoyer, désinfecter et sécher les récipients de transport. - Autant que possible désinfecter le contenant a la laiterie.
Filtration du lait frais	Dangers microbiologiques -Contamination du lait par le medium de filtration, les récipients ou l'air ambiant	Utiliser de récipients et de medium (toiles filtrantes) propres. - Utiliser de récipients (bidon) à petite ouverture - Fermer le lait dans les bidons après filtration et flambage
Préchauffage du lait	Dangers microbiologiques -Persistance de la flore microbienne thermophile ou sporulée à cause de faible température et la durée du traitement - Recontamination par des récipients malpropres	- Respecter la durée de réchauffage a 20 minutes et la température a 63 - 65° C. - Utilisation de récipients propres
Coagulation du lait	Dangers physique - Surdosage de coagulant - Inhibition de l'activité du coagulant par surchauffage du lait	Détermination préalable des quantités de matières premières a utilisé. - Utilisation de dose précise de coagulant. - Contrôler la température de coagulation (60-65° C)
Egouttage	Dangers microbiologiques - Recontamination - Risque d'infection parasitaire et d'infestation par les insectes (mouches, fourmis) et rats.	-Utilisation de claies ajournée recouvertes de toiles mousseline ou de récipients

II.1.Généralité sur le *Thym*

II.1.1.Description de l'arbre

Le mot «*Thym* » provient du terme grec «*Thymos* » qui signifie «*odeur* ». Son parfum est agréable, fort, frais et balsamique (**Padrini et Lucheroni, 1996**). *Thymus* est un vaste genre divisé en huit sections, comprenant environ 215 espèces particulièrement répandus dans la région méditerranéenne. Dans la flore algérienne ce genre est représenté par 11 espèces qui ne se prêtent pas aisément à la détermination, en raison de leur variabilité et de leur tendance à s'hybrider facilement, parmi lesquelles : *T numidicus* *Poiret*. (**Hazzit et al. 2009**) localement connu«*Zaitra*».

II.1.2.Description de l'espèce *Thymus Numidicus Poiret*

Est un membre de la famille des Labiées, est une plante aromatique/médicinale d'une importance économique croissante en Amérique du Nord, en Europe, en Afrique du Nord et en Asie. Comme beaucoup de labiées elles sont connues par leurs huiles essentielles (H.E.) aromatiques (**Golmakani et Rezaei, 2008**).

Thymus numidicus *Poiret* est de tiges érigées, plante buissonnante, feuilles en général lancéolées, 2 à 5 fois plus longues que larges, feuille florales nettement plus larges, fleurs roses sessiles ou presque (**Quezel& Santa, 1963**).

II.1.3.Classification botanique

➤ **Famille des Lamiacées(Labiées)**

La famille des lamiacées connue également sous le nom des labiées, comporte environ 258 genres pour 6900 espèces plus ou moins cosmopolites ; mais dont la plupart se concentrent dans le bassin méditerranéen tel que le thym, la lavande et le romarin. Elle est divisée en deux principales sous-familles : les Stachyoideae et les Ocimoideae. Les lamiacées sont des herbacées ayant la consistance et la couleur de l'herbe, parfois sous- arbrisseaux ou ligneuses. Une grande partie de ces plantes sont aromatiques riches en l'huile essentielle d'où leur intérêt économique et médicinal. Entre autres, un grand nombre de genres de la famille des Lamiaceae sont des sources de terpénoïdes, flavonoïdes et iridiodesglycosylés. (**Botineau, 2010**).

Tableau 4 : La classification de *Thymus* D'après Quezel et Santa (1963), Morales (1997), Pedersen (2000) et Guignard et Dupont (2004).

Embranchement	Phanérogames ou Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Eudicots
Sous-classe	Astéridées
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiacées
Genre	Thymus
Espèce	<i>Thymus numidicus</i> Poiret

II.1.4. Composition de la plante

Le *Thym* déshydraté possède un potentiel énergétique élevé, c'est une très grande source de vitamine **K** et de fer (plus de 500 fois les apports journaliers recommandés), du calcium, du manganèse et du zinc (quantité moyenne). Concernant les vitamines présentes dans le *Thym*, on trouve des petites quantités de vitamines B1, B2, B3, B6, B9, vitamine C et vitamine E. le *Thym* contient aussi du magnésium, cuivre, phosphore, du sélénium et des fibres. Chacune des différentes variétés de *Thym* possèdent leurs propres huiles essentielles (présentent dans les feuilles), et qui jouent un rôle essentiel dans les propriétés médicinales de la plante. La composition et la quantité (de 0,5 à 3%) des huiles essentielles varient considérablement d'une plante à une autre, selon la variété de *Thym*, les zones de culture et les conditions climatiques. Parmi les autres composants, le *Thym* contient des flavonoïdes, dont les propriétés sont anti-inflammatoires, antispasmodiques, mais aussi antioxydante, ainsi que des acides phénols qui sont également de grands antioxydants, des antiviraux et des anti-inflammatoires efficaces (**Ginseng, 2013**).

II.2.Huile essentielle de *Thymus*

II.2.1.Définition

L'HE de *Thym* est assez exceptionnel. Le mot « *Thym* » vient du latin « *Thymos* » et signifie « pour parfumer ». L'HE de *thym* est extrait par distillation par la vapeur à partir des feuilles fraîches ou sèches et des sommités fleuries, de couleur jaune clair à jaune orange, ses qualités sont nombreuses. Elle a un goût fort, puissant, épicé, herbeux, plutôt plaisant. L'essence du *thym* est souvent rapportée comme étant parmi les huiles essentielles les plus actives (**Rasooli et al. 2006**) ; (**Naghdi et al. 2004**).

Les huiles essentielles du *thym* sont composées par des molécules aromatiques d'origine végétale présentant une très grande diversité de structure. La variabilité chimique des HEs du *thym* dépend de plusieurs facteurs, qui généralement sont d'ordres climatiques et environnementaux. Mais peuvent être aussi d'ordre génétique et saisonnier (stade végétale) (**Loziene et al. 2007**).

Les huiles essentielles sont des substances complexes, huileuses, volatiles et odorantes qui sont sécrétées par les plantes aromatiques (**Nicole, 2008**). Elles sont considérées comme des produits de première transformation (**Mélanie et al. 2001**). Certaines familles se caractérisent par le grand nombre d'espèces à essences qu'elles regroupent et en particulier *les labiés, les Umbellifères, les Myrtacées, les lauracées* (**Sharing, 2005**).

II.2.2.Rôle physiologique

Parmi les composants majoritaires des huiles essentielles, nous trouvons les terpénoïdes qui possèdent un rôle écologique lors des interactions végétales, comme agents allélopathiques, c'est-à-dire inhibiteur de la germination, mais aussi lors des interactions végétal-animal, comme agent de protection contre les prédateurs tels que les insectes. Ils interviennent également, par leurs odeurs caractéristiques, dans l'attraction de pollinisateurs (**Thompson et al. 2003 ; Ormeno et al. 2007**).

II.2.3. Localisation et lieu de biosynthèse

L'huile est souvent localisée sur ou à proximité de la surface de la plante : cellules à huiles essentielles des *Lauracées* ou de *Zingiberacées*, poils sécréteurs des *Labiées* (figure 7), poche sécrétrice des *Myrtacées* ou de *Rutacées*, canaux sécréteurs des *Apiacées* ou des *Astracées*. La composition de l'huile essentielle peut varier selon sa localisation dans les organes d'une même espèce (**Bruneton, 1993**).

Chez les *labiées*, les cellules sécrétrices s'obtiennent par cloisonnement répété de la cellule-mère à l'aide de cloisons verticales se coupant à angle droit. L'huile sécrétée par les cellules de tête, traverse la paroi cellulosique et se collecte dans une cavité que crée la cuticule en se soulevant ; elle se distend et persiste. Les poils ont une origine épidermique. Cependant, on classe dans les poils sécréteurs ces émergences de cellules parenchymateuses qui prennent une forme capitée et se séparent finalement de la cellule-mère par une paroi transversale, en bordure de lacunes aérifères (sites endogènes) (**Crête, 1962**). De tels poils sécréteurs, dits «internes», sont caractéristiques de certaines fougères (**Spro et Chen, 1994**).

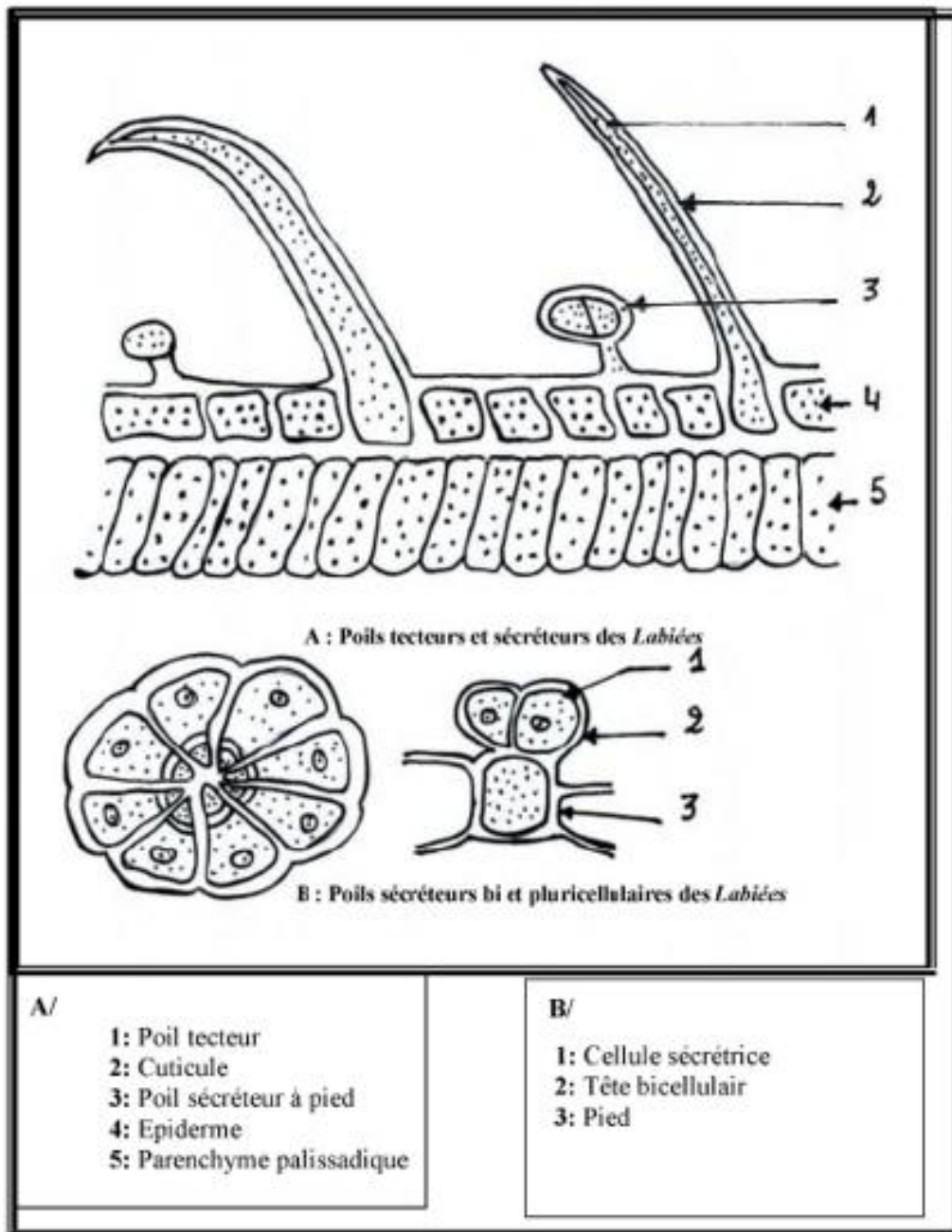


Figure 7 : Schéma des poils sécréteurs des *Labiées* (Deysson.G, 1994)

II.2.4. Composition chimique de l'huile essentielle

De nombreuses études ont révélé que les parties aériennes de *Thymus numidicus* sont très riches en plusieurs constituants dont la teneur varie selon la variabilité des conditions géographiques, climatiques, de séchage, de stockage et des méthodes d'études (extraction et détection). (Balladin et Headley, 1999; Amiot, 2005).

L'huile essentielle de *T numidicus*, présente les plus hauts pourcentages en thymol et carvacrol jamais observés, dans une huile essentielle d'espèce *Thymus*. 40 composants, représentant 99.7% de l'huile essentielle du *T numidicus*. Cette huile est majoritairement composée de thymol (68.2 %), carvacrol (16.9%) et de linalol (11.5%) (tableau7). (Kabouche, 2005)

D'après Haddaf et al. 2004, l'huile essentielle du *T numidicus* est majoritairement composée de thymol (68.2 %), carvacrol (16.9%) et de linalol (11.5%)

Tableau 5 : Les composants majoritaires de l'huile essentielle de *T numidicus*

(Kabouche, 2005)

Composants	En(%)
<i>p</i> -Cymène	1.0
γ -Terpinene	0.3
Linalol	11.5
Thymol	68.2
Carvarol	16.92

II.3. Extraction des huiles essentielles

Il existe plusieurs méthodes d'extraction comme l'hydrodistillation, l'expression à froid, l'enfleurage, l'extraction par solvants organiques, l'extraction par ultra-sons...(Pierron, 2014).

II.3.1 Extraction par pression à froid

Cette technique sans chauffage est réservée à l'extraction des zestes des agrumes. Le principe est mécanique. Il est fondé sur la rupture des péricarpes, réservoirs d'essences olfactives, en passant les agrumes sur des récipients dont les parois sont recouvertes de pics en métal. L'essence est libérée par un courant d'eau, puis décantée. La présence de l'eau peut entraîner des phénomènes d'hydrolyse, de contamination par des pesticides résiduels ou des micro-organismes. Une nouvelle technique physique basée sur l'ouverture des sacs oléifères par éclatement sous l'effet soit d'une dépression, soit par abrasion de l'écorce fraîche, éliminerait l'eau et diminuerait les effets d'oxydation des composés de ces essences (Pierron, 2014).

II.3.2.Extraction par hydrodistillation

Ce mode d'extraction a été proposé par Garnier en 1891, c'est la méthode la plus utilisée pour extraire les HE et pouvoir les séparer à l'état pur mais aussi de fournir de meilleurs rendements. Le principe consiste à immerger directement la matière végétale à traiter dans un ballon rempli d'eau qui est ensuite porté à ébullition, les vapeurs hétérogènes vont se condenser sur une surface froide et l'HE sera alors séparée par différence de densité (Bruneton, 1993) .

II.3.3.Extraction par Entraînement à la vapeur d'eau

C'est probablement sur le plan tonnage, que la codistillation avec vapeur d'eau est la principale technique de production des huiles essentielles. Trois groupes de techniques sont utilisés :

- La distillation à la vapeur, ou hydrodistillation : dans laquelle le végétal est en contact direct avec l'eau bouillante, ce qui évite d'agglutiner les charges végétales comme le fait l'injection de vapeur. Quelques utilisations actuelles : rose, fleurs d'oranger, amande pulvérisée.
- La distillation à la vapeur saturée : le végétal est supporté dans l'alambic par une plaque perforée située à une certaine distance au-dessus du fond rempli d'eau. Le végétal est en contact avec la vapeur d'eau saturée, mais pas avec l'eau bouillante.

- La distillation à la vapeur directe, saturée ou surchauffée : souvent à des pressions supérieures à l'atmosphérique, est identique à la précédente, sans eau dans le fond de l'alambic, la vapeur étant introduite au-dessous de la charge végétale (ou en dessus dans le système d'hydro-diffusion). Technique la plus utilisée actuellement, elle évite le contact prolongé du végétal avec l'eau en ébullition et la formation de certains artefacts (**Peyron, 1992 ; Garnero, 1996**).

II.3.4.Extraction par les solvants organiques

Cette méthode est utilisée pour les organes végétaux présentant une concentration en essence relativement faible ou pour les essences que l'on ne peut extraire par distillation. Etant de nature huileuse, les essences sont solubles dans les solvants organiques. Un épuisement des plantes est effectué à l'aide d'un solvant volatil dont l'évaporation laisse un résidu cireux, très coloré et très aromatique appelé «concrète». Le traitement de cette concrète par l'alcool absolu conduit à «l'absolue»

(**Belaiche, 1979 ; Duraffourd et al.1990**).

II.3.5.Extraction par le CO₂

L'originalité de cette technique repose sur le solvant utilisé : il s'agit du CO₂ en phase supercritique. L'extraction consiste à comprimer le dioxyde de carbone à des pressions et à des températures au delà de son point critique (P=72.8 bars et T= 31.1°C) (**Lorrain, 2013**). A l'état supercritique, le CO₂ n'est ni liquide, ni gazeux, et cela lui confère un excellent pouvoir d'extraction, modulable à volonté en jouant sur la température de mise en œuvre. Les fluides supercritiques comme le CO₂ sont de bons solvants à l'état supercritique, et de mauvais solvants à l'état gazeux (**Perron et Richard, 1992**).

II.4.Toxicité de l'huile essentielle de *thym*

Les huiles essentielles sont des substances très actives. A ce titre, elles doivent être utilisées avec vigilance, et toujours sur la base de connaissances fiables et suffisantes. L'huile essentielle de *Thym* est dermocaustique (irritante pour la peau) par la présence de phénols. Elle ne s'emploie jamais pure en application sur la peau ou dans un bain. Diluer au maximum 20% dans une huile végétale pour une utilisation percutanée. (GAYDA, 2013). L'essence de thym, par la présence de thymol et de carvacrol, peut provoquer des troubles gastro-intestinaux et une dépression du système nerveux central. Chez la souris, une diminution de l'activité locomotrice et une légère dépression respiratoire ont été observées pour des doses de 0,5 à 3 g d'extrait de thym par kg de poids corporel. Chez le rat, la dose létale de l'huile essentielle par voie orale est de 2,84 g/kg.

Chez l'homme, Van Hellemont signale qu'une dose de 6 g de thymol peut entraîner des lésions hépatiques, de l'albuminurie et de l'hémoglobinurie (Van Hellemont, 1986).

II.5.Domaine d'application de l'huile essentielle de *thym*

Il est bien connu que le thym est une plante condimentaire très appréciée, que l'on fait sécher pour des utilisations ultérieures. L'huile essentielle de thym riche en thymol est couramment utilisée pour la confection de savons et d'autres produits. Il entre aussi dans l'élaboration de certaines liqueurs C'est l'un des remèdes populaires les plus utiles. Les égyptiens et sumériens de l'antiquité l'utilisaient pour embaumer leurs morts. Les romains le brûlaient pour purifier l'air et éloigner les animaux nuisibles. Ils s'en servaient aussi pour aromatiser fromages et boissons alcoolisées et les militaires en mettaient dans leur bain pour se donner de la vigueur. Au Moyen Age, les nobles portaient de petits bouquets pour se prémunir des odeurs, il était réputé pour donner du courage aux chevaliers. Il entre aussi dans la composition de produits cosmétiques (Saidj, 2006).

II.6. Activités biologiques des huiles essentielles

II.6.1. Activité antioxydant de l'huile essentielle

II.6.1.1. Définition de l'activité antioxydante

L'activité antioxydante est un ensemble des actions qui peut retarder ou empêcher l'oxydation des substrats biologiques et capable de réagir avec les radicaux libres et les rendent inoffensif (neutraliser et les dégrader). Il est un système de protection qui lui permet de lutter contre les radicaux libres (**Amazal, 2010**).

1. Extraction des huiles essentielles

L'extraction de l'huile essentielle est effectuée au niveau du laboratoire de contrôle de qualité alimentaire, département de biologie, université de Laghouat.

1.1. Matériel végétal

L'huile essentielle testée a été extraite à partir des feuilles de *Thymus numidicus* Poiret

(Figure 08).

Les échantillons de la partie aérienne (tiges, feuilles et fleurs) de *T numidicus* Poiret ont été récoltés au mois de Mai 2018 dans la région de Tiaret. Les feuilles ont été nettoyées, lavées avec de l'eau du robinet et séchées à l'ombre. Elles ont été ensuite stockées dans des sacs propres.



Figure 08: Illustration de la plante de *Thymus numidicus* Poiret.

1.2. L'extraction de l'huile essentielle

L'extraction des huiles essentielles a été effectuée par hydrodistillation dans un appareil de type Clevenger (figure 14) (BENCHEKROUN et al. 2012).

Environ 50 g des feuilles de thym secs ont été mélangé avec 500 ml d'eau distillée, l'ensemble est ensuite porté à ébullition dans un ballon à trois cols ou fiole d'un litre d'une colonne de 60 cm de longueur reliée à un réfrigérant. Les vapeurs chargées d'huile et qui traversent le réfrigérant, se condensent et chutent dans une ampoule à décanter. L'eau et l'huile se séparent par différence de densité (BENCHEKROUN et al. 2012 ; MOHAMMED!, 2006). L'extraction a duré 3 heures. L'huile obtenue est ensuite conservée dans un réfrigérateur à une température de 4°C, dans des flacons en verre emballés avec du papier aluminium en vue de son incorporation dans le fromage frais.



Figure 09: Montage de l'hydrodistillateur de type Clevenger.

1.3. Calcul du rendement d'extraction

Selon la norme AFNOR (1986), le rendement en huile essentielle est défini comme étant le rapport entre la masse de l'huile essentielle obtenue et la masse de la matière végétale utilisée. Le rendement exprimé en pourcentage est calculé par la formule suivante :

$$\text{RHE}(\%) = \text{M1} / \text{M2} \times 100$$

Où :

RHE : rendement en huile essentielle ;

M1 : masse de l'huile essentielle obtenue en g ;

M2 : masse du thym en g.

2. Fabrication du Djben incorporé de l'huile essentielle

2.1. Fabrication du Djben

Le fromage a été fabriqué à partir du lait cru de chèvre entier de petit mélange (environ sept femelles) d'une ferme rurale (sidi Bouzid – Aflou) Laghouat. La traite est manuelle et a eu lieu en moi de février 2018.

Cette fabrication a été effectuée par une ménagère rurale qualifiée. Le procédé de fabrication du Djben est illustré dans la figure 15 Le lait a été d'abord chauffé, la présure (douth) a été ensuite ajoutée (fabriquée traditionnellement). Après approximativement 12 heures de coagulation, le fromage a subi un égouttage qui a duré environ 24 heures.

2.2. Incorporation de l'huile essentielle au Djben

Le Djben récupéré dans des sachets de prélèvement stériles est immédiatement transporté dans une glacière au laboratoire.

L'ajout de l'huile essentielle est effectué au niveau du laboratoire de contrôle de qualité alimentaire dans des conditions stériles. Les huiles essentielles ont été incorporées au Djben aux concentrations de 1ml/kg et 1.5ml/kg par pulvérisation (**ZENTAR et al, 2013**). Le conditionnement est réalisé manuellement dans des portes mangées stériles emballés avec du papier aluminium et stockées à 4°C.



1) Chauffage du lait de chèvres



2) Ajout de la présure(douth)



3) Formation d'un caillé



4) Egouttage du caillé



5) *Djben* ou fromage frais

Figure 10: Schéma de fabrication du *Djben*

3. Détermination de l'effet de l'incorporation de l'HE

Un échantillon du lait de chèvre utilisé pour la fabrication du Djben a été prélevé dans des flacons stériles en verre et transporté dans des glacières jusqu'au laboratoire. Une caractérisation physicochimique, biochimique et microbiologique a été réalisée sur le lait et le fromage.

Les effets de l'incorporation de l'huile essentielle sur le Djben ont été évalués par le suivi de l'évolution des paramètres, physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles pendant 16 jours à 4°C. Pour cela, des prélèvements à partir des échantillons du Djben témoin (non incorporé), incorporé avec 1 ml/ kg et 1.5 ml/ kg de l'HE ont été effectués sous les deux jours à partir du premier jour de fabrication jusqu'à 16 jours de stockage à 4°C.

3.1. Analyses physicochimiques

3.1.1. Mesure de PH

La valeur de pH a une importance exceptionnelle sur l'état de fraîcheur du produit ou sur sa stabilité (MATHIEU, 1998). Dès l'arrivée des échantillons de lait cru et du fromage au laboratoire, le pH est mesuré à l'aide d'un pH mètre type Consort selon la méthode électrométrique (AFNOR, 1980).

3.1.2. Détermination du taux de cendres

Les cendres du lait sont le produit résultant de l'incinération d'une prise d'essai (5 ml pour le lait et 4 g pour le fromage) dans un four à moufle réglé à 530 ± 20 °C durant 4 heures (AFNOR, 1980).

Le résultat obtenu correspond à la teneur en cendres exprimée en g/1 :

$$(M1 - Mo) \times 100 / V$$

La teneur en cendres exprimée en pourcent de masse sont égales à :

$$(M1 - Mo) \times 100 / E$$

Dont :

MO : Masse en grammes de la capsule vide.

MI : Masse en gramme de la capsule + les cendres.

V : Volume en millilitre de la prise d'essai.

E : Masse en grammes de la prise d'essai de lait.

3.1.3. Détermination de l'extrait sec

Le principe de la méthode utilisée consiste en une dessiccation par évaporation à l'étuve ($103 \pm 2^\circ\text{C}$) pendant 3 heures d'une prise d'essai de lait cru et de Djben (AFNOR, 1980), suivie d'une pesée du résidu sec total après refroidissement dans un dessiccateur.

➤ Expression des résultats

Après pesée, le taux de l'extrait sec exprimé en pourcentage a été calculé selon la formule suivante :

$$\text{Extrait sec \%} = \frac{\text{Poids (capsule+ extrait sec)} - \text{poids capsule vide}}{\text{Prise d'Essai}} \times 100$$

3.1.4. Détermination de la teneur en matière grasse

La méthode de Rose-Gottlieb (Norme AFNOR, NFV04-346) a été utilisée pour déterminer la teneur en matière grasse dans le lait de chèvre. L'hydrolyse des lipides est effectuée en présence d'ammoniaque (25%) pendant 15 min à $60-70^\circ\text{C}$. Ils sont ensuite extraites par un mélange d'oxyde di-éthylique et d'éther de pétrole (1:1, vlv) après ajout d'éthanol à l'hydrolysate.

Après séparation des deux phases, la phase supérieure est récupérée et filtrée sur 1 g d'hydrogénéosulfate de sodium. Le filtrat est ensuite recueilli dans une capsule préalablement tarée et mise à évaporer sous la hotte.

La phase aqueuse inférieure peut encore contenir des lipides ce qui nécessite une deuxième extraction qui sera réalisée de la même manière que la première.

➤ Expression des résultats

$$\text{MG (g/l)} = m1 - m2$$

m1 = la masse du récipient après évaporation

m2 = la masse de récipient vide

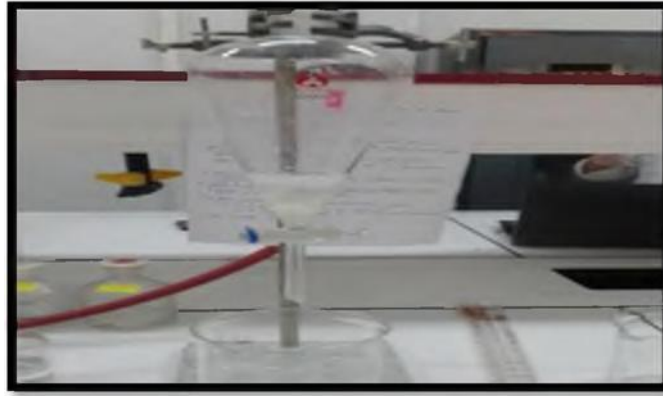


Figure 11 : Détermination de la matière grasse du lait (**La méthode de Rose de Gothlieb**)

Pour la détermination de la teneur en matière grasse du Djben, la méthode de Soxhlet a été utilisée. L'échantillon est d'abord hydrolysé à l'acide chlorhydrique (hydrolyse acide). Le mode opératoire a consisté à une prise d'essai de 1g de fromage, introduit dans un ballon puis mélangé avec 20 ml d'eau distillée et 20 ml d'acide chlorhydrique. Le ballon est connecté à une réfrigérante et chauffé pendant 15 minute. Le contenu du ballon est ensuite filtré à l'aide d'un papier filtre disposé dans un entonnoir. Après plusieurs lavages à l'eau distillée chaude jusqu'à élimination de chlorures, le papier filtre est séché puis introduit dans une cartouche soumise à l'extracteur. La matière grasse est ainsi extraite par reflux à l'aide d'un solvant: l'hexane. (ABAKAR, 2012).

La teneur en matière grasse du fromage est calculée selon la formule suivante :

$$\text{Matière grasse en \%} = \frac{\text{Poids du matras après extraction} - \text{poids du matras vide}}{\text{Prise d'essai}} \times 100$$



Figure12 : Détermination de la matière grasse du *Djben* (**La méthode de Soxhlet**).

3.2. Analyses microbiologiques

Selon l'arrêté interministériel du 27/05/1998, les germes recherchés et dénombrés dans le lait et le fromage frais sont : la flore totale aérobie mésophile (FTAM) à 30°C ; les Coliformes totaux ; les Coliformes fécaux ; les Salmonelles ; Staphylococcus aureus ; les levures et les moisissures.

Le prélèvement du Djbén est effectué à l'aide d'un couteau stérile. Il est réalisé par découpage d'un secteur d'environ 5 à 10g.

La solution mère est obtenue en mélangeant dans un mortier 10 g de l'échantillon avec 90 ml de l'eau physiologique. Après homogénéisation, le mélange est laissé au repos pendant une vingtaine de minutes pour la revivification des micro-organismes. Par la suite, des dilutions successives sont effectuées jusqu'à 10⁻³.

3.2.1. Les FTAM

La flore mésophile aérobie totale (FMAT), bon indicateur de contamination, est dénombrée sur gélose PCA incubée pendant 48 h à 72 h à 37°C (AFNOR, 2003).

3.2.2. Les coliformes

Les coliformes sont recherchés sur milieu VRBL (gélose biliée lactosée au rouge neutre et violet cristal). Sur ce milieu, les coliformes fermentent le lactose en donnant des colonies d'un diamètre de 0,5 à 1 mm.

La lecture et le dénombrement se font après 24 h à 48 h d'incubation à 37°C pour les coliformes totaux et à 44°C pour les coliformes fécaux. Les colonies sont rouges foncées ou violettes (AFNOR, 1996).

3.2.3. Les Staphylocoques

Les staphylocoques sont dénombrés sur la gélose de Baird Parker additionnée de jaune d'œuf et de tellurite de potassium et incubée 48 heures à 37°C.

Les colonies caractéristiques sont noires ou grises brillantes de 1 à 2 mm de diamètre et entourées d'un halo opaque plus ou moins clair (AFNOR, 1994).

3.2.4. Les Salmonelles

La recherche des salmonelles se fait en suivant trois étapes que sont le pré- enrichissement, l'enrichissement et l'isolement sur un milieu sélectif.

✓ Pré-enrichissement

Il s'effectue en bouillon nutritif, l'intérêt de cette étape pour la plupart des produits analysés, est la récupération des bactéries stressées. Environ 1ml de la suspension mère à analyser est introduit dans un tube contenant 10 ml de bouillon nutritif préalablement stérilisé. La préparation est homogénéisée puis incubée à 37°C pendant 24 heures.

✓ Enrichissement

Un volume de 1ml de la solution de pré-enrichissement de chaque produit a été introduit dans des tubes à essai contenant 10 ml de bouillon de sélénite cystéine.

L'incubation a été effectuée à 37°C pendant 24 heures

✓ Isolement sur gélose *Salmonelle- Schigella* ou milieu (SS)

Un volume de 0,1ml du contenant des tubes positifs a étéensemencé à la surface des boites de pétri préalablement coulées par le milieu SS. L'incubation a été effectuée à 37°C pendant 24 heures.

Lecture

Les salmonelles se présentent sous formes des colonies translucides avec un centre noir

(NF En ISO 6579).

3.2.5. Levures et Moisissures

La gélose Extrait de Malte préalablement fondue et refroidie a été répartie dans des boites de pétri vides. Après solidification, 0,1ml de chaque dilution a étéensemencé en surface. L'incubation a été faite à une température de 25°C pendant 3 à 5 jours.

La lecture et le dénombrement ont été réalisés tous les jours, levures à part et moisissures à part pour suivre le développement et éviter l'envahissement. Une boite du milieu utilisé a été incubée telle quelle, dans le même endroit et dans les mêmes conditions de température, elle constitue le témoin du milieu. **(NF V 08-059)**

3.2.6. Clostridium sulfitoréducteurs

Le lait placé dans des tubes a été préalablement chauffé 10 minutes à 80 °C puis refroidi rapidement afin d'activer les spores des clostridies et de détruire les germes sous forme végétative. Ensuite, ils ont été dénombrés sur le milieu de culture tryptose-sulfite à la cyclosérine (TSC) (Institut Pasteur, Algérie). Après l'incubation à 46 °C pendant 20 ± 2 h, seules les colonies caractéristiques entourées d'un halo noir ont été comptées (AFNOR, 2009).

3.3. Evaluation de la stabilité oxydatives du *Djben*

La stabilité à l'oxydation détermine la résistance à l'auto oxydation et permet par conséquent de faire des prévisions sur la durée de conservation (Shelf life) des lipides (Rossell, 1994) ; on a utilisées les tests suivants :

3.3.1. Test de Schaal

Le test de Schaal implique un chauffage à l'air de 50-100 g des lipides placés dans des capsules ouvertes à une température donnée (50-105°C), jusqu'à l'apparition des saveurs d'oxydation qui sont déterminées à intervalles réguliers par voie analytique (indice de peroxyde (IP) ou test à l'acide thiobarbiturique) (COLLOMB et SPAHNI, 1996).

Une quantité de 50 g du *Djben* ont été introduits dans un bécher de 100 ml, puis placés dans l'étuve à une température de 63°C pendant 8 jours. Des prélèvements ont été effectués chaque deux jour (chaque 48 heures) pour déterminer l'oxydation des lipides par la méthode de l'acide thiobarbiturique (Santneret *al*, 1980).

3.3.2. Test des substances réactives à l'acide thiobarbiturique (TBARS)

Le test est standardisé en utilisant comme référence le malondialdéhyde (MDA), les résultats sont ainsi exprimés en mg de MDA/kg d'échantillon (FRANKEL, 2005).

Cette méthode permet de quantifier la peroxydation lipidique, dans le plasma et les aliments, en mesurant la libération du malondialdéhyde (MDA), un des produits majeurs de dégradation des lipides (BOTSOGLOU *et al*, 1994).

Le MDA réagit avec l'acide thiobarbiturique pour donner des pigments de coloration rouge mesuré à une longueur d'onde de 532 -535 nm (**HOYLAND et TAYLOR, 1989**). Le schéma détaillé du protocole expérimental est représenté dans la figure13.

➤ Expression des résultats

La quantité de TBARS (Thiobarbituric acid reactive substances) a été calculée sur la base de coefficient d'extinction molaire ($\epsilon = 155\text{mM}^{-1}.\text{cm}^{-1}$) en utilisant l'équation suivante (**Kehal, 2013**) :

$$\text{mg équivalent MDA/Kg} = (A \text{ corrigée} \cdot V_{\text{TCA}} \cdot 2 \cdot M \cdot 10^{-1}) / 1,66 \text{ m}$$

Soit, **VTC** : volume de solvant d'extraction

m : masse de l'échantillon analysé (g)

M : Masse moléculaire de MDA = 72 g/mol.

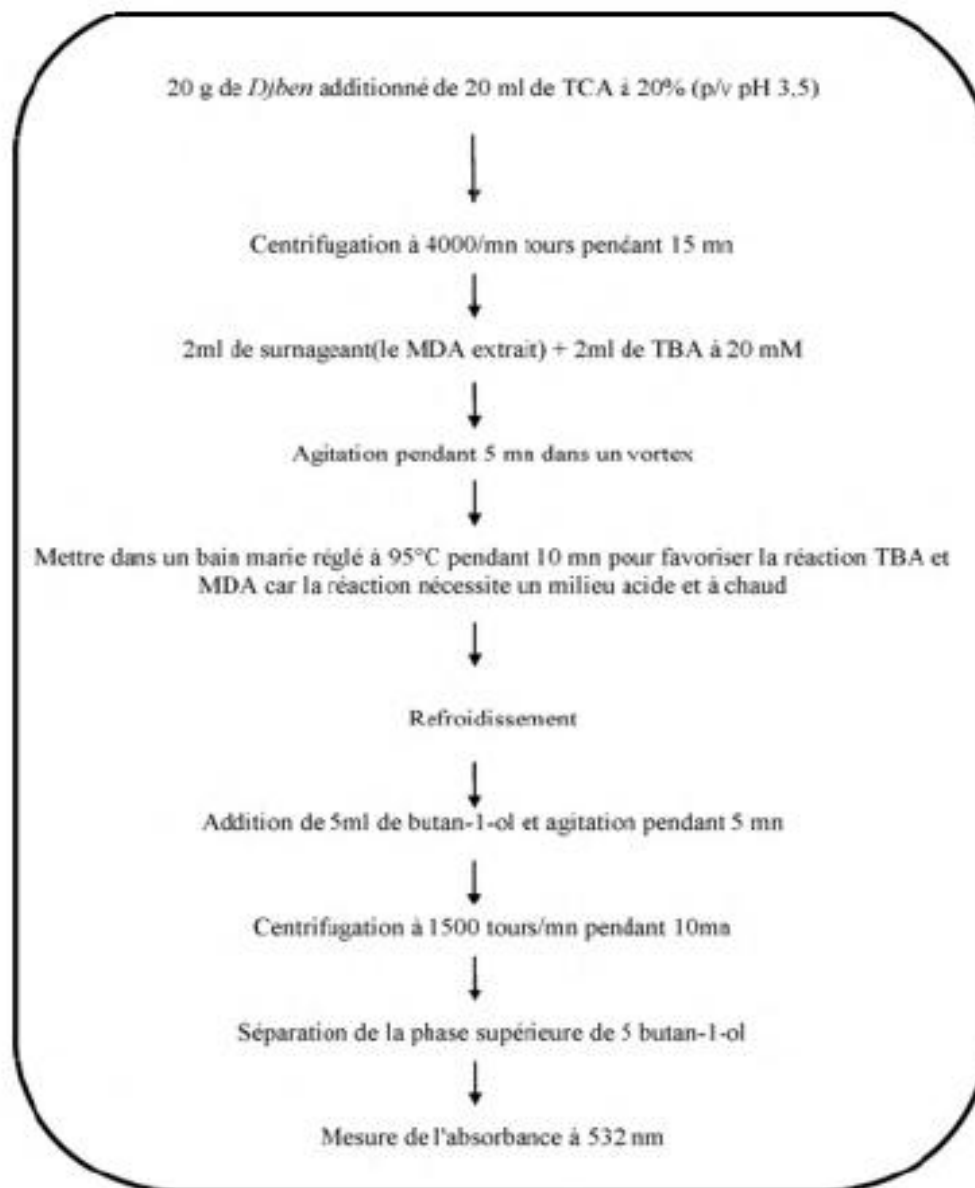


Figure13: Schéma de test des substances réactives à l'acide thiobarbiturique (Djenaneet al, 2011d).

3.4. Estimation du shelf life de fromage frais

La limite d'acceptabilité microbienne (MAL) a été estimée par l'ajustement des données expérimentales à l'équation de Gompertz modifiée par Corbo (**CORBO et al, 2006**). Une concentration de 2: 10⁵ UFC / g des levures et moisissures marque la fin de la vie utile du fromage frais. Ce niveau de contamination correspond à l'apparition des défauts, des couleurs et des odeurs anormales. (**ZANTAR et al, 2013**)

3.5. Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle a été effectuée sur trois échantillons de fromage frais de chèvre : un fromage témoin (sans l'huile essentielle) et les deux fromages aromatisés par 1 ml/kg et 1.5 ml/kg de l'huile essentielle de thym.

3.5.1. Panel

Le panel est constitué de 12 sujets de sexes masculin et féminin, ce sont des étudiants de la faculté d'agronomie (contrôle de qualité alimentaire) de l'université de Laghouat.

Il leur est montré la façon dont les bulletins seront remplis. Il a été recommandé aux dégustateurs d'éviter de manger, de boire ou de fumer au moins 30 minutes avant de procéder aux essais.

3.5.2. Test de classement par rang

Les tests de classement par rang de l'intensité supposent que les dégustateurs classent les échantillons d'après l'intensité perçue d'une caractéristique sensorielle. Ce type de test peut servir à obtenir des renseignements préliminaires sur des différences entre les produits ou à dépister les dégustateurs qui font preuve d'aptitudes à distinguer les différences entre des échantillons dont on connaît les différences. Ces tests peuvent indiquer s'il y a des différences perceptibles d'intensité pour un attribut dans plusieurs échantillons (**WATTS et al, 1991**).

Les dégustateurs doivent noter les trois fromages présentés par ordre d'intensité d'une caractéristique donnée. Celui qui avait la note la plus élevée pour une caractéristique était classé '1', celui qui avait la note la plus basse était noté '3', et celui qui avait la note intermédiaire était noté '2'.

➤ **Analyse des données**

Le classement des notes de chaque échantillon a été présenté sous forme de tableaux ou la loi de Khi2 a été appliquée selon la formule suivante :

$$khi02 = \frac{12}{NP(P+1)} \times \varepsilon (RT)^2 - 3N(P + 1)$$

N : nombre de dégustateurs **P** : nombre des échantillons **RT** : somme des rangs

D

ddl : degrés de liberté = P-1

Les résultats obtenus ont été comparés aux valeurs théoriques lues au même degré de liberté.

3.5.3. Test hédonique

Les tests hédoniques sont conçus pour mesurer le degré d'appréciation d'un produit. On se sert d'échelles de catégories allant de «aime beaucoup» à «n'aime pas du tout» en passant par «neutre» avec un nombre variable de catégories intermédiaires. Les dégustateurs choisissent, pour chaque échantillon, la catégorie qui correspond à leur degré d'appréciation. (WATTS *et al*, 1991).

➤ **Analyse des données**

Pour l'analyse des données, les catégories sont converties en notations numériques allant de 1 à 9, où 1 correspond à «n'aime pas du tout» et 9 «aime beaucoup», (annexe III). Les notations de chaque échantillon sont présentées sous forme de tableaux et analysées au moyen de l'Analyse de variance (ANOVA) pour déterminer s'il y a des différences significatives dans le degré d'appréciation moyen entre les échantillons.

3.6. Analyses statistiques

Le logiciel Microsoft Excel 2007 et Minitab 1999 ont servis à l'analyse statistique des données. D'une manière générale, les résultats sont présentées sous forme de moyennes plus ou moins l'écart type. L'analyse de la variance, le test de Duncan et la loi de Khi2 sont utilisés pour traiter les résultats. Le seuil de significativité est fixé à 5%.

1. Extraction de l'huile essentielle de Thym

1.1. Le rendement en huile essentielle de thym

Nous rappelons que l'huile essentielle a été extraite des feuilles sèches du thym par un hydrodistillateur de type Clevenger. Nous avons obtenu une huile de couleur jaune pâle avec une odeur aromatique. Le rendement en huile essentielle de *Thymus numidicus* Poiret provenant de Tiaret est de $2.3 \pm 0,20$ %. Selon (BENCHEQROUN et al., 2012), le rendement en huile essentielle de Thym varie de 2 à 2,75 %. Il est relativement élevé par rapport à certaines plantes qui sont exploitées industriellement comme source des huiles essentielles et qui présentent généralement un rendement d'extraction de moins de 1%. Il est plus élevé que celui de la rose (0,1-0,35 %), la menthe poivrée (0,5-1 %), le néroli (0,5-1 %), (BENCHEQROUN et al, 2012).

Cette variabilité en huile essentielle, tant au niveau de leur composition, qu'au plan du rendement entre ces plantes, peut s'expliquer par différents facteurs d'origine intrinsèque, spécifiques du bagage génétique de la plante ou extrinsèque, liés aux conditions de croissance et de développement de la plante (BOUGUERRA, 2012). Nous soulignons aussi l'importance du choix de la période de récolte du thym pour obtenir une huile de qualité et de quantité. Généralement le rendement diffère d'une période à l'autre (HUDAIB et al, 2002).

1. Caractérisation du lait de chèvre

1.1. Caractéristiques physicochimiques

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'échantillon du lait sont regroupés dans le tableau 06

Tableau 06 : Les principales caractéristiques physicochimiques du lait de chèvre étudié.

Caractéristiques physicochimiques	g/l	%
Matière Grasse (g/l)	41±0,53	4.1
Extrait Sec total (g/l)	133±0,68	13.3
Cendres (g/l)	1,6±0,09	0.16

2.1.1. Le pH

Le pH du lait de chèvre que nous avons utilisé est de 7,02. Cette valeur n'est pas en concordance avec celles rapportées par bon nombre d'auteurs tels que **REMEUF et al. (1989)** qui ont enregistré un pH entre 6,45 et 6,90, la **FAO (1990)** entre 6,45 et 6,60 et

ALVES D'OLIVEIRA (2007) à 6.70.

Le pH du lait à la traite peut résulter de l'infection de la mamelle de l'animal (**MORGAN, 1999**) mais aussi du facteur génétique qui, à lui seul, a une grande influence sur les variations de pH du lait de chèvre (**REMEUF et al, 2001**).

Le pH dépend de la teneur en caséine, en sels minéraux et en ions (**ALAIS, 1984**), des conditions hygiéniques lors de la traite, de la flore microbienne totale et son activité métabolique (**MATHIEU, 1998**).

Les variabilités du pH sont aussi liées au climat, au stade de lactation, à la disponibilité alimentaire, à l'apport hydrique, à l'état de santé de l'animal et aux conditions de la traite (**SING, 1972**).

2.1.2. Matière grasse et l'extrait sec

Le lait de chèvre utilisé pour la fabrication du fromage contient environ 133 g/l (soit 13.3 %) d'extrait sec. Elle est inférieure à la valeur de 140g/l rapporté par (ALAIS, 1984) et très éloignée de celle trouvée par DARKOVA et al (2008) 156.1 g/l.

Selon CHARRON (1986) et VIGNOLA et al. (2002), le taux de la matière sèche peut varier de 10,5 % à 13,5 %.

Le taux de matière grasse est de 41 g/l (soit 4,1 %) ; il est très proche de celle trouvée par COVENEY et DAMTON- HILL (1985) qui est de 4,5%. D'après ce résultat, le lait utilisé pour l'élaboration du *Djben* est riche en matière grasse. Sice lait est destiné à la transformation industrielle, il donne des rendements importants en produits finis.

Les taux de la matière sèche et la matière grasse dans le lait de chèvre sont en relation directe avec les conditions d'élevage, l'alimentation, le stade de lactation et la race (MORAND-FEHR et al, 1976; ST- GELAIS et al, 1999).

Le taux de la matière grasse et de l'extrait sec est très important dans la fabrication du fromage car Les lipides du lait de chèvre se caractérisent par la présence des acides gras à chaîne relativement courte (dont les acides caproïques et capryliques) qui peuvent être absorbés par un mécanisme plus simple que celui des acides gras à chaîne longue. La matière grasse du lait joue un rôle essentiel dans le développement du goût mais aussi de la texture du fromage. C'est cette forte proportion d'acide gras qui est responsable du goût typique du fromage de chèvre et dont l'acide 4 éthyle-octanoïque (13 mg/g de matière grasse) et l'acide 4 méthyle octanoïque (80 mg/g de matière grasse) (ANONYME, 2013).

2.1.3. Les cendre

La teneur en cendre de notre lait de chèvre frais est de 1.6 g/l (soit 0.16 %). Elle est inférieure à la gamme rapportée par JENNESS (1980), inférieure à la valeur de 9g/l présentée par (ALAIS, 1984) et AMIOT et al (2002);et à la valeur de 4,3g/l de (DAOUDI, 2006).

2.2. Caractéristiques microbiologique

Les résultats des analyses microbiologiques du lait de chèvre exprimés en UFC/ml sont représentés dans le tableau (07).

Le lait de chèvre utilisé est de très bonne qualité microbiologique, tous les résultats obtenus sont conforme aux normes de la directive du control officiel (DQ/SVHA/N83 n° 8088 du 21 Juillet 1983).

On note :

- L'absence de germes pathogène
- Présence en faible nombre de coliformes totaux.

Tableau 07 : Résultats d'analyses microbiologiques du lait de chèvre

Germe	Lait de chèvre UFC/ml	Normes J.O.A UFC/ml
FTAM	$1,01 \times 10^3$	10^5
Coliformes totaux	$3,04 \times 10^2$	$2 \cdot 10^6$
Coliformes fécaux	Absent	103
Staphylococcus aureus	Absent	Absent
Salmonelle	Absent	Absent
Levures	$1,1 \times 10^3$	–
Moisissures	Absent	–
Clostridium sulfito- réducteur	Absent	< 50

2.2.1. Les FTAM

L'énumération de cette flore dans notre échantillon du lait cru est de 1.01×10^3 UFC/ml. On constate que ce nombre enregistré est inférieur à celui trouvé par (BELARBI, 2015) et celle publié par la norme algérienne (NA, 1998) (105UFC/ml).

La flore mésophile aérobie totale, bon indicateur de contamination globale, renseigne sur la qualité hygiénique du lait cru (GUINOT-THOMS et al, 1995). Selon FARRIS (2009), un lait de chèvre est de très bonne qualité microbiologiques lorsque il contient moins de 105 germes /ml du lait. Cela est dû probablement à l'hygiène respectée à savoir le nettoyage des mains, de la mamelle et des récipients.

2.2.2. Les coliformes totaux

L'analyse a révélé une contamination de l'échantillon en coliformes totaux avec une valeur moyenne de $3,04 \times 10^2$ UFC/ml. Ce nombre est faible par rapport au nombre trouvé par (BELARBI, 2015) et par rapport à la norme de GUIRAUD 1998 (106 UFC/ml). Selon LARPENT (1990), la présence des coliformes totaux n'est pas obligatoirement une indication directe de la contamination fécale.

2.2.3. Les coliformes fécaux

Selon les résultats des analyses microbiologiques effectuées, le lait de chèvre utilisé pour la fabrication du Djben ne présente aucun coliforme fécal.

La présence des coliformes fécaux est considérée comme un indice de contamination fécale, il s'agit plutôt de marqueurs de mauvaise maîtrise d'hygiène ainsi qu'à la mauvaise manipulation (GUIRAUD et ROSEC, 2004).

2.2.4. Les Staphylococcus aureus

Pour les Staphylococcus aureus nous constatons l'absence totale de ce germe dans le lait de chèvre analysé. Selon BELARBI (2015), la bonne conduite d'hygiène au moment du prélèvement ainsi que la bonne santé de l'animale rend le lait de chèvre exempt de Staphylococcus aureus.

2.2.5. Les *Salmonella*

Les résultats de la recherche de *Salmonella* indiquent leur absence dans le lait de chèvre analysé. Notre résultat concorde avec celui de **BELARBI (2015), SRAIRI et HAMAMA (2006), AFIF et al, (2008) et MARCO et NDIAYE (1991)**. L'absence de salmonelle est un bon indice de l'état sanitaire satisfaisant des animaux producteurs du lait.

2.2.6. Les Clostridium sulfito-réducteurs

Le lait analysé est dépourvu de Clostridium sulfito-réducteurs, donc il est conforme à la norme du **journal officiel de la république algérienne (1998) et GUIRAUD (1998)**.

2.2.7. Levures/ Moisissures

La charge moyenne des levures est de $1,1 \times 10^3$ UFC/ml. Cette valeur selon **Hicham et al (2009)** est normale, et permettra la fermentation nécessaire à la production de dérivés laitiers. Les levures et moisissures sont des contaminants courants des aliments. Ils peuvent être véhiculés par l'environnement et se retrouver dans le lait et les produits laitiers. Bien que les levures ne causent pas d'intoxication alimentaire, elles peuvent provoquer une altération organoleptique de l'aliment (**DEAK, 2008**). Un très grand nombre de moisissures produisent des substances toxiques dites mycotoxines, et dont certains sont reconnues comme étant les plus puissants cancérigènes naturels chez l'homme (**CREPPY, 2002**).

3. Caractérisation du *Djben*

3.1. Caractérisations physicochimiques

La composition moyenne du *Djben* exprimé en pour-cent et en g/kg et présentée dans le tableau 08.

Tableau 08 : La composition moyenne du *Djben* fabriqué

Caractéristiques physicochimiques	en(%)	en (g/kg)	Ecart type
Matière Grasse	3,31	33,1	19,34
Extrait Sec total	5,34	53,4	0,52
Cendres	0,44	4,4	0,49

3.1.1. Le pH

Le pH moyen du *Djben* est de 4,56. Cette valeur est proche de celles rapportées de l'ordre de 3,70 à 4,80 (**Hamama, 1997**). Selon **Mahaut**, pour les fromages de chèvre à caractère lactique, l'égouttage s'accompagne d'une acidification jusqu'au pH 4,4 - 4,5 (**MAHAUT et al. 1986**).

3.1.2. Matière grasse

D'après les résultats, la teneur en matière grasse de notre fromage qui est de 33,1g/kg est supérieure à celle trouvée par **DAOUDI (2006)** (31,7g/kg). Selon **Bellivier et Gaborit, (2000)** la teneur lipidique du lait destiné à la production fromagère conditionne très largement le taux de la matière grasse du produit fini. En effet, le taux de matière grasse des fromages ne dépend que de la nature et de la composition initiale du lait utilisé pour la fabrication (**SOUSA et MALACATA, 2002 ; ROSEIRO et al., 2003 ; AQUILANTI,**

2011). D'après **Morgan (2001)**, les graisses fromagères constituent un bon apport énergétique et leurs digestibilité est généralement bonne (88% à 94%).

3.1.3. L'extrait sec total

Le taux d'extrait sec total du *Djben* fabriqué est de 53,4g/kg. Selon **ALAIS (1984)**, le taux de l'extrait sec varie d'un type de fromage à un autre. Cette différence est la conséquence de l'emploi du sel et la durée d'égouttage. La richesse en matière sèche du *Djben* confère à celui-ci une consistance relativement ferme.

3.1.4. Le taux de cendre

Le taux de cendre est de 4,4 g/kg, cette valeur est presque la même valeur trouvée par **DAOUDI (2006)** (4,3 g/kg).

3.2. Caractérisations microbiologiques

La microbiologie du *Djben* est principalement dominée par la FMAT (moyenne de $1,10.10^3$ UFC/g), les Coliformes totaux (moyenne de $6,18.10^2$ UFC/g). Les germes de la contamination fécale (coliformes fécaux), les germes pathogènes et la flore fongique est totalement absents dans notre fromage (Tableau 9).

Tableau 09: Caractéristiques microbiologiques du *Djben*

Germe	FTAM	Coliformes totaux	Coliformes Fécaux	Staphylococcus Aureus	Salmonelles	Levures/moisissures
Echantillon						
Djben	$1,10.10^3$ UFC/g	$6,18.10^2$ UFC/g	Absent	absent	Absent	absent

3.2.1. Les FTAM

Nous constatons que le nombre de FTAM dans le fromage de chèvre enregistré est peu nombreux et il est inférieur à celui trouvé par **DAOUDI (2006)**, **HAMAMA (1989)**, **BAYI (1994)** et **MAHIL (1992)**.

3.2.2. Les coliformes totaux

Le nombre de coliformes totaux de notre fromage est supérieur à celui trouvé par **DAOUDI (2006)** ($< 2/g$), et supérieur à la valeur de **GUIRAUD (1998)** ($< 10/g$). La présence de ces germes avec un nombre plus élevé provoque des problèmes sanitaires et d'intoxication graves (**ZERIFI et SELMA, 2015**).

Plusieurs études ont déjà été entreprises pour caractériser l'état hygiénique du Djben du lait de chèvre. Elles montrent qu'ils sont le plus souvent de qualité hygiénique non satisfaisante (**TANTAOUI et al, 1983**; **BENKERROUM et al, 1984**; **FAID et al, 1992**; **ZINEDINE et al, 1996** ; **EL MARNISSI et al, 2012**). Ceci témoigne à la fois un manque de moyen matériel et une insuffisance voire une absence de sensibilisation des producteurs face aux problèmes d'hygiène.

Selon **MAHAUT et al, (2000)**, la production du fromage de chèvre de qualité sanitaire satisfaisante est évidemment possible à condition de respecter les règles d'hygiène applicables au niveau de la production et de la transformation du lait.

3.2.3. Les coliformes fécaux

Pour les coliformes fécaux nous avons remarqué l'absence totale de ces germes dans le Djben. Par ailleurs, la présence des coliformes permet la mise en évidence d'une contamination fécale. Ces germes constituent un facteur de mauvaise conservation ou d'accident de fabrication, et de juger l'état hygiénique d'un produit, même à des niveaux faibles, et aussi cette contamination était attribuée aux conditions non conformes de traite voire de collecte de lait de départ (**BENHEDANE, 2012**).

3.2.4. Les *Staphylococcus aureus*

Aucun Staphylocoque n'a été dénombré dans l'échantillon analysé. La présence de ces germes dans le produit alimentaire est très dangereuse de point de vue sanitaire car en bactériologie alimentaire, cette espèce est capable de produire des entérotoxines.

L'ingestion d'entérotoxines présentes dans les aliments provoque un syndrome gastro intestinal ou taxi-infection alimentaire à staphylocoque (**BEZZALLA et GOUTTAYA, 2013**).

3.2.5. Les *Salmonelles*

Une absence totale des salmonelles a été enregistrée, ce résultat est en accord avec celui de **DAOUDI (2006) et Guiraud (1998)**.

3.2.6. Levures / Moisissures

La flore fongique est particulièrement absente dans notre fromage. Cette déficience est liée à une exposition faible du *Djben* à l'air durant l'égouttage (durée d'égouttage faible), ce qui réduit les contaminations par les spores de cette flore qui se développe, généralement bien, dans les produits fermentés.

Bien que les levures dans le *Djben* ne soulèvent pas d'inquiétude pour la sécurité alimentaire, leur nombre élevé peut causer une altération organoleptique du produit, tels que l'aspect visqueux et la décoloration avec une forte odeur d'alcool. Néanmoins, à des niveaux modérés, les levures peuvent contribuer à la saveur du produit (**OUADGHIRI, 2009**).

Nous pouvons conclure que l'analyse microbiologique montre que selon les normes posées par la directive **CE (92/46)**, notre fromage de chèvre est de très bonne qualité hygiénique. En effet on note :

- Absence des germes pathogènes (salmonelle, staphylocoque,...).
- Absence de levures et moisissures germes responsables de la dégradation de la qualité organoleptique du fromage et qui limite le shelf life de notre fromage.
- Présence en faible nombre de coliformes totaux.
- Flore totale peu abondante.

4. Effet de l'incorporation de l'HE de thym au *Djben*

4.1. Effet antimicrobien

4.1.1. Les FTAM

La figure montre l'évolution du nombre de FTAM pendant 16 jours dans les *Djben* élaborés (annexe1).

Au cours du quatrième jour nous avons constaté une légère augmentation de la FTAM dans le *Djben* témoin ainsi que le *Djben* à 1ml/kg d'HE, par conséquent une diminution significatif ($p < 0.05$) de celle-ci dans le fromage à 1.5ml/kg d'HE. Ce constat peut être dû à la forte concentration en HE appliquée.

Pendant le 7^{ème} jour de stockage, une augmentation brusque des FTAM dans le fromage à 1.5ml/kg. Ceci s'explique probablement au fait qu'une réaction chimique entre les protéines et les groupes fonctionnels des HE réduit la disponibilité des molécules actives (MALECKY, 2007). Vers le 10^{ème} jour, une diminution du nombre de FTAM dans les trois fromages élaboré a été observée. Ceci est le résultat d'une augmentation de l'acidité des produits due à une fermentation lactique qui inhibent la croissance bactérienne. Cet effet est plus prononcé pour les fromages incorporés avec l'HE de thym. A partir du 13^{ème} jour, une augmentation du nombre de la FTAM a été constatée pour les trois fromages. Cette augmentation est significativement ($p < 0.05$) moindre pour les deux fromages incorporés.

Nous concluons que l'incorporation du *Djben* à 1.5ml/kg d'HE de thym a un effet significatif sur le développement de la FTAM.

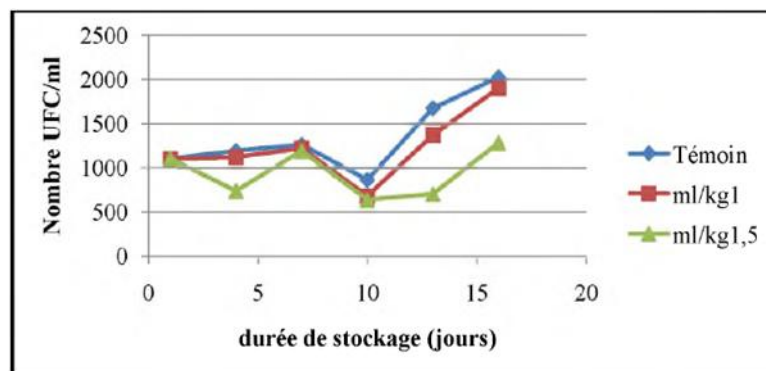


Figure14: Evolution du nombre de FTAM pendant la durée de stockage

4.1.2. Les coliformes totaux

Le dénombrement des coliformes totaux dans les fromages élaborés montre une augmentation de leur nombre dans les trois fromages (figure15, annexe). Cette augmentation est plus importante dans le *Djben* témoin (0% d'HE) et dans le *Djben* à 1ml/kg d'HE en comparaison avec celui à 1.5ml/kg d'EH.

A partir du 10^{ème} jour une diminution significative ($p < 0.05$) du nombre de coliformes

totaux a été notée pour les deux fromages incorporés ceci peut être expliqué par l'effet synergique de l'augmentation de l'acidité du milieu d'une part et l'effet inhibiteur d'HE de thym d'autre part.

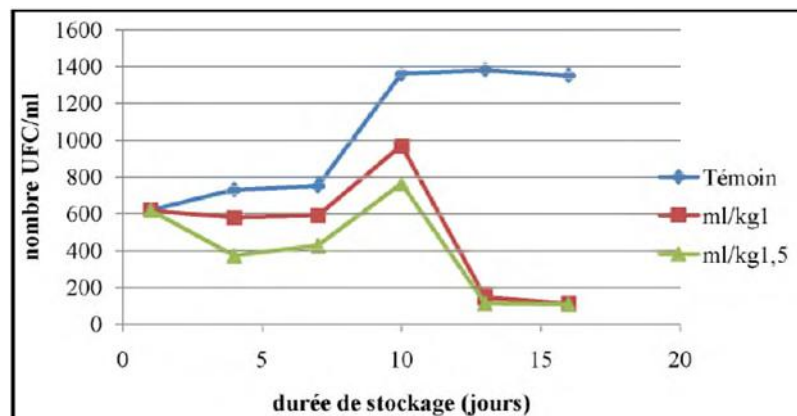


Figure15 : Evolution du nombre de coliformes totaux pendant la durée de stockage

4.1.3. Les coliformes fécaux

Le suivi de dénombrement des coliformes fécaux montrent que l'addition d'HE de thym a un effet significatif ($p < 0.05$) sur leur croissance. Nous constatons que quel que soit la dose d'HE utilisé, les coliformes fécaux n'apparaissent dans les fromages incorporés d'HE qu'à partir du dixième (10) jours en comparaison avec le témoin ou ils se développent à partir du quatrième jour (figure16, annexe 1).

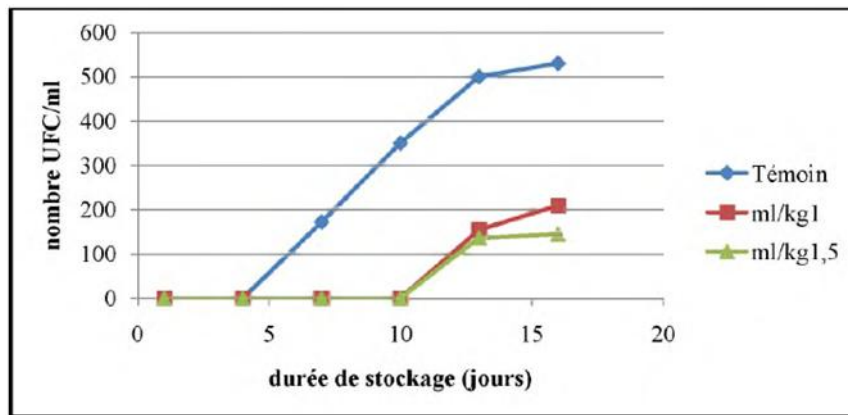


Figure16 : Evolution du nombre de coliformes fécaux pendant la durée de stockage

4.1.4. Les levures et moisissures

Nous avons constaté que l'acidité du produit engendrée par la fermentation lactique a favorisé le développement des levures et moisissures (GUIRAUD, 2003) à partir du 4^{ème} jour du stockage pour le témoin (figure17, annexe 1). Par contre, l'ajout d'huile essentielle de *Thymus numidicus* Poiret au fromage frais (*Djben*) a un effet significatif sur les levures et les moisissures pour les deux doses incorporées avec un effet plus efficace pour la dose 1.5ml/kg ($p < 0.05$). Il s'avère que plus la concentration en HE augmente plus le nombre de levures et moisissures est réduit. D'autre part, les résultats obtenus nous a permis de noter clairement que l'addition d'HE de thym a prolongé le shelf life à 7 jours pour le *Djben* à 1 ml/kg d'HE et à 10 jours pour le *Djben* à 1.5ml/kg en comparaison avec le *Djben* témoin qui a une durée de vie de 4 jours seulement.

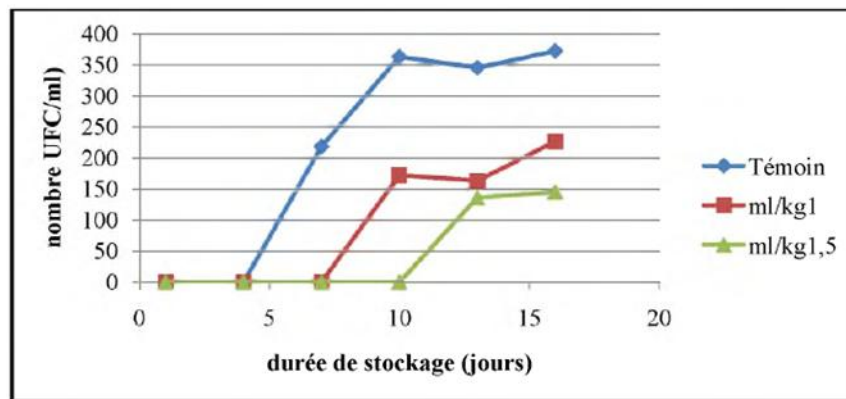


Figure17 : Evolution du nombre de levures et moisissures pendant la durée de stockage

4.1.5. Les staphylocoques et salmonelles

Nous avons remarqué également l'absence totale de salmonelles et des staphylocoques pendant les seize (16) jours de stockage dans les trois produits (**annexe1**).

D'après ces résultats, l'ajout des huiles essentielles de *thymus numidicus* au *Djben* présente un effet léger sur la flore bactérienne (FTAM), un effet moyen sur les coliformes totaux mais réduit notablement le nombre de coliformes fécaux et celui des levures et moisissures. L'huile essentielle de *thymus numidicus* a pu jouer le rôle d'un conservateur dans le *Djben* à des concentrations de 1ml/kg et 1.5ml/kg, et elle a pu prolonger la date de consommation du fromage à sept et dix jours respectivement. La date limite du témoin étant de quatre jours seulement.

En effet **CONNER (1993)**, a montré que les HES de *thym* révèlent une forte capacité inhibitrice contre divers microorganismes pathogènes et d'altération dans différent aliments. L'activité inhibitrice des extraits d'herbes est attribué fondamentalement à sa richesse en composés phénoliques, le genre *thymus* possède une grande importance pharmacologique, son huile essentielle est dotée d'activité antibactérienne et antifongique (**KULVANOVA et al, 1996**).

Les huiles essentielles de thym sont également capables d'inhiber la croissance de bactéries résistantes comme : *Streptococcus pneumoniae*, *Salmonella typhimurium*, *Salmonella entereditis* et *Staphylococcus aureus* (**SHINET et al. 2005**).

4.2. Stabilité oxydative des *Djben* élaborés

Les résultats obtenus montrent que les valeurs de la teneur en MDA (mg/kg) est en augmentation pour tous les produits testés avec des valeurs significativement plus élevées ($p < 0.05$) pour le fromage témoin par rapport aux fromages incorporés avec 1ml/kg et 1.5ml/kg de thym (figure 18) (Annexe II). Nous remarquons globalement que l'oxydation lipidique augmente avec la durée de conservation, l'effet étant nettement marqué pour le témoin.

Les deux doses des HEs de *thymus numidicus* se sont révélées actives contre l'oxydation des lipides. Cependant, l'effet de la concentration reste déterminant ($p < 0.05$).

Cela indique que les fromages incorporés à l'huile essentielle de thym sont plus résistants que le témoin vis-à-vis l'oxydation forcée et que le fromage à 1,5ml/kg d'HE est plus résistant que le fromage à 1ml/kg.

Le *Djben* témoin présente une forte sensibilité à l'oxydation, cette sensibilité peut s'expliquer par sa teneur en acides gras insaturés. L'incorporation d'HE au *Djben* peut favoriser la prévention de la peroxydation de ces acides gras provoquée par la chaleur.

Nous pouvons conclure que l'HE de *Thymus numidicus* présente des propriétés antioxydants importantes permettant la préservation du *Djben* de la peroxydation lipidique. Cela peut être expliqué par la présence des composés phénoliques dans l'huile essentielle. Mais il peut y avoir aussi d'autres composés minoritaires qui peuvent interagir d'une façon synergique ou antagoniste pour créer un système efficace vis-à-vis des radicaux libres (LU *et al*, 2001 ; SING *et al*, 2006).

L'Origan et le Thymus présentent une activité antioxydant efficace sur les aliments, cette constatation a été remarquée par DOBRAVALSKYTE *et al*. (2012). Le pouvoir antioxydant d'un extrait est en relation avec ses teneurs en composés phénoliques et particulièrement en flavonoïdes, et aussi en fonction des structures chimiques des molécules bioactives (KHELFALLAH, 2013).

Les HEs possèdent des propriétés antioxydants qui améliorent la durée de vie des aliments. Ainsi l'incorporation des HEs directement dans les aliments sous forme de vapeur ou emballage actif contribuent à préserver l'aliment des phénomènes d'oxydation (CATLLET & LACROIX, 2007; DJNANE *et al*, 2011c).

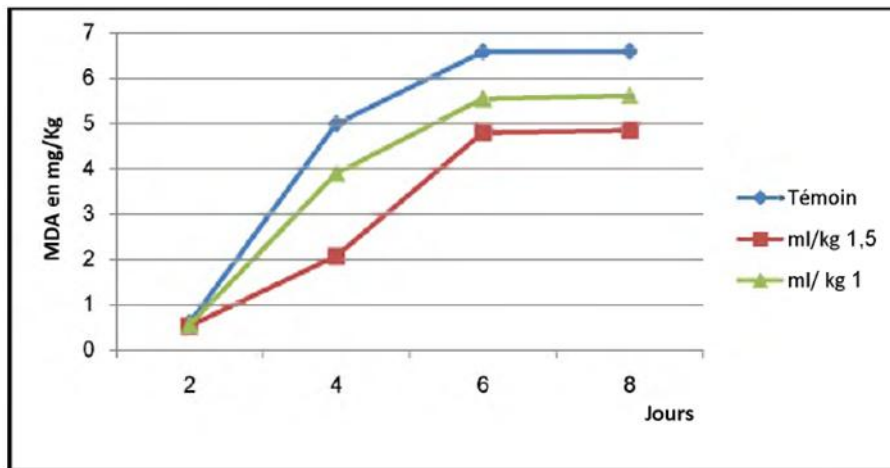


Figure 18 : Variation de la teneur en MDA de trois échantillons du Djben en fonction du temps de stockage à une température de 63°C.

4.3. Analyse sensorielle

4.3.1. Test hédonique

Il mesure le degré d'appréciation du *Djben* fabriqué à base de lait de chèvre. On se sert d'échelles de catégories allant de «n'aime pas du tout» à «aime beaucoup».

Après l'évaluation des trois fromages, les résultats sont présentés dans le tableau(10), et soumis à l'analyse de la variance (ANOVA) (Annexe III).

Tableau 10 : Résultats par catégorie du test hédoniques

les trois échantillons fromages					
Dégustateurs	A	B	C	Dégustateur Total	Dégustateur Moyenne
1	9	1	5	15	5
2	2	5	7	14	4,67
3	9	5	1	15	5
4	9	9	9	27	9
5	1	5	9	15	5
6	6	7	8	21	7
7	1	9	5	15	5
8	6	6	8	20	6,67
9	9	5	1	15	5
10	9	9	9	27	9
11	8	6	1	15	5
12	9	5	3	17	5,67
Total traitement	78	72	66	216	
Grand total					
Moyenne Traitement	6,5	6	5,5		

L'Analyse de la variance a indiqué qu'il y avait pas des différences significatives entre les trois échantillons du *Djben* (témoin et aromatisés), Afin de déterminer quels échantillons de *Djben* meilleur les uns des autres, on a procédé à un test de comparaisons multiples de Duncan (Annexe III)

Les trois échantillons du <i>Djben</i>	L'aromatisé par HE de thym		
	Témoin	1ml/kg	1,5ml/kg
Moyennes de traitements	6,5	6	5,5

Après le calcul des écarts, les résultats montrent que les différences ne sont pas significatives entre les moyennes au niveau de la probabilité de 5 % (Annexe III).

Les dégustateurs ont préféré de façon non significative, à tous les échantillons, le *Djben* témoin ; ils en furent de même pour l'échantillon de *Djben* aromatisé par 1ml/kg d'huile essentielle de thym par rapport au autre *Djben* aromatisé par 1,5ml /kg.

Le degré d'acceptabilité des *Djben* incorporés de l'HE de Thym auprès des dégustateurs est maintenu, et cela du fait qu'il n'y avait pas de différence significative pendant le classement des trois *Djben* étudiées.

4.3.2. Test de classement par rang

Pour classer les échantillons du *Djben* codés en fonction de l'intensité d'une caractéristique donnée (absence odeur de chèvre, Saveur piquant, Arrière goût persistant, Intensité d'arôme de thym). L'échantillon qui a eu la meilleure note était classé '1', la mauvaise note '3' et la moyenne '2'.

Après le classement des trois échantillons, les résultats sont présentés dans des tableaux où la loi de Khi 2 est appliquée (Annexe III).

Le test de classement par rang montre qu'il y a une différence significative entre les trois échantillons pour tous les critères donnés.

Nous pouvons dire que l'HE de *thymus numidicus* a joué le rôle d'un aromatisant car il a pu masquer l'odeur de chèvre indésirable dans le *Djben*. Par contre, l'intensité d'arôme de thym qui a été jugé élevée a déclassé le *Djben* à 1.5ml/kg en troisième position et celui à 1ml/kg en deuxième position vu son arrière-goût persistant et sa saveur piquante.

Conclusion et perspectives

En raison de l'utilisation de thym en médecine traditionnelle, cette étude visait l'incorporation des HE de thymus numidicus, dans un produit laitier traditionnel (Djben) pour évaluer son effet antibactérien, antioxydant et aromatique.

Au cours de cette étude, nous avons pu dégager les conclusions suivantes :

Le rendement en huile essentielle de thymus numidicus obtenu par hydrodistillation est de l'ordre de 2,3%. Le lait de chèvre utilisé est de très bonne qualité microbiologique, tous les résultats obtenus sont conformes aux normes.

L'analyse physico-chimique de Djben fabriqué montre qu'il est riche en matières grasses (31.1g/kg) ce qui le rend vulnérable à l'oxydation lipidique.

La microbiologie du Djben est principalement dominée par les FMAT (1,10.10³ UFC/g), les Coliformes totaux (6,18.10² UFC/g). Les germes de la contamination fécale (coliformes fécaux), les germes pathogènes et la flore fongique sont totalement absents. Ceci indique que notre fromage est de très bonne qualité hygiénique.

Les différents essais concernant l'élaboration de fromage frais (Djben) additionnées de l'huile essentielle de thymus numidicus ont été réalisés en élaborant deux échantillons de Djben avec des concentrations de 1ml/kg et 1,5ml/kg.

Les résultats du suivi de l'évolution de la qualité hygiénique des fromages élaborés pendant 16 jours ont montré que l'ajout des huiles essentielles de thymus numidicus au Djben présente un effet léger sur la flore bactérienne (FTAM), un effet moyen sur les coliformes totaux mais réduit notablement le nombre de coliformes fécaux et celui des levures et moisissures. Les HE de thymus numidicus ont pu jouer le rôle d'un conservateur dans le Djben à des concentrations de 1ml/kg et 1.5ml/kg, et elles ont pu prolonger la date de consommation du fromage à sept et dix jours respectivement. La date limite du Djben non incorporé étant de quatre jours seulement.

Les résultats de l'évaluation de la stabilité oxydative par le test de Schaal indiquent que les deux doses utilisées se sont révélées actives contre l'oxydation des lipides. Cependant, l'effet de la concentration reste déterminant ($p < 0.05$).

Cela indique que les fromages incorporés à l'huile essentielle de thymus numidicus sont plus résistants que le témoin vis-à-vis l'oxydation forcée et que le fromage à 1,5ml/kg d'HE est plus résistant que le fromage à 1ml/kg.

Sur le plan sensoriel, l'incorporation de l'huile essentielle de thym dans le Djben, pour des concentrations de 1ml/kg et 1,5ml/kg, a entraîné des différences significatives de point de vue aromatisation, et a donné des produits classés différemment avec le témoin.

D'après l'ensemble de ces résultats, nous pouvons conclure que les propriétés antimicrobiennes, antioxydante et aromatisantes des HE de thymus numidicus sont intéressantes et peuvent être exploités dans le Djben.

Comme complément à ce travail, il est souhaitable :

- De tester d'autres doses plus faibles qui ont des effets antibactériens, antioxydants avec une aromatisation acceptable par le consommateur ;
- D'isoler les bactéries lactiques du Djben et d'étudier leur comportement vis à vis l'huile essentielle de thymus numidicus ;
- D'identifier les constituants de l'huile essentielle de thymus numidicus ;
- De tester les HE de thymus numidicus sur d'autres produits alimentaires.



- Agnihotri A, Khatoon S et Shanta M.** (2003). Pharmacognostical evaluation of an antioxidant plant-Acorus calamus linn. *Nat. Prod. Sci.* 9(4)264-269.
- ALAIS C.** (1984). Science du lait. Principes des techniques laitieres. Ed. SEPAIC, 4eme edition, 814p.
- Alais, C.** (1984). La micelle de caseine et la coagulation du lait. In Science du lait : Principes des techniques laitieres. Paris : Ed. Sepaic, 1984, 4eme edition, 723-764p.
- Alais, C.et Linden, G.** (1997). Abrege de biochimie alimentaire.4eme edition. Masson. 248 p.
- Alais, C. et Linden, G.** (1997). Laites et produits laitiers. Abrege de biochimie alimentaire, 4eme edit. Masson. Paris, France, 167-212p.
- Alves d'Oliveira L.** (2007). Composition chimique du lait, [en ligne], Cours de l'Ecole Nationale Veterinaire de Lyon, Alimentation des Animaux, mis a jour le 27/02/2007,[<http://www2.vetlyon.fr/ens/nut/webBromato/cours/cmlait/compolai.html>] (consulte le 26/06/09).
- Alviano DS , Alviano CS.**(2009) Plant extracts: search for alternatives to treat microbial diseases. *Curr PharmBiotech.* 10: 106-21.
- Amazal.** (2010). Etude de l'activite antioxydante des saponines du tourteau de l'arganier. These de doctorat. Universite de Rabat, 67
- Amiot J.** (2005) Thymus vulgaris, un cas de polymorphisme chimique pour comprendre l'ecologie evolutive des composees secondaire. *Thèse de doctorat-Ecole nationale supérieure d'Agronomie de montpellier*
- Anonyme, B.** (1989). Guide National des Bonnes Pratiques en Production Fromagere Fermiere, 2eme edition, 1998. Document de formation pour la Federation Nationale des Eleveurs de Chevres, la Federation Nationale des Producteurs de Lait et la Federation Nationale Ovine.
- Aquilanti L, Babini V, Santarelli S, Osimani A, Petruzzellia A, Clementi, F.** (2011). Bacterial dynamics in a raw cow's milk Caciotta cheese anufactured with aqueous extract of *Cynara cardunculus* dried flowers. *Letters in Applied microbiology*, 52, 651 - 659p.

B

Balladin D.A , Headley O. (1999). Evaluation of solar dried thyme (*Thymus vulgaris* Linne) herlos. *Renewable Energy*. 17: 523-531.

Banks, W. (1991), Milk lipids, *International Dairy Federation*, Bull, 260, 3-6p.

Barbano D.M, and Rasmussen, R. (1992). Cheese yield performance of fermentation-produced chymosin and other milk coagulants *J.dairy Sci.* 75:1-12.1992

Belaiche P.(1979). Traite de phytotherapie et d'aromatherapie. L'aromatogramme Tome I, Edition Maloine.

Belhattab R. (2007). Composition chimique et activite antioxydante, antifongique et antiaflatoxinogene d'extraits de *Origanum glandulosum Desf* et *Marrubium vulgare* L.(Famille des Lamiaceae). These de Doctorat d'etat, UFA-Setif, Algerie.

BELLIVIER A.C , GABORIT P. (2000). Lipolyse naturelle du lait de chevre et qualite organoleptique des fromages. *Renc Rech Rumin*, 7_:315-319.

BENKERROUM N , TAMIME A.Y. (2004). Review: Technology transfer of some Moroccan traditional dairy products (*lben*, *jben* and *smen*) to small industrial scale. *Food Microbiol.*, 2004, 21, 399-413

Benkerroum, N , Tamime, B. (2004). A.Y. (2004). Technology transfer of some Moroccan traditional dairy products (*lben*, *jben*, *smen*) to small industrial scale. *Food Microbiol.* 21: 399-413p.

Botineau M. (2010). Botanique systematique et appliquee des plantes a fleurs. Ed TEC&DOC, Lavoisier, Paris. 1021-1043p.

Bouadjaib S. (2013). Etude physico chimique du produit laitier traditionnel du Sud algerien «*Jben*» recherche du pouvoir antimicrobien des bacteries lactiques. Memoire de fin d'etudes en vue de l'obtention du diplome de Master, Option Microbiologie, Universite de Tlemcen, 80p.

Boubrit S et Boussad N. (2007). Determination in vitro du pouvoir antibacterien des huiles essentielles d'eucalyptus, myrte, clous de gerofle et sarriette, et leur application a la conservation de la viande fraiche type hachee, Universite Mouloud Mammeri Tizi-ozou, Ingeniorat d'etat en biologie.

Bougatef A , Hajji M , Lassoued I , Triki-Ellouz Y. and Nasri M. (2009). Antioxidant and free radical-scavenging activities of smooth hound (*Mustelus mustelus*) muscle protein hydrolysates obtained by gastrointestinal proteases. *Food. Chem*, 114, pp: 1198-1205

Bousbia N. (2004). Extraction et identification de quelques huiles essentielles (nigelle, coriandre, origan, thym, romarin), et de leurs activités antimicrobiennes. Thèse de Magistère, option Sciences Alimentaires, Institut National Agronomique, Alger (Algérie)

Boutonnier J-L. (2012). Fabrication du fromage fondu, Techniques de l'Ingénieur, f6310, Paris-France, 14 p.

Branger A. (2012), Fabrication de produits alimentaires par fermentation : l'ingénierie, f3501, Paris-France, 17p.

Brugere H. (2003). Cours sur le lait et les produits laitiers, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, 2003.

Brule G. (1987). Les minéraux. In : CEPIL. Le lait matière première de l'industrie laitière, 1987. CEPIL-INRA, Paris.

Brule G, Lenoir J, et Ramet J.P. (1997). Les mécanismes généraux de transformation du lait en fromage, chapitre I, la micelle de caseine et la coagulation du lait. Pp. 7 à 39. Dans le fromage. Coord. ECK A., et GILLIS J.C. 3ème édition Tec et Doc. Lavoisier. 875p.

Brule, G. Lenoir, J. et Remeuf. (1997). La micelle de caseine et la coagulation du lait dans le fromage. Ed., Eck A., 3ème édition Tec et DOC Lavoisier, Paris, 7-41p.

Bruneton J. (1993). Pharmacognosie : phytochimie, plantes médicinales. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.p: 915.

Burt S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods: a review. *Int. J. Food Microbiol.* 94: 223-253

Burt S. A. et Reinders R. D. (2003) Antibacterial activity of selected plant essential oils against *Escherichia coli* O157:H7. *Lett Appl Microbiol.* 36(3):162-7.

C

Caccionni D, Guizzardi M, Biondi D, Agantio R et Guiseppe R. (1998). Relationship between volatile components of citrus fruit essential oils and antimicrobial action on *penicillium digitatum* and *penicillium italicum*. *International J. Food Microbiol.* 43(12), 73- 79.

Caillet S. & Lacroix M. (2007). Les huiles essentielles: leurs propriétés antimicrobiennes et leurs applications potentielles en alimentaires. Laboratoire de Recherche en science appliquées à l'alimentation (RESALA) de l'INRS- institut

Armand-Frappier, Université de Laval (Québec).

Chamba J.F, et Irlinger F. (2004). Secondary and adjunct cultures. In *Cheese, Chemistry, Physics and Microbiology*, Vol. 1 General Aspects, P. F. Fox, P. McSweeney, T. M. Cogan, and T. P. Guinee, p. 191-206. London, UK : Elsevier Academic Press Inc. 191-206p.

Charron G. (1986). Les produits laitiers. Techniques et documentation Lavoisier.

Choisy C, Desmazeaud M.J, Gripon J.C, Lambert G, et Lenoir, J. (1997). La biochimie de l'affinage dans le fromage. *3ème édition Tec et Doc Lavoisier*, 86-153, 875p.

Clarisse B. Vincent F. Isabelle G.Q. (2006). Syndicat National des Industries Aromatiques Alimentaires. (S.N.I.A.A.) Article paru dans la revue « Industries Alimentaires et Agricoles », Juin 2006 18 rue de la Pépinière, 75008 PARIS.

Collomb M. et Spahni M. (1996). Revue de méthodes de dosage des produits d'oxydation des lipides, principalement des lipides des produits laitiers. *Schweiz. Milchw. Forschung*, 25 (1/2), pp. 3-24.

Conner D.E. (1993). Naturally occurring compounds. IN: Antimicrobials in food. DAVIDSON P, BRANEN AL, MARCEL DEKKER publishing company New York.

Corcy J.C. (1991), La Chevre. Edition La Maison Rustique, 180-197p.

Cosentino S, Tuberoso C. I. G, et al(1999). In-vitro antimicrobial activity and chemical composition of Sardinian Thymus essential oils. *Lett Appl Microbiol.* 29(2): 130-5.

Cox SD , Mann CM , Markham JL , Bell HC , Gustafson JE , Warmington JR. and Wyllie SG. 2000. The mode of antimicrobial action of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil). *Journal of Applied Microbiology.* 88: 170-175.

Creppy E. (2002). Update of survey, regulation and toxic effects of mycotoxins in Europe. *Toxicology Letters.*, 127: 19-28p.

Crete P. (1962) *Precis de botanique.* Tome I.

D

Dalgleishd G. Fox P. (1997). The enzymatic coagulation of milk. In advanced dairy chemistry VI proteins. Ed. British library cataloguing in publication Data. Pp 579 a 619. 409 p.

- Daoudi, A.** (2006). Qualite d'un fromage local a base de lait de chevre, memoire de fin d'etude en vue de l'obtention de diplome de magister, Option science alimentaire, Universite *Hassiba Ben-Bouali-Chlef*.127p
- Daroui-Mokaddem H.** (2011). Etude phytochimique et biologique des especes : *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae), *Smyrniololus atrum* (Apiaceae), *Asteriscus maritimus* et *Chrysanthemum trifurcatum* (Asteraceae). These de Doctorat. Option : Biochimie applique. Universite Badji-Mokhtar, Annaba.
- Deak T.** (2008). *Yeast in specific types of foods*. In : *Handbook of food spoilage Yeasts*, Deak, T. (ED.). 2nd Edn, CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton.
- Desjobert J. M., Bianchini A., Tommy P., Costa J. et Bernardini A. F.** Etude d'huiles essentielles par couplage chromatographie en phase gazeuse / spectrometrie de masse. Application a la valorisation des plantes de la flore Corse. *Analysis* 1997; 25 (6) : 13-16.
- Deysson G.** (1978). Organisation et classification des plantes vasculaires. Edt. Sedes. Paris.
- Didry N, Dubreuil L. et al.** (1993). Activite antibacterienne du thymol, du carvacrol et de l'aldehyde cinnamique seuls ou associes. *Pharmacize* ; 48: 301-4.
- Djenane D., Lefsih K., Yanguela Y. & Ronkales P.** (2011c). Composition chimique et activite *anti-salmonella Enteridis* CECT 4300 des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus*, *Lavandula angustifolia* et *Satureja hortensis*; Tests in vitro et efficacite sur les oeufs entiers liquides conserves a 7 • }1C°. *Phytotherapie* (accepte pour publication).
- Djenane D., Yanguela Y. Gomez., & Ronkales P.** (2011d). Perspectives on the use of essential oils as antibacterials against *Campylobacter jejuni* CECT7572 in retail chicken meats packaged in microaerobic atmosphere. *Journal of food* (Submitted).
- Dob T, Dahmane D, Chelghoum C.** (2006). Studies on the essential oil composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Thymus algeriensis* Boiss et Reuter- *The International Journal of Aromatherapy*; Vol. 16; pp 95-100.
- Dobravalskyte D., Vensktonis P.R., Talou T.** (2012). Antioxidant properties and essential oil composition of *Calamintha grandiflora* L. *Food Chemistry* 135: 1539-1546.
- Dongmo P.M.J, Tchoumboungang F, Ndongson B, Agwanande W, Sandjon B, Zollo P.H.A, & Menut C.** (2010). Chemical characterization, antiradical, antioxidant and anti-inflammatory potential of the essential oils of *Canarium schweinfurthii* and *Aucoumea klaineana* (Burseraceae) growing in Cameroon. *Agric. Biol. J. N. Am.*, 1 (4): pp. 606-611.

Dorman H. J. D. et Deans S. G. (2000) Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *J Appl Microbiol* ; 88(2): 308-16.

Drogoul, C. Germain, H. (1998). *Sante animale ovin, bovin, caprin*, 1ere edition. **Dijon** : Edition Educagri, 43-53p.

Duraffourd C, D'Hervicourt L, Lappraz J.C.(1990). *Cahiers de phytotherapie clinique. Examen de laboratoire galenique. Elements therapeutiques synergiques.* 2eme edition Masson (Paris); 87 pp.

E

Eck, A. (1975). *Le lait et l'industrie laitiere.* Imprimerie des presses universitaires de France Vendome. 127 p.

Eck, A. (1975). *Le lait et l'industrie laitiere.* Imprimerie des presses universitaires de France Vendome. 127 p.

Eck, A. et Gillis, J.C. (1997). *Les agents de transformation du lait. Le fromage.* 3eme ed, Tec et Doc Lavoisier. Paris, pp 6-189,891.

El Marnissi B. Bennani L. El oulali lalami A. Aabouch M. Belkhou R. (2012). Contribution a l'etude de la qualite microbiologique de denrees alimentaires commercialisees a Fes-boulemane. *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn.*, 6 : 98- 117p.

EL Marrakchi A, Hamama A, (1996). *Aspects hygiéniques du fromage frais de chèvre : perspectives d'amélioration de la qualité.* In, Thomas L. & Dubeuf J.P. (eds), journées professionnelles sur les perspectives de developpement de la filiere lait de chevre dans le bassin mediterraneen. Une reflexion collective appliquee au cas Marocain, 5-7 Octobre 1995, Chefchaouen, Maroc. Production et Sante Animales. Rome : FAO, N° 131.

Emmons D.B and Binns M.(1990). Cheese yield experiments and proteolysis by milk-clotting enzymes *J. Dairy sci.* 73: 2028-2043p.

Ernstrom C.A and Wongt N.P.(1983). Milk clotting enzymes and cheese chemistry. In: *Fundamentals on dairy chemistry.* Ed., B.H. Webb, A.H. Johnson and J.A. Alfold .2eme ed., the Avi publishing Company Inc, p. 662-771, 929p.

F

Faid M, Touraibi A, Tantaoui-Elaraki A. Breton A. (1992). Characterization of Yeasts and Moulds isolated from Moroccan butter. *Microbiol. Alim., Nutr.*, 10 : 273-278p.

FAO. (1990). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. *Collection FAO/Alimentation et Nutrition*, 2, 23 p.

Fine DH, Furgang D, Barnet ML.(2001). Comparative antimicrobial activities of antiseptic mouthrinses against isogenic planktonic and biofilm forms of actinobacillus actinomycetemcomitans. *J Clin Periodontol.*28: 697-700.

Floegel A, Kim D.O, Chung S.J, Koo S.I and Chun O.K. (2011). Comparison of ABTS/ DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. *Journal of Food Composition and Analysis* 24, pp: 1043-1048.

Fox, P.F., et Mc Sweeney, P.L.H., (2004). Cheese an overview. In *Cheese: Chemistry Physics and Microbiology*, general aspects, third edition. 1: 1 -8p.

Frankel E. N. (2005). Lipid oxidation (2nd edition). The Oily Press, Bridgewater, UK. Fulghum, R. S., and J. M. Worthington. 1984. Superoxide dismutase in ruminal bacteria. *Appl. Environ. Microb.* 48:675-677.

G

Garnero J., 1996 : Huiles essentielles. Techniques de l'ingenieur K345 pp 1-45.

Gayda A. (2013). These de doctorat etude des principales huiles essentielles utilisees en rhumatologie . Universite toulouse III Paul sabatier, 60 ,p

Ginseng. (2013). [mr-ginseng.com /thym/](http://mr-ginseng.com/thym/).

Golmakani M.T, Rezaei K. (2008). Comparison of microwave assisted hydrodistillation with the traditional hydrodistillation method in the extraction of essential oils from *Thymus vulgaris* L. *Food Chemistry* 109: 925-930.

Gounelle H, Astier-Dumas M. (1980). Les additifs alimentaires et le consommateur, 17p.

Grappin. (1981). Etude des laits de chevre : teneur du lait de chevre en matiere grasse, matiere azotee et fractions azotees, *Lait*, 1981, 61, 117-133p.

Guerin-Faubleee V et Carret G. (1999). L'antibiogramme, principes, methodologie,

interet et limites. Journées Nationales GTV- INRA, 5-12.

Guignard J. L, Dupont F. (2004). Botanique: Systematique moleculaire. *13^{ème} éd. Masson, pp237.*

Guinoiseau E. (2010). Molecules, antibacterienne issues d'huiles essentielles : separation, identification et mode d'action. These de Doctorat de l'Universite de Corse, option : Biochimie- Biologie moleculaire, France. 50p.

Guiraud J.P. (2003). Microbiologie alimentaire. Ed. Paris : *DUNOD*, 651, 653p.

H

Haddaf Y, Kaloustian J, Giordan R, Regli P, Chefrou A, Abou L, Mikail C.

Portugal H. (2004). Composition chimique et activite antifongique des huiles essentielles de *Thymus vulgaris* L. et de *Thymus numidicus* Poiret d'Algerie. 6 symposium international d'aromatherapie scientifique et plantes medicinales, Grasse, France.

Haddouchi F, Lazouni h, Ahammer K.A, Carson C.F et Riley T.V. (1999). Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. *Journal of Applied Microbiology*, 86, 985-990.

Haenlein G.F.W. (2004). Goat milk in human nutrition. In *Small Ruminant Research*. 51: 155- 163p Published by Elsevier Science B.V.

Hamama A. (1988). Qualite bacteriologique des fromages frais marocains. *Options Méditerranéennes*, Serie Seminaires, 1988, 6, 223-227p.

Hamama A. (1997). Improvements of the manufacture of traditional fermented products in Morocco: case of jben (Moroccan traditional fresh cheese). Dans: Dirar, H.A. (Ed.), Emerging Technology Series, Food Processing Technologies for Africa. UNIDO, Vienna, pp. 85-102.

Hammer KA, Carson CF , Riley TV. (1999). Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. *J. Appl. Microbiol.* 86: 985-990.

Hazzit M., Baaliouamer A., Verissimo A.R., Faleiro M.L., Miguel M.G. (2009). Chemical composition and biological activities of Algerian Thymus oils. *Food chemistry* 116: 714-721.

Hinneburg, I. Damien Dorman, H.J. Hiltunen N. (2006). Antioxydants activities of excracts from selected culinary herbs and spices. *Food chemistry*, 97, 122-129p.

hospitaliers de France : exemples d'applications en gériatrie gériatologie et soins palliatifs, page 27, 2014

Hoyland D.V & Taylor A.J.A. (1989). modified distillation method for the detection of fat oxidation in foods international journal of food science and technology, 24, 153-161.

Hudaib M, Speroni E, Pietra A.M.Di, Cavrini V.(2002) GC/MS evaluation of thyme(*Thymus vulgaris* L.) oil composition and variation during the vegetative cycle. Journal of Pharmaceutical Biomedical Analysis. 29, 691-700.

I

Institut de l'élevage. (2003). Resultats de controles laitiers - Espece caprine, 2003b, [en ligne]. Site de l'institut de l'élevage. URL : [http://www. inst-elevage.asso.fr/](http://www.inst-elevage.asso.fr/) (page consultee le 05/08/04).

J

Jeantet, R. Croguennec, Schuck, P. et Brule, G. (2006). Science des aliments. *Volume 2, Technologies des produits alimentaires, Tec & Doc, Lavoisier, Paris.* 4055, 456p

JENNESS R.J. (1980) : Composition and characteristics of goat milk : a review. *J. Dairy Sci.*,63, 1605-1630.

K

Kabouche A. (2005). Etude phytochimique de plantes medicinales appartenant a la famille des Lamiaceae, Universite Mentouri-Constantine. P 289-285.

Kalemba D, Kunicka A. (2003). Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Current Med Chem.* 10(10): 813-29.

Kaur C and Kapoor H. C. (2002). Antioxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. *Food. Sci. Technol.* 37, pp : 153-161

Kehal F. (2013). Utilisation de l'huile essentielle de *Citrus Limon* comme agent conservateur et aromatique dans la creme fraiche. Universite constantine . 47,p

Khelfallah A. (2013). Etude comparative du contenu phenolique et du pouvoir antioxydant de quelques plantes medicinales et des cereales alimentaires. Universite Constantine 1.

Kim, S. Y. Guasekaran, S. et Olson, N.F. (2004). Combined use of chymosine and

protease from *Cryphonectria parasitica* for control of meltability and firmness of cheddar cheese. *J. Dairy Sci.* 87: 274-283p.

Kim, S. Y. Guasekaran, S. et Olson, N.F. (2004). Combined use of chymosin and protease from *Cryphonectria parasitica* for control of meltability and firmness of cheddar cheese. *J. Dairy Sci.* 87: 274-283p.

Knobloch K.A, Pauli B, Iberl H, Weigand N, Weis. (1989). Antibacterial and antifungal properties of essential oil components. *J. of Ess. Oil Res.* 1: 119-123.

Kurita N, Koike S. (1982). Synergetic antimicrobial effect of sodium chloride and essential oils components. *Agric. Bil. Chem.* 46: 159-165.

L

Lahlou M. (2004). Methods to study phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytother Res*; 18: 435-48.

Lambert R. J. W., Skandamis P. N., et al. A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *J App Microbiol* 2001; 91(3): 453-62.

Le Jaouen J.C. (1990), Les enjeux de la qualite, *Réussir la chèvre*, 1990, 179, 19-21. 68p

Le Jaouen J.C. (2002), Profil des acheteurs de fromages de chevre, *Réussir la chèvre*, 2002, 252, 18-19p.

Le Jaouen, J.C. (1977). La fabrication du fromage de chevre fermier. *Institut Technique de l 'Elevage ovin et caprin. ITOVIC, Paris.* Pp 18-37, 214p

Le Jaouen, J.C. (1986), Composition du lait et de nombreux facteurs, *La chèvre*, 1986, 153, 10-13p.

Lopez-Aliaga I, Diaz-Castro J, Alferez M.J.M, Barrionuevo M et Campos M.S. (2010). A review of the nutritional and health aspects of goat milk in cases of intestinal resection. *Dairy Sciences and Technology* 90: 611-622p.

Lorrain E. (2013). 100 questions sur la phytotherapie. Ed. La boetie, Italie.

Loziene K, Venskutonis P.R, Sipailiene A, Labokas J.(2007). Radical scavenging and antibacterial properties of the extracts from different *Thymus pulegioides* L. chemotypes - *Food Chemistry*; Vol. 103; pp 546-559.

Lu F & Foo L.Y. (2001). Antioxidant activity of polyphenols from sage (*Salvia*

officinalis). *Food Chemistry*. 75, p:197-202.

Lucey, J.A. Roginski, H. Fuquay, J. (2002). Rennet coagulation of milk. In encyclopedia of dairy science. FOX Ed ELSEVIER. Pp 286 a 293. 378p.

M

Mahaut M, Korolczuk J, PANNETIER R, MAUBOIS J.L. (1986). Elements de fabrication de fromage de type pate molle de lait de chevre a caractere lactique par ultrafiltration de lait acidifie et coagule. *Techn. LaitMarket.*, 1986, 1011, 24-28.

Malecky, M. (2007). Metabolisme des terpenoides chez les caprins. *Thèse de doctorat*. Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParisTech). Paris, 206 p.

Mann C.M et Markham J.L. (1998). A new method for determining the minimum inhibitory concentration of essential oils. *Journal of Applied Microbiology*, 84, 538-544.

Mansour et Alais, C. (1971). Le mecanisme de salage des fromages en saumure, revue laitiere francaise n° 290. Pp 641 a 645.

Martinez-Tome, M. Jimenez, A. Ruggieri, S. Frega, N. Stabbiolir, and Murcia, M. (2001). Antioxidant properties of Mediterranean spices compared with common food additives. *Journal of food protection*, 64, 1412-1419.

Mathieu J. (1998) - *Initiation à la physicochimie du lait*. Paris : Lavoisier, « Tec et Doc », 220 p.

Melanie T, Chimiste M. (2001). Profil des produits forestiers premiere transformation « huiles essentielles » Ministre des ressources naturelles. 21p.

Meffe N. (1994) La lipolyse dans le lait de vache : bien comprendre les mecanismes et les causes pour mieux la prevenir. *Rec. Med. Vet.*

Mennane Z. Khedid K. Zinedine A. Lagzouli M. Ouhssine M. and Elyachioui M. (2007). Microbial Characteristics of *Klila* and *Jben* Traditionnal Moroccan Cheese from Raw Cow's Milk. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 27, pp 23-27

Mennane Z, Ouhssine M, Khedid K, Elyachioui M. (2007). Hygienic quality of raw cow's milk feeding from domestic waste in two regions in Morocco. *Int.J.Agric, Biol.*, 9: 46-48p.

Molyneux P. (2004). Use of DPPH to estimate antioxidant activity. *Songklanakarinn J. Sci.Technol.* Vol. 26 N° 2. 212p.

Morales R. (1997). Synopsis of the genus *Thymus* L. in the mediterranean area.

Logascalia, 19:249-262.

Morand-FEHR P., LE JAOUN J.C., BUOGLER J., DELAHEY G. et DEMONTIGNY G. (1976). *Caprins*, 3_ : 12-19.

Morgan F. (2001). Lipolyse du lai de chevre et qualite organoleptique des fromages. *Le lait*, 609 : 36-37.

Morrissey, P. (1995). Lactose : chemical and physicochemical properties. In: FOX, PF. *Developments in dairy chemistry -3*, 1995. Elsevier, London

N

Naghdi B.H, Yazdani D, Mohammad Ali S, Nazari F, (2004) Effects of spacing and harvesting time on herbage yield and quality/quantity of oil in thyme, *Thymus vulgaris* L-Industrial Crops and Products; Vol. 19; pp 231-236.

Nicole D. (2008). Les huiles essentielles. Cercles naturalistes de Belgique. Section les sources. pp: 1-3.

Nouani A. Dako E. Morsli A. Belhamiche N. Belbraouet S. Bellal M. et Dadie A. (2009). Characterization of the purified coaguland extracts derived from artichoke flowers (*Cynara scolymus*) and from the fig tree latex (*Ficus carica*) in light of their use in the manufacture of traditional cheeses in Algeria. *International Journal of Food Technology* 7: 20-29p.

O

Ormeno E, Fernandez C, Mevy J.P. (2007) Plant coexistence alters terpene emission and content of Mediterranean species- *Phytochemistry*; Vol. 68; pp 840852.

Osman A.M. (2011). Multiple pathways of the reaction of 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical (DPPH*) with (+)-catechin: Evidence for the formation of a covalent adduct between DPPH* and the oxidized form of the polyphenol. *BiochemicalandBiophysicalResearch Communications* 412, pp : 473-478.

Ouadghiri M. (2009). *Biodiversité des bactéries lactiques dans le lait cru et ses dérivés « Lben » et « Jben » d 'origine marocaine*. These de doctorat : Universite Mohammed V - Agdal, Faculte Des Sciences -Rabat (Maroc).

P

- Padrini F, Lucheroni M.T.** (1996). Le grand livre des huiles essentielles: Guide pratique pour retrouver vitalite, bien-etre et beaute avec les essences et l'aromomassage energetique avec plus de 100 photographies. *Ed. De Vecchi*, pp 15.
- Parente E. et Cogan T.M.** (2004). Starter cultures: general aspects. In: Fox, P. F., McSweeney P. L. H., Cogan T. M. et Guinee, T. P. (Eds.), *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, Vol. I. Chapman and Hall, London, 123-148p..
- Park Y.W.** (2006). Goat milk-chemistry and nutrition, in Park et Haenlein (eds) *Handbook of milk of non-bovine mammals*, pp: 34-58, Blackwell Publishing Professional, USA.
- Pedersen J. A.** (2000). Distribution and taxonomie implications of some phenolics in the' family Lamiaceae determined by ESR speetroscopy. *Biochem. Syst. Ecol.*, 28 : 229 - 253.
- Peron L., Richard H.**(1992). Epices et aromates, techniques et documentations Lavoisier.
- PEYRON L.** (1992). Techniques classiques actuelles de fabrication des matieres premieres naturelles aromatiques. Chapitre 10, pp 217 - 238. *Cité In : Les aromes alimentaires*.Coordinateurs RICHARD H. et MULTON J.-L. Ed. Tec & Doc Lavoisier et Apria.438 p.
- Pibiri M.C.** (2006). Assainissement microbiologique de l'air et des systems de ventilation au moyen d'huiles essentielles. These Doctorat, EPFL Lausanne, 161p.
- Pierre Van de Weghe.** (2012). Equipe produits naturels, synthese, chimie medicinale (bat5, rdc) pierre.van-de-weghe@univ-rennes1.fr. 15-17p.
- Pierron C.** Les huiles essentielles et leurs experimentations dans les services
- Popovici C, Saykova I. et Tylkowski B.** (2009). Evaluation de l'activite antioxydante des composes phenoliques par la reactivite avec le radical libre DPPH. *Revue de Génie Industriel* 4, pp : 25-39.
- Poznanski E, Cavazza A, Cappa F and Cocconcelli P. S.** (2004). Alpine environment microbiota influences the bacterial development in traditional raw milk cheese. *Int. J. Food Microbiol.* 92: 141-151p.

Prakash A. (2001). Antioxidant activity. *Medallion Laboratories analytical progress*. Vol. 19, M 2. 2p.

Q

Quezel P, Santa S. (1963). Nouvelle Flore de l'Algerie et des Regions Desertiques Meridionales. Tome II. Edition du centre national de la Recherche Scientifique. 15, quai Antole-France- Paris 7e.

R

Ramet, J.P. (1985). La fromagerie et les varietes du bassin mediterranees. 187 p.

Ramet, J.P. (1997). Les agents de transformation du lait; la presure et les enzymes coagulantes In: Le fromage. Ed., A. Eck, 3eme ed. Technique et documentation Lavoisier, p.101-107, 539p.

Ramet, J.P.: La fromagerie et les varietes de fromages du bassin Mediterranee, etude FAO production et sante animales 48 M-26 ISBN 92-5-202169-8

Rao M. B, Tanksale A. M, Ghatge M. S and Deshpande V. (1998). Molecular and Biotechnological Aspects of Microbial Proteases *Microbiology and Molecular Biology Reviews* Vol. 62, N°. 3: 597-635p.

Rasooli I, Rezaei M.B, Allameh A. (2006). Ultra-structural studies on antimicrobial efficacy of thyme essential oils on *Listeria monocytogenes*- *International Journal of Infectious Diseases*; Vol. 10; pp 236-241. 2006

Remeuf F. Guy R. Brignon G. Grosclode F. (2001). Influence de la teneur en caseine B sur les caracteristiques physicochimiques et l'aptitude a la coagulation enzymatique du lait de chevre. *Lait*, 81, 731-742p.

Remeuf F. Le Noir J. et Duby C. (1989). Etude des relations entre les caracteristiques physico-chimiques des laits de chevre et leur aptitude a la coagulation par la presure. *Lait*, 69, 499, 518p.

Richardson G.H. (1975). Rennin and the formation of milk curd In: *Enzymes in food processing*. Ed., G.Reed. Academic press, p. 362-391, 573p.

Roseiro L.B, Barbosa M, Ames J, Wilbey R.A. (2003). Cheesemaking with vegetable coagulants the use of *Cynara L.* for the production of ovine milk cheeses. *International Journal of Dairy Technology*, 56, 76-85.

S

- Saidj F.** (2006). Extraction de l'huile essentielle de thym: *Thymus numidicus* kabylica- These de magistere en Technologie des hydrocarbures, Departement genie des procedes chimiques et pharmaceutiques; universite M'Hamed Bougara -Boumerdes.
- Salmeron J, de Vega C, Perez-Elortondo F.J, Albisu M and Barron L.J.R.** (2002). effect of pasteurisation and seasonal variations in the microflora of ewe's milk for cheese making. *Food Microbiol.* 19: 167-174.
- Santner A, Binder E and Brandl E.** (1980). Zur Bestimmung der oxidationsstabilitat von vollmilchpulver .I. Optelmierung eines Methodenvor-Schlagsm Osterreich-Milchwirt-Schaft, 3 (6), 15-21.
- Santos F S R, Novales M G M.** (2012).Essential oils from aromatic herbs as antimicrobial agents. *Curr Opin Biotech.* 23:136-41.
- Settanni L et Moschetti G.** (2010). Non-starter lactic acid bacteria used to improve cheese quality and provide health benefits, *Food Microbiology*, 27:691-697.
- Sharing K.** (2005). Cultures a haute valeur commerciale. Le centre technique de cooperation agricole et rurale. Pay Bas. 39p.
- Simionatto E, Bonani V.F.L, Morel A.F , Poppi N.R, Ju nior J.L.R, Stuker C.Z, Peruzzo G.M, Peres M.T. and Hess S.C.** (2007). Chemical composition and evaluation of antibacterial and antioxidant activities of the essential oil of *Croton urucurana* Baillon (Euphorbiaceae) Stem Bark. *J. Braz. Chem. Soc.*, Vol. 18, N°5, pp. 879-885.
- Sing R, Marimuthu P, De Heluani C.S & Catalan Ceser A.N.** (2006). Antioxidant and biocidal Activities of *Carum nigrum* (seed) Essential oil, Oleoresin, and Their Selected Components. *Journal o f Agricultural and Food Chemistry* .54, p:174-181.
- Sousa M.J, Malcata F.X.** (2002). Advances in the role of a plant coagulant (*Cynara cardunculus*) in vitro and during ripening of cheeses from several milk species. *Le Lait*, 82,151-170.
- Spiro M et Chen S.S.**(1994). Kinetics of Solvent Extraction of Essential Oil from Rosemary Leaves. *Flavor and Fragrance Journal.* 9, 187-200. 1994.
- St-Gelais D, Baba Ali O, Turcot S.** (2003), Composition du lait de chevre et aptitude a la transformation, 2000, [en ligne]. Site du ministere de l'agriculture et

agroalimentaire, du Canada. URL : http://res2.agr.gc.ca/crda/pubs/chevre200-goat2000_f.htm (page consultee le 17/11/2003).

St-Gelais D.D , Ould-Baba A.M. et Turcot S.M. (1999). Composition du lait de chevre et aptitude a la transformation. *Agriculture et Agro-alimentaire*, Canada, 133.

St-Gelais D. Tirard-Coller P. Belanger G. Couture R. et Drapeau R. (2002). Fromage. *In : Science et technologie du lait : transformation du lait* (Vignola C.L.). *Presses. Int. Polytechnique*. 349-407p.

T

Thomas L. et Dubeuf J.P. (1995). Les perspectives de developpement de la filiere lait de chevre dans le bassin mediterraneen. Une reflexion collective appliquee au cas marocain. Journee professionnelles des 5, 6 et 7 octobre organisee au Maroc par le ministere de l'agriculture et de la mise en valeur agricole avec le concours de la FAO et du CIRVAL. Etude FAO production et sante animales.

Thompson J.D, Chalchat J.C, Michet A, Linhart Y.B, Ehlers B.(2003). Qualitative and quantitative variation in monoterpene co-occurrence and composition in the essential oil of *Thymus vulgaris* chemotypes- *Journal of Chemical Ecology*; Vol. 29; N°4.

Tsuchiya H, Sato M, Miyazaki T, Fujiwara S, Tanigaki S, Ohyama M, Tanaka T, Linuma M. (1996). Comparative study on the antibacterial activity of phytochemical flavanones against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *J.Ethnopharmacol.* 50: 27-34.

V

Veisseyre R. (1979). Technologie du fromage: 3eme edition. Maison Rustique, 714 p.

Vignola C. (2002). Sciences et technologies du lait, transformation de lait. *Ecole Polytechnique de Montréal*, 599p.

Vivek K, Bajpai A, Kwang-Hyun Baek A et Sun Chul Kang B. (2012). Control of Salmonella in foods by using essential oils: A review. Dans : *Food Research International*, 45, Issue 2, pp. 722-734

W

Watts B.M, Ylimaki G.L, Jefery L.E, Elias L.G. (1991). Methode de base pour

l'évaluation sensorielle des aliments.116,117,120, p

Wendakoon C. N, Sakaguchi M. (1995). Inhibition of amino acid decarboxylase activity of *Enterobacter aerogenes* by active components in spices. *J. of Food Protection*. 58: 280- 283

Wootton-Beard P.C, Moran A and Ryan L. (2011). Stability of the total antioxidant capacity and total polyphenols content of 23 commercially available vegetable juices before and after in vitro digestion measured by FRAP, DPPH, ABTS and Folin-Ciocalteu methods.*Food Research International* 44, pp : 217-224.

Y

Yang J, Guo J and Yuan J. (2008). In vitro antioxidant properties of rutin .*LWT*.41, pp: 1060-1066.

Yanishlieva N.V.I and Marinova E.M. (1995). Effects of antioxidants on the stability of triacylglycerols and methyl esters of fatty acids of sunflower oil. *Food Chemistry*. 54, pp : 337-382.

Yildiz F. (2010). Développement et manufacture de yougurt et autres produits laitiers, CRC Press Taylor & Francis Group, USA, 435 p.

Z

Zaika L.L. (1988). Spices and Herbs - Their antimicrobial activity and its determination. *J Food Safety*. 9(2): 97-118.

Zinedine A. Faid M. Benlemlih M. Simard R. E. Lefebvre G. (1996). Microflore d'intérêt hygiénique et d'altération des produits laitiers traditionnels marocains [Microflore with sanitary and spoilage impact in Moroccan traditional dairy products]. *Société informations études et édition en nutrition et alimentation*.,14 : 331-338p.

I) Les analyses microbiologiques du *Djben*

Tableau(I) : Recherche et dénombrement des micro-organismes dans le *Djben* après l'incorporation de l'huile essentielle de *thym*

Germes UFC/g		FTAM	CT	CF	Staphylocoque	Salmonelle	LM
0ml/kg	J 1	$1,10.10^3$	$6,18.10^2$	0	0	0	0
	J4	$1,19.10^3$	$7,3.10^2$	0	0	0	0
	J7	$1,26.10^3$	$7,5.10^2$	$1,72.10^2$	0	0	$2,18.10^2$
	J10	$8,6.10^2$	$1,36.10^3$	$3,5.10^2$	0	0	$3,63.10^2$
	J13	$1,67.10^3$	$1,38.10^2$	5.10^2	0	0	$3,45.10^2$
	J16	$2,02.10^3$	$1,35.10^3$	$5,3.10^2$	0	0	$3,72.10^2$
1ml/kg	J4	$1,12.10^3$	$5,8.10^2$	0	0	0	0
	J7	$1,22.10^3$	$5,9.10^2$	0	0	0	0
	J10	$6,8.10^2$	$9,7.10^2$	0	0	0	$1,72.10^2$
	J13	$1,37.10^3$	$1,45.10^2$	$1,54.10^2$	0	0	$1,63.10^2$
	J16	$1,9.10^3$	$1,12.10^2$	$2,09.10^2$	0	0	$2,26.10^2$
1,5ml/kg	J4	$7,36.10^2$	$3,72.10^2$	0	0	0	0
	J7	$1,19.10^3$	$4,27.10^2$	0	0	0	0
	J10	$6,36.10^2$	$7,63.10^2$	0	0	0	0
	J13	$7,09.10^2$	$1,12.10^3$	$1,36.10^2$	0	0	$1,36.10^2$
	J16	$1,28.10^3$	$1,06.10^2$	$1,45.10^2$	0	0	$1,45.10^2$

II) Evaluation de la stabilité oxydative de *Djben*

Tableau 2: Les teneurs en MDA en mg/Kg pendant chaque jours de stockage

Jours \ échs		Les trois types de Djben		
		Témoin	1,5 ml/kg	1 ml/ kg
3		0,601	0,525	0,559
6		4,987	2,069	3,895
9		6,577	4,798	5,545
12		6,59	4,844	5,611

II) Analyse sensorielle

1. Test hédonique

Bulletin pour le test hédonique sur les variétés de fromage type *Djben*

Nom :

Prénom :

Date :

Veillez examiner et goûter chaque échantillon de fromage dans l'ordre de haut à bas, tel qu'indiqué sur le bulletin. Indiquez dans quelle mesure vous avez aimé ou pas aimé chaque échantillon en cochant la mention appropriée en dessous du numéro de code de chaque échantillon.

Pas aimé Indifférent Aimé beaucoup

Code :

Commentaire :

Pas aimé Indifférent Aimé beaucoup

Code :

Commentaire :

les trois échantillons fromages					
Dégustateurs	A	B	C	Dégustateur Total	Dégustateur Moyenne
1	9	1	5	15	5
2	2	5	7	14	4,67
3	9	5	1	15	5
4	9	9	9	27	9
5	1	5	9	15	5
6	6	7	8	21	7
7	1	9	5	15	5
8	6	6	8	20	6,67
9	9	5	1	15	5
10	9	9	9	27	9
11	8	6	1	15	5
12	9	5	3	17	5,67
Total traitement	78	72	66	216	
Grand total					
Moyenne Traitement	6,5	6	5,5		

Les calculs :

A) Total de traitement = (la somme de chaque rang)

1) Total de traitement = (la somme de chaque rang)

$$= (9+2+\dots\dots\dots+8+9)$$

$$= 78$$

2) Total de traitement= (la somme de chaque rang)

$$= (1+5+\dots\dots\dots+6+5)$$

$$= 72$$

3) Total de traitement= (la somme de chaque rang)

$$= (5+7 +1+3) = 66$$

B) Dégustateurs Total = (la somme de chaque ligne de tableau)

Dégustateurs Total (1) = (la somme de chaque ligne de tableau)

$$= (9+1+5) = 15$$

Dégustateurs Total (2) = (la somme de chaque ligne)

$$= (2+5+7) = 14$$

C) Moyennes de traitements = Total de traitement / nombre de dégustateurs

Moyennes de traitement (A) = $78/12 = 6,5$

Moyennes de traitement (B) = $72/12 = 6$

Moyennes de traitement (C) = $66/12 = 5,5$

D) Moyennes des dégustateurs = Total de dégustateurs / nombre d'échantillons

Moyenne de dégustateur (1) = $15/3 = 5$

Moyenne de dégustateur (1) = $14/3 = 4,67$

Moyenne de dégustateur (1) = $15/3 = 5$

2) Pour l'Analyse de variance (ANOVA), on a procédé au calcul suivant :

- Facteur de correction

(Grand total) 2

FC= -----

N

(216)2

FC=----- = 1296

(12x3)

- Somme totale carré SC(T)

SC(T) = \sum (réponse de chaque individu) - FC

= \sum (92+ 22 +12+ 32) - 1296

= 304

- Somme carré de traitement SC(Tr)

\sum (total de chaque traitement)²

SC(Tr) = ----- - FC

Nombre de réponses par traitement

(782+722+662)

----- - 1296 = 6

12

- Somme des carrés des dégustateurs

£ (total de chaque dégustateur)

$$SC(D) = \text{-----} - FC$$

Nombre de réponses par dégustateur

$$\frac{(152+142+\dots+152+172)}{3} - 129 = 82$$

- Somme des carrés des erreurs

$$\begin{aligned} SC(E) &= SC(T) - SC(Tr) - SC(D) \\ &= 304 - 6 - 82 \\ &= 22 \end{aligned}$$

3) Degrés de liberté

$$\begin{aligned} \text{Degrés de liberté totaux, } dl(T) &= \text{Le nombre total de réponses} - 1 \\ &= 36 - 1 = 35 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Degrés de liberté des traitements, } dl(Tr) &= \text{Le nombre de traitements} - 1 \\ &= 3 - 1 = 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Degrés de liberté des dégustateurs, } dl(D) &= \text{Le nombre de dégustateurs} - 1 \\ &= 12 - 1 = 11 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Degrés de liberté des erreurs, } dl(E) &= dl(T) - dl(Tr) - dl(D) \\ &= 35 - 2 - 11 = 22 \end{aligned}$$

4) Carre moyen (CM)

$$\begin{aligned} \text{Carre moyen (CM) des traitements, } CM(Tr) &= SC(Tr) / dl(Tr) \\ &= 6 / 2 \\ &= 3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Carre moyen des dégustateurs, } CM(D) &= SC(D) / dl(D) \\ &= 82 / 11 = 7,455 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Carre moyen des erreurs, } CM(E) &= SC(E) / dl(E) \\ &= 22 / 22 = 1,000 \end{aligned}$$

On a calculé les coefficients F pour les traitements et les dégustateurs en divisant les valeurs respectives de CM par le CM de l'erreur. Les coefficients F du tableau ont été obtenus à partir des tableaux statistiques de la distribution de F (Annexe ...). C'est ainsi que le coefficient F pour les traitements à 2 degrés de liberté (dl) au numérateur et 22 dl au dénominateur pour $p < 0,05$ est 3,44. Le coefficient F pour les dégustateurs avec 6 dl au numérateur et 24 dl au dénominateur pour $p < 0,05$ est 2,22 (tableau 1)

Tableau1 : Analyse de variance de test hédonique

Source de variance	Dl	SC	CM	Coefficient F	
				Calculé	Tableau p<0,05
SC(T)	35	304			
SC(Tr)	2	6	3	0,306	3,444
SC(D)	11	82	7,455	0,759	2,225
SC(E)	22	216	9,818		

Tableau 7.5 Distribution de F à un seuil de signification de 5%.

$\nu_1 \backslash \nu_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161-45	199-80	213-71	224-58	230-16	232-99	236-77	238-88	240-64
2	18-513	19-009	19-164	19-247	19-298	19-330	19-353	19-371	19-385
3	10-128	9-5521	9-3768	9-1172	9-0135	8-9408	8-8588	8-8453	8-8123
4	7-7086	6-9443	6-5914	6-3883	6-2660	6-1831	6-0942	6-0410	6-0008
5	6-0079	5-7881	5-6095	5-4922	5-4003	5-3283	5-2750	5-2383	5-2125
6	5-0874	5-1433	5-1571	5-1527	5-1474	5-1429	5-1384	5-1348	5-1310
7	5-5914	4-7374	4-3483	4-1203	3-9713	3-8609	3-7870	3-7257	3-6767
8	5-3177	4-4390	4-0662	3-8378	3-6876	3-6086	3-5503	3-4381	3-3881
9	5-1174	4-2685	3-8928	3-6531	3-4817	3-3728	3-3287	3-2290	3-1789
10	4-9646	4-1028	3-7083	3-4780	3-3258	3-2112	3-1355	3-0717	3-0204
11	4-8443	3-9823	3-5874	3-3507	3-2029	3-0946	3-0123	2-9480	2-8962
12	4-7472	3-8853	3-4907	3-2592	3-1059	2-9961	2-9134	2-8486	2-7964
13	4-6672	3-8050	3-4105	3-1791	3-0284	2-9153	2-8321	2-7660	2-7144
14	4-6001	3-7389	3-3439	3-1122	2-9582	2-8477	2-7642	2-6980	2-6458
15	4-5431	3-6823	3-2874	3-0530	2-9013	2-7906	2-7060	2-6406	2-5876
16	4-4940	3-6337	3-2389	3-0089	2-8534	2-7413	2-6572	2-5911	2-5377
17	4-4523	3-5916	3-1968	2-9647	2-8100	2-6987	2-6143	2-5480	2-4943
18	4-4189	3-5548	3-1609	2-9277	2-7720	2-6603	2-5767	2-5102	2-4563
19	4-3898	3-5219	3-1274	2-8951	2-7401	2-6283	2-5445	2-4778	2-4237
20	4-3613	3-4928	3-0984	2-8661	2-7109	2-5990	2-5140	2-4471	2-3928
21	4-3348	3-4668	3-0726	2-8401	2-6848	2-5727	2-4876	2-4205	2-3661
22	4-3090	3-4434	3-0491	2-8167	2-6613	2-5491	2-4638	2-3965	2-3419
23	4-2838	3-4221	3-0280	2-7955	2-6400	2-5272	2-4422	2-3748	2-3201
24	4-2607	3-4028	3-0088	2-7763	2-6207	2-5082	2-4230	2-3554	2-3002
25	4-2377	3-3852	2-9912	2-7587	2-6030	2-4904	2-4052	2-3371	2-2821
26	4-2162	3-3690	2-9751	2-7426	2-5868	2-4741	2-3883	2-3205	2-2655
27	4-1960	3-3541	2-9604	2-7278	2-5718	2-4591	2-3732	2-3053	2-2501
28	4-1768	3-3404	2-9467	2-7141	2-5581	2-4453	2-3593	2-2913	2-2360
29	4-1583	3-3277	2-9340	2-7014	2-5464	2-4324	2-3463	2-2782	2-2228
30	4-1400	3-3158	2-9223	2-6898	2-5336	2-4205	2-3343	2-2662	2-2107
40	4-0848	3-2317	2-8327	2-6060	2-4485	2-3359	2-2490	2-1802	2-1240
60	4-0012	3-1504	2-7631	2-5282	2-3383	2-2240	2-1365	2-0670	2-0101
120	3-8201	3-0718	2-6802	2-4472	2-2900	2-1760	2-0867	2-0164	1-9588
∞	3-8415	2-8957	2-6049	2-3719	2-2141	2-0988	2-0096	1-9384	1-8797

Note : Dans ce tableau, il faut remplacer le point décimal par la virgule décimale. Ce tableau donne les valeurs de F pour lesquelles $F(\nu_1, \nu_2) = 0,05$.

TABLEAU 7.5 (suite)

Distributio de F
à un seuil de signification de 5 %

$n_1 \backslash n_2$	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
2	241.88	243.91	245.95	249.91	249.60	250.00	251.14	252.20	253.25	254.32
3	19.284	19.413	19.429	19.445	19.454	19.462	19.471	19.479	19.487	19.496
4	8.7855	8.7444	8.7039	8.6602	8.6285	8.6105	8.5944	8.5790	8.5694	8.5608
5	5.9544	5.9127	5.8718	5.8325	5.7944	5.7659	5.7470	5.7319	5.7201	5.7091
6	4.7351	4.6937	4.6538	4.6151	4.5772	4.5507	4.5339	4.5214	4.5104	4.5010
7	4.0090	3.9677	3.9280	3.8893	3.8515	3.8262	3.7942	3.7809	3.7707	3.7628
8	3.6565	3.6147	3.5749	3.5362	3.4985	3.4732	3.4484	3.4324	3.4247	3.4179
9	3.3472	3.3049	3.2659	3.2282	3.1915	3.1662	3.1419	3.1254	3.1184	3.1124
10	3.0773	3.0349	2.9969	2.9602	2.9245	2.9002	2.8769	2.8619	2.8564	2.8510
11	2.8322	2.7899	2.7519	2.7152	2.6795	2.6552	2.6319	2.6179	2.6134	2.6090
12	2.6111	2.5689	2.5309	2.4942	2.4585	2.4342	2.4109	2.3969	2.3924	2.3880
13	2.4110	2.3689	2.3309	2.2942	2.2585	2.2342	2.2109	2.1969	2.1924	2.1880
14	2.2311	2.1890	2.1509	2.1142	2.0785	2.0542	2.0309	2.0169	2.0124	2.0080
15	2.0712	2.0291	2.0009	1.9642	1.9285	1.9042	1.8809	1.8669	1.8624	1.8580
16	1.9213	1.8792	1.8509	1.8142	1.7785	1.7542	1.7309	1.7169	1.7124	1.7080
17	1.7814	1.7393	1.7109	1.6742	1.6385	1.6142	1.5909	1.5769	1.5724	1.5680
18	1.6515	1.6094	1.5809	1.5442	1.5085	1.4842	1.4609	1.4469	1.4424	1.4380
19	1.5316	1.4895	1.4609	1.4242	1.3885	1.3642	1.3409	1.3269	1.3224	1.3180
20	1.4217	1.3796	1.3509	1.3142	1.2785	1.2542	1.2309	1.2169	1.2124	1.2080
21	1.3218	1.2797	1.2509	1.2142	1.1785	1.1542	1.1309	1.1169	1.1124	1.1080
22	1.2319	1.1898	1.1609	1.1242	1.0885	1.0642	1.0409	1.0269	1.0224	1.0180
23	1.1520	1.1099	1.0809	1.0442	1.0085	0.9842	0.9609	0.9469	0.9424	0.9380
24	1.0821	1.0399	1.0109	0.9742	0.9385	0.9142	0.8909	0.8769	0.8724	0.8680
25	1.0222	0.9799	0.9509	0.9142	0.8785	0.8542	0.8309	0.8169	0.8124	0.8080
26	0.9723	0.9299	0.9009	0.8642	0.8285	0.8042	0.7809	0.7669	0.7624	0.7580
27	0.9324	0.8899	0.8609	0.8242	0.7885	0.7642	0.7409	0.7269	0.7224	0.7180
28	0.8925	0.8499	0.8209	0.7842	0.7485	0.7242	0.7009	0.6869	0.6824	0.6780
29	0.8626	0.8199	0.7909	0.7542	0.7185	0.6942	0.6709	0.6569	0.6524	0.6480
30	0.8327	0.7899	0.7609	0.7242	0.6885	0.6642	0.6409	0.6269	0.6224	0.6180
40	0.6928	0.6499	0.6209	0.5842	0.5485	0.5242	0.5009	0.4869	0.4824	0.4780
60	0.5529	0.5099	0.4809	0.4442	0.4085	0.3842	0.3609	0.3469	0.3424	0.3380
120	0.4130	0.3699	0.3409	0.3042	0.2685	0.2442	0.2209	0.2069	0.2024	0.1980
∞	0.3731	0.3299	0.3009	0.2642	0.2285	0.2042	0.1809	0.1669	0.1624	0.1580

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2} = \frac{s_1^2/s_1^2}{s_2^2/s_2^2}$$

Pour comparer entre ces trois moyennes, On a calculé la valeur des écarts pour une gamme de 3 et 2 moyennes avec l'équation suivante:

$$\text{Écart} = Q \sqrt{\frac{CM(E)}{t}}$$

CM (E) = Carre moyenne des erreurs = 9,818 ;

t = correspond au nombre de réponses individuelles ayant servi a calculer chaque moyenne = 12

$$\text{Écart} = Q \sqrt{\frac{9,818}{12}} = Q (0,90)$$

On a obtenu les valeurs de Q a partir du Tableau ... (Annexe..) pour le même niveau de signification qu'on a utilisé dans l'analyse de variance soit $p < 0,05$. On a aussi besoin de dl (E), soit de 22, pour calculer les valeurs de Q. Le Tableau ... donne pour undegré de liberté de 22 :

Valeur de Q pour 3 moyennes = 3,066

Valeur de Q pour 2 moyennes = 2,919

On a pu alors calculer la valeur des écarts.

$$\text{Ecart} = Q (0,90)$$

Ecart pour 3 moyennes = 3,066 (0,90)=2,76

Ecart pour 2 moyennes = 2,919 (0,90)=2,62

On a appliqué la valeur de l'écart des trois moyennes aux moyennes ayant les plus grandes différences entre elles, 6,5 et 5,5, puisque ces valeurs couvrent l'ecart des 3 moyennes. La différence, 1, cette différenceétait inferieur a 2,76 ($1 < 2,76$). La différence entre ces deux moyennes n'était donc pas significative.

La comparaison sur deux moyennes a porté sur les moyennes 6,5 et 6 en se servant de la valeur de l'écart de 2 moyennes (2,62) L'ecart entre ces moyennes (0,5) étant inferieurà2,62, la différenceétait donc pas significative.

La comparaison sur trois moyennes a porté sur les moyennes 6,5 et 5,5

$$6,5 - 5,5 = 1 < 2,76$$

La comparaison sur deux moyennes a porté sur les moyennes 6,5 et 6

$$6,5 - 6 = 0,5 < 2,62$$

Les différences est pas significatives entre les moyennes au niveau de probabilité de 5 %

TABLEAU 7.7

Valeurs critiques (valeurs de Q) pour le Test de comparaisons multiples de Duncan à un seuil de signification de 5 %

r	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	17,87	17,87	17,87	17,87	17,87	17,87	17,87	17,87	17,87	17,87	17,87	17,87	17,87	17,87	17,87	17,87	17,87	17,87	17,87	
2	4,862	4,862	4,862	4,862	4,862	4,862	4,862	4,862	4,862	4,862	4,862	4,862	4,862	4,862	4,862	4,862	4,862	4,862	4,862	
3	4,581	4,518	4,455	4,392	4,329	4,266	4,203	4,140	4,077	4,014	3,951	3,888	3,825	3,762	3,699	3,636	3,573	3,510	3,447	
4	4,300	4,237	4,174	4,111	4,048	3,985	3,922	3,859	3,796	3,733	3,670	3,607	3,544	3,481	3,418	3,355	3,292	3,229	3,166	3,103
5	4,019	3,956	3,893	3,830	3,767	3,704	3,641	3,578	3,515	3,452	3,389	3,326	3,263	3,200	3,137	3,074	3,011	2,948	2,885	2,822
6	3,738	3,675	3,612	3,549	3,486	3,423	3,360	3,297	3,234	3,171	3,108	3,045	2,982	2,919	2,856	2,793	2,730	2,667	2,604	2,541
7	3,457	3,394	3,331	3,268	3,205	3,142	3,079	3,016	2,953	2,890	2,827	2,764	2,701	2,638	2,575	2,512	2,449	2,386	2,323	2,260
8	3,176	3,113	3,050	2,987	2,924	2,861	2,798	2,735	2,672	2,609	2,546	2,483	2,420	2,357	2,294	2,231	2,168	2,105	2,042	1,979
9	2,895	2,832	2,769	2,706	2,643	2,580	2,517	2,454	2,391	2,328	2,265	2,202	2,139	2,076	2,013	1,950	1,887	1,824	1,761	1,698
10	2,614	2,551	2,488	2,425	2,362	2,299	2,236	2,173	2,110	2,047	1,984	1,921	1,858	1,795	1,732	1,669	1,606	1,543	1,480	1,417
11	2,333	2,270	2,207	2,144	2,081	2,018	1,955	1,892	1,829	1,766	1,703	1,640	1,577	1,514	1,451	1,388	1,325	1,262	1,199	1,136
12	2,052	1,989	1,926	1,863	1,800	1,737	1,674	1,611	1,548	1,485	1,422	1,359	1,296	1,233	1,170	1,107	1,044	981	918	855
13	1,771	1,708	1,645	1,582	1,519	1,456	1,393	1,330	1,267	1,204	1,141	1,078	1,015	952	889	826	763	700	637	574
14	1,490	1,427	1,364	1,301	1,238	1,175	1,112	1,049	986	923	860	797	734	671	608	545	482	419	356	293
15	1,209	1,146	1,083	1,020	957	894	831	768	705	642	579	516	453	390	327	264	201	138	75	12
16	928	865	802	739	676	613	550	487	424	361	298	235	172	109	46	-17	-80	-143	-206	-269
17	647	584	521	458	395	332	269	206	143	80	17	-46	-109	-172	-235	-298	-361	-424	-487	-550
18	366	303	240	177	114	51	-12	-75	-138	-201	-264	-327	-390	-453	-516	-579	-642	-705	-768	-831
19	85	-78	-141	-204	-267	-330	-393	-456	-519	-582	-645	-708	-771	-834	-897	-960	-1023	-1086	-1149	-1212
20	-176	-239	-302	-365	-428	-491	-554	-617	-680	-743	-806	-869	-932	-995	-1058	-1121	-1184	-1247	-1310	-1373

Notes : Dans ce tableau, il faut remplacer le point décimal par la virgule décimale.

r = n-1 (Erreur)

p = nombre de moyennes comparées dans la gamme

2. Test de classement par rang :

Bulletin pour le test de classement par rang sur les variétés de fromage type *Djben*

Nom : _____ **Date :** _____

Prénom : _____

Produit à analysée : fromage frais (*Djben*)

Echantillon	A	B	C
Absence odeur de chèvre			
Saveur piquant			
Persistant arrière goût			
Intensité d'arôme du fromage			

L'échantillon qui a la meilleure note pour une caractéristique est classé '1'
La moyenne note est classé '2'.
La mauvaise note est classé '3'

Les calculs

On utilise la loi de KhI2

$$khi02 = \frac{12}{NP(P+1)} \times \mathcal{E}'(RT)^2 - 3N(P+1)$$

N= nombre de dégustateur

P= nombre d'échantillons

RT= Rang Total

1) Absence d'odeur de chèvre

Dégustateurs	Les types de Djben			la Somme
	A (témoin)	B (1ml/kg)	C (1.5ml/kg)	
1	3	2	1	6
2	3	2	1	6
3	3	2	1	6
4	2	3	1	6
5	3	2	1	6
6	1	2	3	6
7	3	2	1	6
8	2	3	1	6
9	3	2	1	6
10	3	2	1	6
11	3	2	1	6
12	3	2	1	6
Σ des rangs	32	26	14	72
Σ carrés des rangs	1024	676	196	

$$\Sigma (\text{des rangs total})^2 = (1024+676+196) = 1896$$

$Khi2 = 12/144 \times 1896 - 144 = 13,368$
--

Khi2 observer = 13,37

Khi2 tabule (a5%) = 19,67

Khi2 observer < khi2 tabule : donc la différence est significatif.

2) Arrière-gout persistant

Dégustateurs	Les types de Djben			La Somme
	A	B	C	
1	1	2	3	6
2	1	2	2	5
3	0	2	3	5
4	1	2	3	6
5	1	2	3	6
6	1	2	3	6
7	1	3	3	7
8	1	1	3	5
9	0	2	3	5
10	1	2	3	6
11	1	2	3	6
12	1	2	2	5
Σ des rangs	10	24	34	68
Σ carrés des rangs	100	576	1156	

$$\text{Khi2} = 12/144 \times 1832 - 144 = 8,056$$

Khi2 observer = 8,06

Khi2 tabule (a5%) = 19,67

Khi2 observer < khi2 tabule : donc la différence est significatif.

3) Saveur piquant

Dégustateurs	Les types de Djben			La Somme
	A	B	C	
1	0	2	3	5
2	0	2	3	5
3	0	3	3	6
4	0	2	3	5
5	1	2	3	6
6	1	3	3	7
7	0	2	2	4
8	1	1	3	5
9	0	2	3	5
10	0	3	3	6
11	0	1	3	4
12	0	2	2	4
Σ des rangs	3	25	34	62
Σ carrés des rangs	9	625	1156	

$$\text{Khi2} = 12/144 \times 1793 - 144 = 4,819$$

Khi2 observer = 4,82

Khi2 tabule (a5%) = 19,67

Khi2 observer < khi2 tabule : donc la différence est significatif.

4) Intensité d'arôme de thym

Dégustateurs	Les types de Djben			La Somme
	A	B	C	
1	0	2	1	3
2	0	3	3	6
3	1	3	3	7
4	1	2	3	6
5	1	2	3	6
6	1	1	3	5
7	0	3	3	6
8	0	3	3	6
9	0	3	2	5
10	0	3	3	6
11	0	2	3	5
12	0	2	2	4
\sum des rangs	4	29	32	65
\sum carrés des rangs	16	841	1024	

$$\text{Khi2} = 12/144 \times 1880 - 144 = 12,04$$

Khi2 observer = 12,04

Khi2 tabule (a5%) = 19,67

Khi2 observer < khi2 tabule : donc la différence est significatif.

Table Khie2

$\nu / *$	0.1	0.05	0.025	0.01	$\nu /$	0.1	0.05	0.025	0.01
1	2.71	3.84	5.02	6.63	16	23.54	26.30	28.84	32.00
2	4.61	5.99	7.38	9.21	17	24.77	27.59	30.19	33.41
3	6.25	7.81	9.35	11.34	18	25.99	28.87	31.53	34.80
4	7.78	9.49	11.14	13.28	19	27.20	30.14	32.85	36.19
5	9.24	11.07	12.83	15.09	20	28.41	31.41	34.17	37.57
6	10.64	12.59	14.45	16.81	21	29.61	32.67	35.48	38.93
7	12.02	14.07	16.01	18.47	22	30.81	33.92	36.78	40.29
8	13.36	15.51	17.53	20.09	23	32.01	35.17	38.08	41.64
9	14.68	16.92	19.02	21.67	24	33.20	36.41	39.37	42.98
10	15.99	18.31	20.48	23.21	25	34.38	37.65	40.65	44.31
11	17.27	19.67	21.92	24.72	26	35.56	38.88	41.92	45.64
12	18.55	21.03	23.34	26.22	27	36.74	40.11	43.19	46.96
13	19.81	22.36	24.74	27.69	28	37.92	41.34	44.46	48.28
14	21.06	23.68	26.12	29.14	29	39.09	42.56	45.72	49.59
15	22.31	25.00	27.49	30.58	30	40.26	43.77	46.98	50.89

* ν : le nombre de degré de liberté; α : le risque d'erreur.