

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE des Sciences

**DEPARTEMENT des sciences
agronomiques**

N° :



DOMAINE : SNV

FILIERE : AGRONOMIE

OPTION : PNA

**Mémoire présenté pour l'obtention
du diplôme de Master Académique**

Par :

CHARIF Rahma

Intitulé

**Qualités physico-chimique et microbiologique
et aptitude à la transformation du lait de
chèvre**

Soutenu devant le jury composé de :

N. MAHMOUDI	MCB. Université Med Boudiaf, M'sila	Présidente
A. BAA	MAA. Université Med Boudiaf, M'sila	Examineur
S. MAHMOUDI	MAA. Université Med Boudiaf, M'sila	Promotrice

Année universitaire : 2017 /2018.

Table des matières

Remerciements	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction.....	1

PARTIE 1 : Bibliographie

Chapitre 1 : Le lait de chèvre

1.1. Taxonomie et origine du caprin.....	2
1.2. Elevage caprin.....	2
1.1.1. Le cheptel caprin.....	2
1.1.2. Races caprines.....	4
1.3. Production du lait de chèvre.....	7
1.3.1. Dans le monde.....	7
1.3.2. En Algérie.....	8
1.4. Le lait de chèvre.....	8
1.4.1. Définition.....	8
1.4.2. Composition du lait de chèvre.....	8
1.4.2.1. Glucides.....	9
1.4.2.2. Protéines.....	10
1.4.2.3. Matière grasse.....	10
1.4.2.4. Vitamines et sels minéraux	10
1.5. Caractéristiques du lait de chèvre.....	11
1.5.1. Caractéristiques physiques.....	11
1.5.1.1. PH.....	11
1.5.1.2. Acidité.....	11
1.5.1.3. Densité.....	11
1.5.2. Caractéristiques microbiologiques	12
1.5.2.1. Flore native.....	12
1.5.2.2. Flore de contamination.....	12
1.6. Facteurs de variation de la composition du lait.....	13
1.7. Valeur nutritionnelle.....	14
1.8. Valeur thérapeutique.....	15

Chapitre 2 : Le yaourt

2.1. Définition.....	16
----------------------	----

2.2. Matières premières et ingrédients.....	16
2.2.1. Lait.....	16
2.2.2. Ferments lactiques.....	16
2.2.3. Sucre.....	17
2.2.4 Autres.....	17
2.3. Etapes de fabrication.....	17
2.3.1 Traitement thermique.....	17
2.3.2 Fermentation lactique.....	18
2.3.3 Conditionnement et stockage.....	18
2.4. Classification du yaourt.....	19
2.4. Composition chimique.....	20
2.5. Caractéristiques physico-chimiques.....	20
2.6. Valeur nutritionnelle et thérapeutique.....	20

PARTIE 2 : Expérimentation

Chapitre 3 : Matériel et méthodes

3.1. Inspection des élevages et échantillonnage du lait.....	22
3.1.1. Enquête.....	23
3.1.1. Echantillonnage du lait.....	23
3.2. Analyses physico-chimiques.....	23
3.2.1. Détermination du pH.....	23
3.2.2. Mesure de la teneur en matière sèche totale.....	23
3.2.3. Détermination des cendres totales.....	24
3.2.4. Dosage des sucres totaux.....	25
3.2.5. Dosage de la matière grasse (méthode acido-butyrométrique).....	25
3.2.6. Détermination de la densité.....	26
3.2.7. Dosage des minéraux.....	27
3.2.7. Dosage des protéines totales.....	29
3.3. Les analyse microbiologique.....	30
3.3.1. Recherche et dénombrement de la flore mésophile totale (FMAR).....	31
3.3.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux	31
3.3.3. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux.....	32
3.3.4. Recherche et dénombrement de clostridium sulfito-réducteur.....	32
3.5.5. Recherche et dénombrement de staphylococcus aureus.....	32
.3.6. Recherche et dénombrement des levures et moisissures.....	33
3.4. Aptitude du lait à la transformation en yaourt.....	33

3.4.1. Préparation des yaourts.....	33
3.4.2. Analyses physico-chimiques des yaourts.....	34
3.4.3. Analyses microbiologiques.....	34
3.5. Test de dégustation.....	35
3.6. Analyse des résultats.....	35

Chapitre 4 : Résultats et discussion

4.1. Description générale des exploitations enquêtées.....	36
4.2 Analyses physico-chimiques du lait.....	38
4.2.1 pH, Acidité, densité, matière sèche et cendres totales.....	38
4.2.2 Sucres totaux.....	39
4.2.3 Protéines.....	40
4.2.4 Matière grasse.....	41
4.2.5 Minéraux.....	42
4.2.5.1 Calcium.....	42
4.2.5.2 Potassium.....	43
4.2.5.3 Sodium.....	43
4.3 Analyses microbiologiques du lait.....	44
4.4 Analyses physico-chimiques des yaourts.....	45
4.4.1 pH, Acidité, matière sèche et cendres totales.....	45
4.4.2 Sucres totaux.....	46
4.4.3 Protéines.....	47
4.4.5 Minéraux.....	48
4.4.5.1 Calcium.....	48
4.4.5.2 Potassium.....	48
4.4.5.3 Sodium.....	49
4.5 Analyses microbiologiques des yaourts.....	50
4.6 Suivi de l'acidité des yaourts.....	51
4.6 Suivi des bactéries lactiques des yaourts.....	51
4.7 Test de dégustation.....	52
Conclusion.....	54

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier le Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui m'a donné la force et la patience pour accomplir ce modeste travail.

Je voudrais exprimer ici ma plus sincère gratitude à M^{elle} MAHMOUDI S., Maître assistant A au département des sciences agronomiques, Université Med. Boudiaf de M'sila, pour m'avoir donné une chance en acceptant de m'encadrer. Je la remercie particulièrement pour m'avoir fait confiance, m'orienter, me corriger et m'encouragé tout au long de ce travail.

Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury : Mr. BAA A., maître assistant A au département des sciences agronomiques, Université Med. Boudiaf de M'sila et Mme. MAHMOUDI N MCB A au département des sciences agronomiques, Université Med. Boudiaf de M'sila de m'avoir fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire, de me consacrer du temps et de porter leur jugement expert sur ce travail.

Je remercie également l'équipe de laboratoire de département des sciences agronomiques, Université de Med. Boudiaf (Radwane, Merzaka, Yacine, Amina, Hicham, Chahra...), l'équipe de laboratoire de la laiterie Biladi de Boussaâda, l'équipe de laboratoire de la laiterie El-Hodna sans lesquelles ce projet n'aurait évidemment pas vu le jour, pour m'avoir accordé leur confiance, et m'avoir permis de travailler dans une ambiance chaleureuse.

Un grand merci aux propriétaires des chèvres qui ont accepté de m'offrir un peu de leur précieux temps pour la réalisation des enquêtes et pour avoir des échantillons du lait pour la réalisation des analyses.

Je suis profondément reconnaissante à toutes et à tous ceux qui ont su se mobiliser autour de mon travail, et m'apporter non seulement leur expertise technique, mais aussi leur temps et leurs conseils avisés, contribuant ainsi à la qualité de mon travail et de ma formation.

Mes remerciements vont aussi au corps professoral et administratif de département de sciences agronomiques, pour la qualité de leur enseignement et qui déploient de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée

J'adresse mes remerciements à mes parents pour leur soutien.



Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Ma très chère mère (SALIHA), source d'affection de courage et l'inspiration qui a autant sacrifié pour me voir atteindre ce jour.

Mon père (SALEH), source de respect, en témoignage de ma profonde reconnaissance pour tout l'effort et le soutien incessant qui m'a toujours apporté.

Mon oncle (hmàida),

Mes frères Rebeh, Mourad, Lazher, Farouk, Aymen et leur femmes Meriem, Hanane et Roufaïda.

Mes sœurs Warda, Asma et leur maris Kamel et Tayeb.

Et tous leurs enfants Israa, Arij, Ahmed, Mounssif, Anes, Sara, Amine, Yassmine, Abd elmoumin, Ishak et Inass.

Mes chères amies Sahwa, Rafia, Zahra, Asma, Chahra Zed, Basma, Ismahane, Lobna, Widad et tous mes amis qui j'ai connus de près ou de loin.

Toute ma grande famille CHARIF.

Tous les étudiants de ma promotion du master 2017-2018 ; production et nutrition animal sans exception.

Rahma

Liste des Figures

Figure 1 : La chèvre a : Arabia, b : Makatia, c : M'Zab, d : Kabyle	5
Figure 2 : Diagramme de fabrication du yaourt ferme et du yaourt brassé.....	19
Figure 3 : Carte géographique de la wilaya de M'sila et lieux d'échantillonnage ...	22
Figure 4 : Diagramme de fabrication du yaourt brassé.....	34
Figure 5 : Teneurs en sucres totaux dans le lait de chèvre (%).....	40
Figure 6 : Teneurs en protéines dans le lait de chèvre (%).....	41
Figure 7 : Teneurs en matière grasse dans le lait de chèvre (%).....	42
Figure 8 : Teneur en calcium dans le lait de chèvre (mg/100g).....	42
Figure 9 : Teneur en potassium dans le lait de chèvre (mg/100g).....	43
Figure 10 : Teneur en sodium dans le lait de chèvre (mg/100 g).....	44
Figure 11 : Teneurs en sucres totaux dans les yaourts (%).....	47
Figure 12 : Teneurs en protéines dans les yaourts (%).....	47
Figure 13 : Teneurs en calcium dans les yaourts (mg/100 g).....	48
Figure 14 : Teneurs en potassium dans les yaourts (mg/100 g).....	49
Figure 15 : Teneurs en sodium dans les yaourts (mg/100g).....	49
Figure 16 : Suivi de l'acidité des yaourts au cours de stockage à 4 °C.....	51
Figure 17 : Suivi de <i>Lactobacillus bulgaricus</i> dans les yaourts au cours de stockage à 4 °C.....	52

Liste des tableaux

Tableau 1 : Répartition et évolution du cheptel caprin dans le monde (têtes).....	3
Tableau 2 : Répartition du cheptel caprin dans quelques wilayas en Algérie.....	3
Tableau 3 : Effectif du cheptel caprin dans la Wilaya de M'sila en 2017 (mille têtes).....	4
Tableau 4 : Répartition du cheptel caprin dans la Wilaya de M'sila (les plus importantes municipalités) (têtes).....	4
Tableau 5 : Caractéristiques zootechniques de quelques races en Algérie.....	7
Tableau 6 : Evolution de la production du lait de chèvre dans le monde (tonnes).....	8
Tableau 7 : Composition du lait de chèvre en comparaison avec d'autres espèces.....	9
Tableau 8 : Composition chimique et valeur énergétique des yaourts pour 100 g du produit.....	20
Tableau 9 : Courbe d'étalonnage du glucose.....	25
Tableau 10 : Gamme étalon de sodium.....	28
Tableau 11 : Gamme étalon de potassium.....	28
Tableau 12 : Gamme étalon de calcium.....	28
Tableau 13 : Gamme étalon de phosphore.....	29
Tableau 14 : Recette d'un yaourt nature et des yaourts aux figes pour 100 g du produit.....	33
Tableau 15 : analyses microbiologique de yaourt.....	35
Tableau 16 : Caractéristiques des exploitations enquêtées.....	36
Tableau 17 : pH, Acidité, densité, matière sèche et cendres totales du lait.....	38
Tableau 18 : Analyses microbiologiques du lait (UFC/ml).....	44
Tableau 19 : pH, Acidité, matière sèche et cendres totales des yaourts.....	46
Tableau 20 : Analyses microbiologiques des yaourts (UFC/ml).....	50
Tableau 21 : Qualité organoleptique globale du yaourt nature et des yaourts aux figes.....	53

Liste des abréviations

abs : absence

AFNOR : Association Française de Normalisation

BP : Baird Parker

DM : dilution mère

DSA : Direction des Services Agricoles

FAO: Food and Agriculture Organisation

I.N.R.A. Institut National de Recherche d'Agronomie

M : Masse

M17 : Tarzaghi et sandine.

MRS: Man–Rogosa–Sharpe

N: normalité

NA : norme nationale

OGA : Gélose glucosée à l'oxytétracycline

PCA : Plate Count Agar

TB : taux butyrique.

TC : taux des cendres

TP : taux protéique.

UFC : Unité Formant Colonie.

VF : viande et foie

YC1 : yaourt à concentration 1

YT : yaourt témoin

Introduction

Selon des estimations d'un panel de spécialistes en production animale, le lait des espèces caprine, cameline et ovine, des espèces animales bien de chez nous, pourrait être d'un grand appui à la filière laitière. Ils évaluent la capacité potentielle du lait produit par ces trois espèces à près de 25 % de la totalité du lait cru qui est actuellement collecté au niveau national, représenté quasi-exclusivement par le lait de vache (Kebbab, 2016).

L'élevage caprin est une source non négligeable de viande, surtout en milieu rural où il n'est pas fréquent d'abattre les bovins. Bien que la production de lait par tête soit relativement faible, le lait constitue, dans les localités où il est consommé, une importante source de nutriments (Missohou et *al*, 2016).

L'effectif total du cheptel caprin en Algérie est estimé en 2016 à 4.934.701 têtes dont 2.705.125 chèvres (FAOSTAT, 2018). La Wilaya de M'sila comporte 140.000 têtes caprines (DSA de M'sila, 2018). Le cheptel caprin en Algérie est constitué d'un mélange de races locales (Arabia, M'zab, Kabyle et Makatia) et de races importées (Alpine, Saanen et Murciano-Granadina) (Tedjani, 2010 ; Belaid, 2016). La production nationale du lait de chèvre est de 228,981 tonnes dont la Wilaya de M'sila produit environ 6,950 litres/ an (FAOSTAT, 2018 ; DSA de M'sila, 2018).

Le lait de chèvre de par son goût âcre n'est pas toujours apprécié par les consommateurs, à l'inverse, sa transformation le rend plus digeste et très apprécié tant du point de vue organoleptique que nutritionnel (Hennane, 2012).

C'est dans ce contexte que vient le présent travail qui a pour objectif l'évaluation des qualités physico-chimique et hygiénique du lait de chèvre produit dans deux fermes dans la wilaya de M'sila ainsi que l'essai de formulation d'un nouveau yaourt brassé à base de ce lait.

Chapitre 1

Le lait de chèvre

1.1. Taxonomie et origine du caprin

Le caprin, dont le nom scientifique *Capra aegagrus hircus*, est un mammifère herbivore et ruminant de l'ordre des Artiodactyles (ongulés à doigts en nombre pair). Elle appartient à la famille des bovidés, au même titre que la vache, le mouton et l'antilope, et à la sous-famille des caprins (ou caprinés) (Relle, 2016).

L'ancêtre de la chèvre domestique est une « chèvre sauvage du Proche-Orient », *Capra hircus aegagrus*, qu'on retrouvait en Asie antérieure et en Afrique Orientale, et qui inaugure la série de chèvres domestiques groupées sous le nom de *Capra hircus* (Habbi, 2014).

1.2. Elevage caprin

L'élevage caprin est largement répandu dans le monde, mais avec des objectifs de production très différents selon la localisation. Dans les pays peu développés, la rusticité et la capacité à valoriser des ressources végétales pauvres font de la chèvre un animal de subsistance avec un objectif dominant de production de viande (Bossis, 2012).

1.1.1 Le cheptel caprin

➤ Dans le monde

Le cheptel caprin mondial atteignait en 2016 environ 1 milliard têtes soit 6,62 % de plus qu'en 2012 (Tableau 1). Il est concentrique dans l'Asie où cette région compte à elle seule 55,45 % de l'effectif total mondial. L'élevage caprin est important aussi dans l'Afrique soit environ 387 millions têtes. En revanche, les caprins restent tout à fait marginaux dans l'Europe.

Tableau 1 : Répartition et évolution du cheptel caprin dans le monde (têtes) (FAO Stat, 2018).

Années Région	2012	2013	2014	2015	2016
Monde	936404319	954716672	964855928	979246978	1002810368
Afrique	354111227	368823751	373722724	376359905	387667193
Amérique	35527868	35584044	35381382	37374774	37866521
Asie	525541589	529091227	534697188	544443423	556019726
Europe	17258714	17262152	17060801	17035420	16965650

➤ En Algérie

L'effectif total du cheptel caprin en Algérie est estimé en 2016 à 4.934.701 têtes dont 2.705.125 chèvres (FAOStat, 2018). La répartition du cheptel caprin à travers le territoire national dépend de la nature de la région, de mode d'élevage et l'importance donnée à la chèvre. La plus grande partie de l'effectif caprin est dans les zones steppiques, puis dans les zones de Tell, et dans les zones de sud par contre l'effectif est faible dans les zones montagneuses (Boubekri, 2008).

Selon les statistiques de la DSA de M'sila , 2017, représentées dans le tableau 2, l'élevage caprin est concentrique dans la Wilaya d'El Oued suivie par Batna, Djelfa, Biskra et Laghouat.

Tableau 2 : Répartition du cheptel caprin dans quelques wilayas en Algérie (DSA, 2018).

Wilaya	Batna	Djelfa	Biskra	Laghouat	Tébessa	Tiaret	M'sila	El Oued	Ghardaïa
(mille tête)	446	395	290	249	195	193	140	532	158

Selon les statistiques de la DSA de Msila, 2017, notre région d'étude, Wilaya de M'sila, compte 140 milles tête du caprin à savoir 2,84 % de l'effectif national total (Tableau 3). Cet effectif englobe 90 milles chèvres.

Tableau 3 : Effectif du cheptel caprin dans la Wilaya de M'sila en 2017 (mille têtes) (DSA, 2018).

Total	Chèvre	Bouc	Chevreau (< 6 mois)	Chevrette (< 6 mois)
140	90	3,6	19,3	27,1

Les statistiques du tableau 4 montrent que la commune de Ain Riche compte l'effectif le plus élevé du caprin soit 8,3 % de l'effectif total de la Wilaya de Msila suivie par les commune de Ain el Melh, Ain Elhadjel et Sidi Aissa.

Tableau 4 : Répartition du cheptel caprin dans la Wilaya de M'sila (les plus importantes municipalités) (têtes) (DSA, 2018).

Communes	Sidi M'hamed	Bir Fida	Ain Riche	Ain el Melh	Ain Farise	Dj. Messaad	Ain Elhadjel	Sidi Aissa	Botti Sayeh
Nombre	1290	1165	11640	9440	7820	520	8960	8330	4930

1.2.2 Races caprines

❖ Dans le monde

Les principales races dans le monde sont (Habbi, 2014) :

- La chèvre d'Asie dont les races Angora Cachemire originaires de l'Himalaya. Elles sont rustiques à un bon rendement lainier, suite à la production des fibres mohair de très haute qualité. Leurs productions de viande et surtout de lait sont réduites.
- La chèvre d'Europe, tel que la race Alpine originaire du massif d'Alpin de France et de Suisse. C'est une forte laitière.
- La population caprine d'Afrique est formée essentiellement par la race Nubienne, qui se caractérise par une taille moyenne (60 à 70 cm), une tête étroite, avec des oreilles longues, larges, et pendantes, la robe est à poil court, de couleur roux plus au moins foncé, la plus connue des chèvres africaines est la race Nubienne (Fantazi, 2004)

❖ En Algérie

Le cheptel caprin Algérien est très hétérogène et composé d'animaux de population locale, et de population croisée avec des races importées.

⇒ Population locale

La population locale est divisée en plusieurs sous-populations : celle dite Sahélienne ou Touareg, Fulani, Bariolée du Sahel et subdivisé en deux sous populations ; la Arbia et la Makatia. La naine de Kabylie des montagnes de Kabylie et du Dahra. Il existe aussi la M'zabit (de Tougourt, M'zab) au sud du pays (Madani et *al.*, 2003).

❖ Chèvre ARBIA

La plus dominante de ces races est la chèvre Arabe dite population Arabo-maghrébine. Elle se localise dans la zone steppique ou semi steppique et présente un format peu développé, brun foncé et dépourvue de cornes. Au niveau du phénotype elle manifeste des caractères plus homogènes : Robe noire à longues poiles, pattes blanches au-dessus du genou, raies blanches et fauves sur le visage, taches blanches à l'arrière des cuisses. Cet animale est parfaitement adapté aux contraintes des parcours et semble posséder de bonnes aptitudes de reproduction. La chèvre est principalement élevée pour la viande de chevreaux même si son lait, produit en faible quantité, représente un intérêt indéniable. Elle est aussi saisonnée (Tedjani, 2010).



Figure 1 : La chèvre a : Arabia, b : Makatia, c : M'Zab, d : Kabyle (Benyoub, 2016).

❖ Chèvre KABYLE

De petite taille, elle peuple abondamment les massifs montagneux de la Kabylie, des Aurès et du Dahra. Son poil est long, de couleur généralement brun foncé, parfois noir, la tête de profil courbé est surmontée de cornes (Mami, 2013).

Dite aussi «naine de Kabylie», elle est surtout appréciée pour sa viande qui est d'une très bonne qualité, ceci contrairement à sa production laitière qui est médiocre et parfois très faible. Néanmoins, en plus de sa production carnée, son point fort est la longueur de son pelage qui offre un poil pur, généralement de couleur brun à noir (Kebbab, 2016).

❖ Chèvre MAKATIA

La chèvre MAKATIA présente un corps allongé à dessus droit, chanfrein légèrement convexe chez quelques sujets, robe variée de couleur grise, beige, blanche et brune à poils ras et fin, longueur entre 3-5 cm. La tête est forte chez le mâle, et chez la femelle elle porte des cornes dirigées vers l'arrière, possède d'une barbiche et deux pendeloques (moins fréquentes) et de longues oreilles tombantes qui peuvent atteindre 16 cm. Le poids est de 60 kg pour le mâle et 40 kg pour la femelle, alors que la hauteur au garrot est respectivement de 72 cm et 63 cm (Benyoub, 2016).

❖ Chèvre M'ZAB

Dénommée aussi « la chèvre rouge des oasis ». Elle est originaire de Metlili ou Berriane, et se caractérise par un corps allongé, droit et rectiligne, la taille est de 68 cm pour le mâle, et 65 cm pour la femelle, avec des poids respectifs de 50 kg et 35 kg. La robe est de trois couleurs : le chamois qui domine, le brun et le noir, le poil est court (3- 7Cm) chez la majorité des individus, la tête est fine, portent des cornes rejetées en arrière lorsqu'elles existent, le chanfrein est convexe, les oreilles sont longues et tombantes (15 cm) (Hellal, 1986). Cette race est très appréciée dans l'Est méditerranéen pour ses capacités laitières et sa fertilité (Tedjani, 2010).

Selon les chiffres représentés dans le tableau 5, la chèvre Mozabite est la plus forte laitière produisant 460 Kg du lait par lactation qui dure 180 jours. Elle a aussi les taux de fécondité et de prolificité les plus élevés par rapport aux autres chèvres locales. En revanche, La chèvre Mekatia est la plus faible laitière (80 Kg du lait par lactation).

Tableau 5 : Caractéristiques zootechniques de quelques races en Algérie (Fantazi, 2004 cité par Habbi, 2014).

Races	Durée de lactation (jours)	Production laitière par lactation (Kg)	Fécondité (%)	Fertilité (%)	Prolificité (%)
Arabia	150	220	120	90	110
Kabyle	150	105	/	/	/
Mozabite	180	460	140	/	180
Mekatia	120	80	105	100	125

⇒ Races importés

Ce sont des races d'origine étrangère et qui sont la race Alpine, la race Saanen et la race Murciana Granadina. Elles se trouvent exclusivement dans des fermes privées à vocation laitière ou dans les fermes d'Etat.

La race Alpine originaire des Alpes suisses et françaises est une forte laitière de format moyen. Rustique, elle s'adapté aussi bien en stabulation qu'en pâturage ou à la vie à la montagne (Mignalox, 2007).

La race Saanen originaire de suisse aujourd'hui la plus répandue dans le monde parmi les races laitières. Caractérisé par une robe blanche à poils ras et un tempérament calme, c'est une race de grand format, solide et trapu, s'adaptant bien aux différents modes d'élevages notamment intensif. La race produit 800 Kg de lait en moyenne par lactation (Mazoyer et *al.*, 2002).

La race Murciano-Granadina est originaire de la région de l'Andalousie au sud de l'Espagne, cette race a une grande taille. La chèvre présente une prolificité élevée environ 200 %. Elle est principalement exploitée pour son aptitude laitière (Belaid, 2016).

1.3. Production du lait de chèvre

1.3.1. Dans le monde

La production mondiale du lait entier frais de chèvre est estimée en 2016 à plus de 15 millions de tonnes (Tableau 6). L'Asie est le premier producteur du lait de chèvre soit 52,7 % de la production mondiale, suivi par l'Afrique avec un taux de 25,7 %.

L'Amérique est le plus faible producteur du lait de chèvre (4,9 % de la production mondiale). Cette production est fluctuante d'une année à l'autre en enregistrant en 2016 une baisse de la production mondiale de l'ordre de 10,9 % par rapport à l'année 2012. Une forte diminution de la production du lait de chèvre a été enregistrée entre 2012 et 2016 dans l'Asie et l'Afrique soient des taux de baisse de 12,7 et 12,4 % respectivement.

Tableau 6 : Evolution de la production du lait de chèvre dans le monde (tonnes) (FAOStat, 2018).

Années Région	2012	2013	2014	2015	2016
Monde	17121284	16953498	17104498	17036183	15262116
Afrique	4483592	4170200	4193193	3912085	3928719
Amérique	768874	773308	714502	737100	751823
Asie	9213317	9387503	9576194	9835894	8043749
Europe	2655452	2622437	2620570	2551065	2537787

1.3.2 En Algérie

La production nationale du lait de chèvre est estimée en 2016 à 228981 tonnes soit 1,5 % de la production mondiale dont la Wilaya de M'sila produit environ 6950 litres/ an (FAOStat, 2018 ; DSA de M'sila, 2018).

1.4. Le lait de chèvre

1.4.1 Définition

Le lait de chèvre est un liquide blanc ou mât, opaque d'une saveur peu sucrée dont l'odeur (chèvre) lorsqu'il est récolté et conservé proprement, est peu marquée voire inexistante. Il donne une impression bien homogène c'est-à-dire ni trop fluide ni trop épais (Bosset, 2000 cité par Diof, 2004).

1.4.2 Composition du lait de chèvre

La composition moyenne du lait de chèvre est présentée par comparaison à celle du lait de vache et du lait humain qui servent souvent de référence (Tableau 7). Dans l'ensemble, le lait de chèvre se rapproche plus du lait de vache que de celui de femme.

Il faut toutefois noter qu'il existe des différences en fonction du génotype et de l'environnement (variation saisonnière, rôle de l'alimentation sur la composition lipidique) (Desjeux, 1993).

Tableau 7 : Composition du lait de chèvre en comparaison avec d'autres espèces (Sergi, 2008, Desjeux, 1993, Renner, 1983).

Espèce Composé		Vache	Chèvre	Brebis	Femme
Eau (%)		87	86	81	88
Energie (KJ)		272	296	/	289
Extrait sec (%)		13	14	19	12
Protéines (%)	Totales	3,5	3,8	5,8	1,2
	Caséines	2,9	3,4	4,9	0,6
	Protéines solubles	0,6	0,4	0,9	0,6
Lactose (%)		4,9	4,8	4,8	7
Lipides (%)		3,8	4,5	7,4	3,5
Minéraux (mg)	Totaux	0,8	0,9	1	0,3
	Na	50	40	/	14
	K	150	180	/	58
	Ca	120	130	/	34
	Mg	12	20	/	3
	P	95	110	/	12
Vit A (mg)		0,37	0,24	0,83	/

1.4.2.1 Glucides

Les glucides du lait sont formés principalement d'oligosaccharides, de saccharides azotés et non azotés. Le lactose, galactosido (1-4) glucose, diholoside réducteur, principal sucre du lait (Diof, 2004). Le lactose est un sucre extrêmement rare. C'est le constituant le plus rapidement attaqué par action microbienne.

Les bactéries transforment le lactose en acide lactique. Cette transformation parfois gênante est souvent utilisée en industrie laitière notamment pour l'obtention des laits fermentés et les yaourts. Son pouvoir sucrant est 6 fois plus faible que le sucre ordinaire (Boubezari, 2010).

1.4.2.2 Protéines

Les teneurs en protéines du lait de chèvre et du lait de vache sont comparables. Cependant, une différence est remarquée dans la distribution des variantes de caséines. Le lait de chèvre contient une quantité plus grande de caséine de type bêta alors que le lait de vache contient des quantités équivalentes entre les caséines alpha et bêta. Les protéines de lactosérum ne démontrent pas de différence significative (Nathalie et Sylvain, 2014).

1.4.2.3 Matière grasse

La matière grasse est l'un des constituants principaux de la matière sèche du lait. La matière grasse du lait de chèvre présente deux particularités qui lui sont propres : de petits acides gras et de petits globules gras (Christel, 2010).

❖ Petits acides gras

La matière grasse du lait est constituée à 98 % de triglycérides. De composition en acides gras est particulière au lait de chèvre : par rapport au lait de vache, on y trouve une proportion double en acides gras à courte et moyenne chaîne (acide butyrique (C 4), acides caprylique (C 6), caproïque (C 8) et caprique (C 10) (Christel, 2010).

❖ Petits globules gras

La matière grasse du lait est présente sous forme de globules gras. Le lait de chèvre contient une proportion plus importante de petits globules gras que le lait de vache : 63 % des globules gras caprins ont un diamètre inférieur à 3 µm contre 43 % pour le lait de vache (Christel, 2010).

1.4.2.4 Vitamines et sels minéraux

Les minéraux les plus représentés en quantité dans le lait de chèvre sont le potassium, le calcium, le sodium et le phosphore. On retrouve ces matières salines soit en solution dans la fraction soluble, soit sous forme liée dans la fraction insoluble (ou colloïdale). Certains minéraux se trouvent exclusivement à l'état dissous sous forme d'ions (sodium, potassium et chlore) et sont particulièrement bio disponibles. Les autres (calcium, phosphore, magnésium et soufre) existent dans les deux fractions (Courtet, 2010).

Le lait de chèvre contient de nombreux vitamines et minéraux à des concentrations satisfaisantes pour couvrir certains besoins journaliers. Cependant, le lait de chèvre ne peut couvrir tous les besoins journaliers qu'il faut apporter par d'autres moyens. Il s'agit en particulier de certaines vitamines dont la vitamine E, la vitamine C, l'acide folique et la vitamine B12, et de certains minéraux dont le fer (Desjeux, 1993).

1.5. Caractéristiques du lait de chèvre

1.5.1 Caractéristiques physiques

1.5.1.1 PH

Le pH est le cologarithme de la concentration en ions H^+ d'une solution donnée. Il permet de déterminer « l'acidité actuelle » du lait, qui peut être mesurée soit par le pH-mètre soit par le papier pH. Un lait normal de chèvre à la sortie de la mamelle est proche de la neutralité et a un pH de 6,5 qui peut varier jusqu'à 6,7. Toute valeur située en dehors de cet intervalle traduit une anomalie (Diof, 2004).

1.5.1.2 Acidité

L'acidité de titration indique le taux d'acide lactique formé à partir du lactose. L'acidité du lait de chèvre et de vache reste assez stable durant la lactation. Elle oscille entre 0,16 et 0,17% d'acide lactique (Veinoglou et *al.*, 1982 cité par Belarbi, 2015). L'acidité titrable, exprimé en degrés Dornic (°D) est de 15 à 18°D. On distingue l'acidité naturelle, celle qui caractérise le lait frais, d'une acidité développée issue de la transformation du lactose en acide lactique par divers microorganismes (Belarbi, 2015).

1.5.1.3. Densité

La densité d'un liquide est une grandeur sans dimension qui désigne le rapport entre la masse d'un volume donné du liquide considéré et la masse du même volume d'eau. Elle oscille entre 1,028 et 1,034 à 20 °C. La densité moyenne du lait de chèvre est de 1030 pour la chèvre (Vierling, 2008). La densité du lait d'une espèce donnée n'est pas une valeur constante.

1.5.2 Caractéristiques microbiologiques

1.5.2.1 Flore native

Le lait contient peu de micro-organismes s'il est prélevé dans de bonnes conditions à partir d'un animal sain. Les germes rencontrés sont des germes saprophytes du pis et des canaux galactophores et jouent des rôles importants : inhibition de la flore pathogène et d'altération, accroissement de la qualité marchande du lait, action antiseptique intestinale du consommateur (Diouf, 2004).

1.5.2.2 Flore de contamination

La Contamination exogène est en général massive par rapport à la contamination d'origine mammaire. Elle est extrêmement variable en importance selon les conditions de production et de conservation du lait. Les principales sources de contamination sont l'ambiance, l'état hygiénique de l'animal, l'état d'hygiène du trayeur, les ustensiles et les machines, la qualité de l'eau (Boubezari, 2010).

- ❖ **Flore totale** : la flore microbienne totale quantifiée lors des analyses de lait sous le terme «germes totaux» représente une image (non exhaustive) de l'ensemble des micro-organismes vivants présents dans l'échantillon de lait. Par commodité, il est fréquent de classer les micro-organismes en fonction de leur intérêt/risque vis-à-vis de l'élaboration, l'altération et l'hygiène des produits et de parler alors de micro-organismes « utiles », «indésirables» ou « potentiellement pathogènes » (Cnaol et le Gris, 2011).
- ❖ **Levures et moisissures** : de nombreux champignons filamenteux appelés souvent moisissures sont des contaminants fréquents dans les produits alimentaires. Ce sont des saprophytes dotés d'un grand pouvoir de dégradation. Certaines espèces sont toxigènes. D'autre sont très utilisées dans l'industrie (Guiraud et Galzy, 1980). De façon générale, les moisissures sont dix fois plus grosses que les levures (Lamontagne et *al.*, 2002). Les levures sont de 10 à 40 fois plus grosses que les bactéries. De forme ovale, elliptique ou rectangulaire, dans certain cas, elles se développent en produisant des renflements appelés bourgeons. On n'a pas identifié pour l'instant de levure pathogènes associées au domaine laitier (Lamontagne et *al.*, 2002).

1.6. Facteurs de variation de la composition du lait

De très nombreux facteurs liés à l'animal, à son environnement et aux conditions d'élevage influencent la composition du lait et donc son aptitude à la transformation fromagère (Magali, 2007).

❖ La race

Il existe de grandes différences au niveau mondiale mais pour les 2 races françaises les plus utilisées Alpine et Saanen. Les richesses des laits sont voisines à niveau de production équivalente avec toutefois des TB et TP légèrement plus faible pour la race Saanen. Par contre la race poitevine a un lait légèrement plus riche en liaison avec sa plus faible production quantitative (Magali, 2007).

❖ Génétique

Il existe des variations importantes de la composition du lait entre les différentes races laitières et entre les individus d'une même race. D'une manière générale, on remarque que les fortes productrices donnent un lait plus pauvre en matières azotées et en matière grasse. Ces dernières sont les plus instables par rapport au lactose (Veisseyre, 1979).

Une grande part de la variabilité du profil en protéines est d'origine génétique. Les différences raciales existantes sont liées au polymorphisme génétique. C'est-à-dire aux différentes versions des gènes, ou " variant génétique " répartis de manière différente entre races (Gelé, 2014).

❖ Stade de lactation

La teneur protéique est élevée en début de lactation. Elle chute jusqu'à un minimum au 2ème mois de lactation après un palier de 15 à 140 jours. Les taux protéiques croissent plus rapidement dans les trois derniers mois de lactation (Beldjilali, 2015).

❖ Etat sanitaire

Une infection de la mamelle ou de l'organisme de l'animale se traduit par une baisse de la production laitière et une modification de la composition du lait. Le taux butyreux ne varie pas de façon systématique (Decaen, 1969).

❖ Alimentation

La production et la composition du lait sont directement influencées par la quantité et la qualité de l'alimentation (Meyer et Denis, 1999). Une sous-alimentation, entraîne une diminution de la production laitière, du taux protéique et une augmentation du taux butyreux (Bamouh, 2006).

❖ Saison

Les pourcentages de gras et de protéines dans le lait sont plus élevés pendant l'hiver que pendant l'été. Le composant du lait qui varie le moins dû aux saisons est le lactose et celui qui varie le plus est la MG, avec la protéine qui représente un résultat mitoyen. Cette variation est due aux changements dans la ration et aux conditions climatiques (Pacheco, 2016).

❖ Condition de traite

La traite doit respecter la physiologie de l'éjection du lait résultant d'un réflexe Neur-hormonal. Les facteurs inhibant l'éjection du lait (stress, douleur, émotion) réduisent considérablement la quantité de lait. Le nombre de traite par jour a également une incidence sur la quantité de lait produite. En effet on note une augmentation de 40 % si l'on passe de deux à trois traites par jour (Vaitchafa, 1996).

1.7. Valeur nutritionnelle

De tous les laits animaux, le lait de chèvre est celui qui présente une composition nutritionnelle comparable à celle du lait de vache (Renner *et al.*, 1996). Les deux types de lait comportent environ 13 % de matières sèches. Les teneurs en protéines des deux laits sont comparables. Cependant, le lait de chèvre contient une quantité plus grande de caséine de type bêta alors que le lait de vache contient des quantités équivalentes entre les caséines alpha et bêta (Sylvain, 2004).

La matière grasse du lait de chèvre est différente que celle de lait de vache. Une particularité qui rend le lait de chèvre plus digeste. Le lait de chèvre contient deux fois plus de triglycérides à chaînes courtes et moyennes. Ces acides gras étant reconnus pour leur facilité d'absorption (Agathe, 2014 ; Sylvain, 2004).

Le lait de chèvre comporte près de deux fois plus de vitamine A que le lait de vache. Il se retrouve exclusivement sous forme de rétinol. Le rétinol s'avère être la forme la plus active et la plus rapidement utilisable par le corps. La niacine joue un rôle important dans l'utilisation des protéines, des glucides et des lipides. Le lait de chèvre en contient trois fois plus que le lait de vache et autant que le lait maternel. Le lait de chèvre renferme globalement plus de calcium, magnésium, potassium et phosphore que le lait de vache. Il possède, par le fait même, un grand pouvoir alcalinisant et un pouvoir tampon, ce qui contribue, entre autres, au maintien d'une bonne masse osseuse (Sylvain, 2004).

1.8. Valeur thérapeutique

L'apport de vitamines et de minéraux dits antioxydants passionne les nutritionnistes actuellement à cause des possibilités de réduire les risques de cancers, de maladies cardiovasculaires et de cataractes, pour ne parler que des maladies les plus fréquentes. À ce sujet, on peut noter que le lait de chèvre contient autant de sélénium que le lait maternel et deux fois plus de glutathion peroxydase que le lait de vache. Le sélénium qui est un métal nécessaire à l'activité enzymatique glutathion peroxydase (antioxydant qui agit conjointement avec le sélénium) (Sylvain, 2004 ; Desjeux, 1993).

La xanthine oxydase sert à la dégradation des purines. Ce qui entraîne une augmentation d'acide urique dans le sang. « Le lait de chèvre contient beaucoup moins de xanthine oxydase que le lait de vache, ce qui peut être utile dans les cas de goutte ou chez les personnes qui ont tendance à avoir un taux élevé d'acide urique dans le sang. » (Sylvain, 2004).

Dans les cas d'intolérance à la protéine laitière ou au lactose qui ne comporte aucun risque majeur pour la santé ou la vie du patient, le lait de chèvre pourrait être une alternative à essayer (Sylvain, 2004).

Chapitre 2

Le yaourt

2.1. Définition

« La dénomination "yaourt" ou "yoghourt" est réservée au lait fermenté obtenu, selon les usages loyaux et constants, par le développement des seules bactéries lactiques thermophiles homofermentaire spécifiques dites *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, qui doivent êtreensemencées simultanément et se trouver vivantes dans le produit fini, a raison d'au moins 10 millions de bactéries par gramme rapportées à la partie lactée. La quantité d'acide lactique libre contenue dans le yaourt ou yoghourt ne doit pas être inférieure à 0,7 gramme pour 100 grammes lors de la vente au consommateur ». (Codex Alimentarius [norme n°A-11 (1975)] et la législation française [Décret n°88-1203 du 30 décembre (1988) relatif aux laits fermentés et au yaourt ou yoghourt]).

2.2. Matières premières et ingrédients

2.2.1. Lait

Généralement, le lait de la vache est la base de fabrication des yaourts. Le yaourt à base du lait de chèvre est apprécié par les consommateurs, mais il n'y a pas eu fidélité dans l'acte d'achat. Quand il a fallu payer le double ou le triple pour manger du yaourt de chèvre qui a peu près le même goût que le yaourt de vache (Jean-Pierre, 1996).

2.2.2. Ferments lactiques

Généralement, un levain mixte constitué de *Streptococcus thermophilus* et de *Lactobacillus bulgaricus* est utilisé pour la fabrication du yaourt. Bien que ces deux bactéries lactiques soient capables de fermenter le lait individuellement, leurs croissances et leurs métabolismes sont stimulés en cultures mixtes par rapport à des monocultures (Ben Yahia, 2012). *Lactobacillus bulgaricus* est un agent d'acidification et de tenue alors que *Streptococcus thermophilus* est un ferment d'arôme (Guiraud et Galzy, 1998).

2.2.3. Sucre

Le lait peut être additionné de sucre avant la fermentation, à hauteur de 5 à 100 %. Cette addition conditionne le choix des ferments, car certaines souches sont sensibles à la diminution de l'activité de l'eau qui résulte de cette opération. Le sucre est généralement constitué de saccharose, cristallisé ou sous forme liquide (sirop). Il est aussi courant d'utiliser du sucre inverti (sirop de saccharose hydrolysé), qui contient, à parts égales, du glucose et du fructose. Dans le cas des produits allégés, le sucrage est effectué par l'addition d'un édulcorant (aspartam ou polyols) (Meghachou, 2013).

2.2.4 Autres

Différentes additions sont ajoutées licitement aux yaourts : matières colorantes autorisées, matières aromatique, pulpes ou jus de fruits, miel ou confiture, à condition que le lait fermenté représente au moins 70 % du produit mis en vente (Vierling, 2003).

2.3. Etapes de fabrication

Le diagramme de fabrication du yaourt diffère selon le type de ce dernier (Figure 2) mais dans l'ensemble, il passe par trois étapes : le traitement thermique, la fermentation et le conditionnement et stockage.

2.3.1 Traitement thermique

Le barème de traitement thermique le plus utilisé est 90 à 95 °C pendant 3 à 5 minutes. Ce traitement a de multiples effets sur la flore microbienne ainsi que sur les propriétés physico-chimiques et fonctionnelles du lait. Il crée des conditions favorables au développement des bactéries lactiques, détruit les germes pathogènes et indésirables, inactive des inhibiteurs de croissance tels que les lactopéroxydases, réduit les sulfures toxiques et entraîne la production d'acide formique qui est un facteur de croissance pour *L. bulgaricus* (Pacikora, 2004).

2.3.2 Fermentation lactique

Le lait est refroidi pour atteindre la température optimale de fermentation (vers 45 °C). L'ensemencement (taux de 1 à 5 %) se fait le plus souvent à partir d'un levain déjà préparé en cuve. La fermentation se fait en 2 à 3 heures à 45 °C. La fermentation s'effectue dans les tanks de maturation à une température comprise entre 37,5 °C à 38,5 °C, la durée de maturation varie de 6 h à 8 h et cela dépend de la recette suivie. C'est au cours de cette étape qu'une partie du lactose se transforme en acide lactique (Brule, 1997 ; Mission Scientifique de Syndifrais, 1997).

L'association de *S. thermophilus* et *L. bulgaricus* allie à la fois une relation de compétition (compétition pour les nutriments disponibles dans le milieu de croissance) et une relation de mutualisme (synthèse et dégradation de métabolites pour l'autre bactérie). L'interaction entre ces deux bactéries dans un milieu laitier est décrite par le terme écologique de proto-coopération. La proto-coopération est la base pour la création de la relation symbiotique entre les deux espèces (*S. thermophilus* et *L. bulgaricus*) et un métabolisme combiné avec des effets positifs sur le produit fermenté (Beal et Corrieu, 1991 ; Tamime et Robinson, 1999 cités par Ben Yahia, 2012).

Streptococcus thermophilus est stimulée par l'apport d'acide aminé et de petits peptides provenant de l'activité protéolytique de *Lactobacillus bulgaricus*. La stimulation de *Lactobacillus bulgaricus* est attribuée à l'acide pyruvique et au dioxyde de carbone produits par *Streptococcus thermophilus* (Jeantet et al., 2008).

2.3.3 Conditionnement et stockage

Les yaourts, conditionnés dans des pots en verre ou en plastique, sont stockés en chambres froides à 4 °C en passant au préalable dans des tunnels de refroidissement. A ce stade, ils sont prêts à être consommés. La durée limite de leur consommation est de 28 jours. Pendant le stockage, les bactéries lactiques maintiennent une activité réduite. Cette évolution, appelée post-acidification, se traduit par une légère baisse du pH, surtout pendant les 2 premiers jours de stockage (Chibane, 2008).

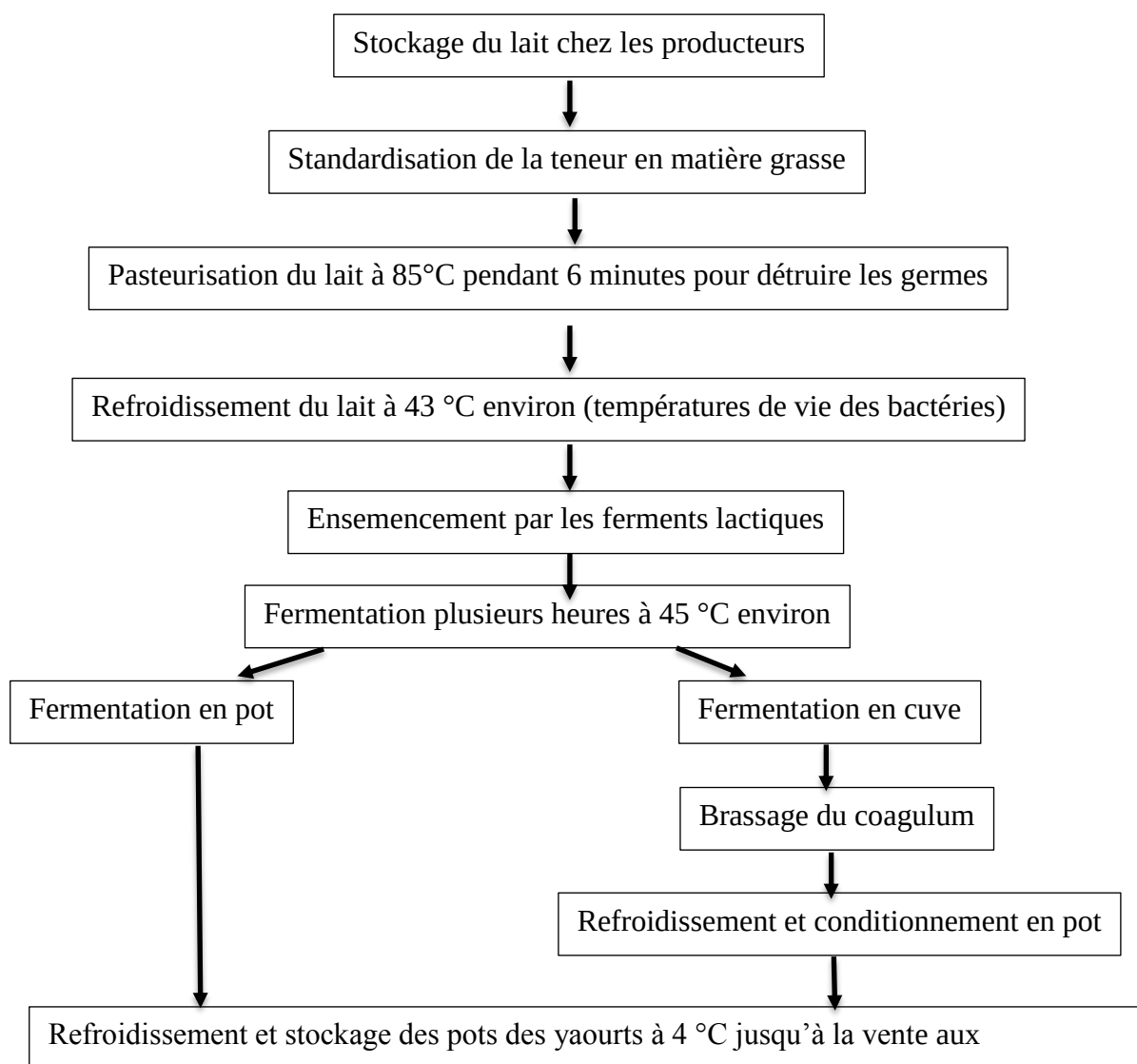


Figure 2 : Diagramme de fabrication du yaourt ferme et du yaourt brassé (Livret, 2016).

2.4. Classification du yaourt

Différentes sortes de yaourt sont trouvées sur le marché selon leurs teneurs en matière grasse, leur goût ou leur texture. Selon la teneur en matière grasse on distingue les yaourts maigres (moins de 1 % de matière grasse), les yaourts naturels (1 % de matière grasse), les yaourts au lait entier (3,5 % de matière grasse). Selon leur goût il existe les yaourts nature (sans addition) ; les yaourts sucrés ; les yaourts aux fruits, au miel, à la confiture (moins de 30 % d'éléments ajoutés) et les yaourts aromatisés (aux arômes naturels ou de synthèse autorisés par la législation). Selon la texture on note les yaourts fermes (coagulés en pot), les yaourts brassés (coagulés en cuve et brassés pendant la mise en pot), les yaourts « à boire » (texture liquide) (Cidil et Inra, 2009).

2.4. Composition chimique

Le yaourt est caractérisé par la baisse de la teneur en lactose de 20 à 30 %. En partant d'un lait enrichi de poudre de lait écrémé au taux de 2 %, la teneur du yaourt en lactose résiduel est de l'ordre de 4,5 g pour 100 g. La dégradation du lactose conduit à la formation de galactose, de glucose et d'acide lactique qui passe d'un niveau pratiquement nul à un niveau de 0,8 à 1 %. Les quantités finales de galactose sont aux alentours de 1 à 1,5 %. Les concentrations en glucose et oligosaccharides sont très faibles (Mission Scientifique de Syndifrais, 1997). Le tableau 8 représente les teneurs en composés chimiques et les valeurs énergétiques de quelques types du yaourt.

Tableau 8 : Composition chimique et valeur énergétique des yaourts pour 100 g du produit (Cidil et Inra, 2009).

	Valeur énergétique (Kcal)	Protéines (g)	Lipides (g)	Glucides (g)	Calcium (mg)	Sodium (mg)	Potassium (mg)	Phosphore (mg)
Yaourt nature	48	4,15	1,2	5,2	174	57	201	114
Yaourt au lait entier	68	3,8	3,5	5,3	171	56	206	112
Yaourt nature 0%	39	4,2	traces	5,4	164	55	180	100
Yaourt nature sucré	83	3,8	1,1	14,5	160	52	195	105
Yaourt brassé nature	88	3,75	1,65	14,5	140	50	190	110
Yaourt brassé aux fruits	103	3,1	2,7	16,5	140	45	180	100
Yaourt au lait entier aux fruits	84	3,6	traces	17,2	140	45	180	100

2.5. Caractéristiques physico-chimiques

2.6. Valeur nutritionnelle et thérapeutique

Selon Ben Yahia (2012) et Tamime et Robinson (1999), les valeurs nutritionnelles du lait sont tout à fait transposables au yaourt. En effet, le yaourt concentre les qualités nutritionnelles du lait auxquelles s'ajoutent les propriétés apportées par les ferments lactiques. Grâce à sa haute teneur en eau de plus de 80 %, le yaourt est un aliment hydratant. Il contient du lactose qui est la source de carbone majoritaire.

Pendant la fermentation, ce disaccharide est hydrolysé par la β -galactosidase bactérienne en glucose et Galactose.

L'activité coagulante de l'acide lactique et la libération par les bactéries d'enzymes hydrolysant la caséine augmentent la digestibilité protéique du yaourt (Vierling, 2003).

Le yaourt est particulièrement riche en minéraux et oligo-éléments. Un pot de yaourt couvre 13 % des besoins journaliers en phosphore et 16 % des besoins de calcium d'un adulte. Lors de la fermentation du yaourt, l'acide lactique produit permet la solubilisation du calcium (Ben Yahia, 2012 ; Tamime et Robinson, 1999).

L'acidité du yaourt inhibe la prolifération des microorganismes pathogènes (activité antimicrobienne) et stimule les mouvements péristaltiques du tube digestif, facilitant l'élimination de ces microorganismes. La flore lactique du yaourt a un effet bénéfique sur certain mécanismes immunitaires (Jeantet et *al.*, 2008 ; Vierling, 2003).

Chapitre 3

Matériel et méthodes

Le présent travail est déroulé entre le début du mois d'avril et la fin du mois de juin dans les laboratoires de département d'agronomie de l'Université Med. Boudiaf, le laboratoire des analyses physico-chimiques de la laiterie d'Elhodna de M'sila et le laboratoire des analyses physico-chimiques de la laiterie Biladi de Boussaâda.

3.1. Inspection des élevages et échantillonnage du lait

Les échantillons du lait de chèvre analysés proviennent des communes d'Ain Elkhadra et d'Ouanougha, Wilaya de M'sila (Figure 3). Deux fermes, réparties dans ces communes, ont été visitées (trois à quatre fois) pour l'inspection des élevages et l'échantillonnage du lait.



Figure 3 : Carte géographique de la wilaya de Bouira et lieux d'échantillonnage

3.1.1. Enquête

Deux fermes réparties dans les communes d'Ain Elkhadra (ferme 1) et d'Ouanougha (ferme 2) ont fait l'objet de cette étude. Pour recueillir des informations relatives à la conduite d'élevage et aux performances techniques, un questionnaire (Annexe 1) a été établi et rempli lors d'un premier passage dans ces fermes. Il englobe l'étude de plusieurs variables relatifs à la pratique d'élevage du caprin (Les bâtiments d'élevage, l'effectif du caprin, les races, la composition des troupeaux, production du lait, conduite alimentaire et l'hygiène représenté par le type et la fréquence de nettoyage de l'animal et des étables).

3.1.1. Echantillonnage du lait

La collecte des échantillons est faite juste après la traite matinale afin de déterminer la qualité physico-chimique et microbiologique du lait. Les échantillons sont réfrigérés (dans une glacière) pour éviter l'effet de la température lors du transport vers le laboratoire. Deux échantillons ont été prélevés pour les analyses : un pour les analyses physico-chimiques et l'autre pour les analyses microbiologiques.

3.2. Analyses physico-chimiques

Les paramètres retenus pour les analyses physico-chimiques sont : pH, acidité, extrait sec total, densité, matière grasse, protéines, minéraux (sodium, potassium, calcium et phosphore) et les sucres totaux.

3.2.1. Détermination du pH

Ce test nous renseigne sur l'état de fraîcheur du lait. Il est réalisé par trempage de pH-mètre dans un bécher contenant 10 ml du lait. La lecture des résultats se fait directement à partir de l'affichage sur le cadran du pH-mètre.

3.2.2. Mesure de la teneur en matière sèche totale

La matière sèche du lait est le produit résultant de la dessiccation par évaporation d'une certaine quantité du lait (AFNOR, 1985). Cette méthode gravimétrique consiste à :

- Sécher les creusets vides à l'étuve à 103 ± 1 °C pendant 30 min.
- Refroidir et peser les creusets vides.
- Dans les creusets séchés, introduire 5 ml du lait à l'aide de la pipette et peser.
- Mettre ensuite les creusets dans l'étuve pendant 24 h pour les sécher.

- Refroidir les creusets dans le dessiccateur (30 min) puis les peser.
- La matière sèche du lait exprimée en pourcentage de masse, est égale à :

$$MS (\%) = \frac{M1 - M0}{M} \times 100$$

Où :

M1 : Masse en grammes, du creuset et du résidu après dessiccation et refroidissement.

M0 : Masse en grammes, du creuset vide.

M : Masse de la prise d'essai en gramme.

3.2.3. Détermination des cendres totales

La teneur en matière minérale est déterminée par la méthode de référence (NA 732/1990). Elle consiste à incinérer une prise d'essai dans une atmosphère oxydante à une température de 550 ± 10 °C, jusqu'à combustion complète de la matière organique et obtention d'une masse constante. L'opération passe par les étapes suivantes :

- Placer le creuset contenu le résidu du lait obtenu lors de détermination de la matière sèche dans le four à 550 ± 10 °C ;
- Poursuivre l'incinération jusqu'à combustion totale de la matière organique et obtention d'une coloration blanchâtre environ 5 h ;
- Refroidir le creuset dans le dessiccateur pendant une heure et le peser.
- La teneur en cendres exprimée en pourcentage massique de l'échantillon rapportée à la matière telle qu'elle est donnée par la relation suivante :

$$TC \% = \frac{m2 - m0}{m1 - m0} \times 100$$

Où :

TC : taux des cendres (%).

m 0 : masse du creuset vide (g).

m 1 : masse du creuset et de la prise d'essai (g).

m 2 : masse du creuset et du résidu (g).

3.2.4. Dosage des sucres totaux

Nous avons opté pour la méthode de Dubois et *al.* (1956) pour le dosage des sucres totaux. Cette méthode permet de doser les oses et les hexoses en utilisant le phénol et l'acide sulfurique concentré. En présence de ces deux réactifs, les oses donnent une couleur jaune-orange dont l'intensité est proportionnelle à la concentration des glucides.

La méthode consiste à faire introduire 1 ml du lait (dilution 10^{-2}) dans un tube à essai, ajouter 1 ml de la solution de phénol à 5 % et agiter soigneusement, puis 5 ml d'acide sulfurique sont ajoutés en 5 secondes. Après agitation rapide (agitation au vortex) laisser refroidir à l'obscurité durant 30 minutes, lire l'absorbance à 490 nm et déterminer la teneur en sucres en se référant à la courbe d'étalonnage du glucose (Annexe 2).

Pour la préparation de la courbe d'étalonnage du glucose il faut :

- Dissoudre 100 mg du glucose dans 100 ml d'eau distillée ;
- Prendre de la solution précédente 4 ml et compléter à 50 ml avec l'eau distillée ;
- A partir de la solution (4/50, v/v) du glucose, préparer une série de tubes à essai dont les concentrations sont de 8 à 72 $\mu\text{g/l}$ (Tableau 9) ;
- Le dosage est réalisé de la même manière citée au-dessus.

Tableau 9 : Courbe d'étalonnage du glucose

Tubes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Solution du glucose (ml)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Eau distillée (ml)	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
Concentration ($\mu\text{g/l}$)	0	8	16	24	32	40	48	56	64	72

3.2.5. Dosage de la matière grasse (méthode acido-butyrométrique)

La méthode acido-butyrométrique est une technique conventionnelle qui lorsqu'elle est appliquée à un lait entier de teneur en matière grasse moyenne et de masse volumique moyenne à 20 °C (27 °C dans les pays tropicaux) donne une teneur en matière grasse exprimée en grammes pour 100 g du lait ou 100 ml du lait (AFNOR, 1985).

Pour le dosage de la matière grasse nous avons suivi ce protocole :

- A l'aide d'une pipette ou d'un système automatique, mesurer 10 ml d'acide sulfurique et les introduire dans le butyromètre ;
- Retourner doucement trois ou quatre fois le récipient contenant l'échantillon préparé ;
- Prélever immédiatement à la pipette 11 ml du lait et le verser dans le butyromètre sans mouiller le col de celui-ci de façon qu'il forme une couche au-dessus de l'acide ;
- A l'aide d'une pipette ou d'un système automatique mesurer 1 ml d'alcool iso-amylque et l'introduire dans le butyromètre sans mouiller le col du butyromètre ni mélanger les liquides,
- Bien boucher le butyromètre sans perturber son contenu
- Agiter et retourner le butyromètre jusqu'à ce que son contenu soit complètement mélangé, et jusqu' à ce que les protéines soient entièrement dissoutes ;
- Placer immédiatement le butyromètre dans la centrifugeuse GERBER, amener la centrifugeuse à la vitesse requise (1200 tr/mn) en 2 minutes ;
- Placer le butyromètre dans un bain d'eau à $65\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ pendant 2 à 3 minutes ;
- Enlever le butyromètre du bain d'eau , le bouchon étant toujours ajuster vers le bas , ajuster soigneusement le bouchon pour amener l'extrémité inférieure de la colonne grasse avec le minimum de mouvement de cette colonne devant le repère le plus proche ,
- Noter le trait de repère correspondant à l'extrémité inférieure de la colonne de la matière grasse coïncidant avec le point le plus bas du ménisque

3.2.6. Détermination de la densité

Le méthode consiste à :

- Verser le lait dans l'éprouvette tenue inclinée afin d'éviter la formation de mousse ou de bulles d'air ;
- Remplir l'éprouvette jusqu'à un niveau tel que le volume restant soit inférieur à celui de la carène de lactodensimètre (il est commode de repérer ce niveau par un trait de jauge sur l'éprouvette),

- L'introduction de lactodensimètre dans l'éprouvette pleine du lait provoquer un débordement de liquide, ce débordement est nécessaire, il débarrasse la surface du lait des traces de mousse qui gêneraient la lecture,
- Placer l'éprouvette ainsi remplie en position verticale, il est recommandé de la plonger dans le bain à 20 °C lorsque la température du laboratoire n'est pas comprise entre 18 °C et 22 °C ;
- Plonger doucement le lactodensimètre dans le lait en le maintenant dans l'axe de l'éprouvette en le retournant dans sa descente jusqu'au voisinage de sa position d'équilibre,
- Attendre trente secondes à une minute avant d'effectuer la lecture de la graduation, cette lecture étant effectuée à la partie supérieure du ménisque, lire la température.

3.2.7. Dosage des minéraux

Le dosage de sodium, potassium et calcium a été réalisé par photométrie de flamme alors que le phosphore par spectrophotomètre d'absorption atomique. Pour la préparation des échantillons il faut :

- Mettre 3 g d'échantillon dans un creuset ;
- Introduire le creuset dans le four de calcination (550 °C) pendant 5 h jusqu'à l'obtention des cendres blanchâtres ;
- Ajouter 10 ml de HNO₃ à 20 % dans chaque creuset ;
- Chauffer 5 min par plaque chauffante à 100 °C ;
- Filtrer par papier filtre et compléter avec l'eau distillée jusqu'à 100 ml ;
- Conserver la solution minérale jusqu'à l'utilisation.

Pour chaque élément à doser, nous avons préparé une courbe d'étalonnage (Annexe 2) :

➤ Sodium

- Préparer une solution mère de sodium de 0,1 g/l, mettre 0,252 g de NaCl pur dans une fiole de 1000 ml et compléter à 1000 ml avec l'eau distillée ;
- Préparer une gamme de six solutions filles comme des concentrations allant de 1 à 20 mg/l (Tableau 10) ;

Tableau 10 : Gamme étalon de sodium.

Solution mère (ml)	1	4	8	12	16	20
Eau distillée	Quantité suffisante pour 100 ml					
Concentration massiques (mg/l)	1	4	8	12	16	20

➤ **Potassium**

- Préparer une solution mère de potassium (0,5 g/l), mettre 0,943 g de KCl pur dans une fiole de 1000 ml et compléter à 1000 ml avec l'eau distillée ;
- A partir de la solution mère de potassium, préparer une gamme de cinq solutions filles comme il est indiqué dans le tableau 11.

Tableau 11 : Gamme étalon de potassium

Solution mère (ml)	2	4	8	12	16
Eau distillée (ml)	Quantité suffisante pour 100 ml				
Concentration massique (mg/l)	10	20	40	60	80

➤ **Calcium**

- Préparer une solution mère de calcium de 1 g/l en dissolvant 0,555g de CaCl_2 dans 100 ml d'eau distillée ;
- A partir de la solution mère de calcium, préparer six solutions filles comme il est indiqué dans le tableau 12.

Tableau 12 : Gamme étalon de calcium

Solution mère (ml)	0,5	1	2	4	8	10
Eau distillée (ml)	Quantité suffisante pour 100 ml					
Concentration (mg/l)	5	10	20	40	80	100

➤ **Phosphore**

- Préparer une solution mère de phosphore de 25 mg/l en dissolvant 0,110 g de KH_2PO_4 dans 1000 ml d'eau distillée ;
- A partir de la solution mère de phosphore, préparer cinq solutions filles comme il est indiqué dans le tableau 13.

Tableau 13 : Gamme étalon de phosphore

Solution mère (ml)	10	20	30	40	50
Eau distillée (ml)	Quantité suffisante pour 100 ml				
Concentration (mg/l)	2,5	5	7,5	10	12,5

Le dosage consiste à sélectionner la longueur d'onde adéquate pour chaque élément, régler le zéro de l'échelle des absorbances avec l'eau distillée, aspirer successivement les dilutions de la solution étalon puis l'échantillon (dilué) dans le brûleur du spectrophotomètre puis ; relever les absorbances. Effectuer les déterminations en double et exprimer les résultats en mg/100 g en se référant à la courbe d'étalonnage.

3.2.7. Dosage des protéines totales

La méthode de KJELDAHL est une méthode classique ; utilisée pour quantifier les protéines contenues dans un produit à partir de dosage de l'azote total. Cette méthode est basée sur la minéralisation par l'acide sulfurique H_2SO_4 d'une prise d'essai, en présence de catalyseurs, suivie d'une distillation de l'ammoniac libéré, dans un excès d'acide borique H_3BO_3 . La teneur en azote de l'échantillon sera déterminée par titrimétrie de l'ammoniac par l'acide chlorhydrique HCl à 0,1 N (NA 652, 1992).

Cette méthode passe par trois étapes :

a-Minéralisation

- Dans des matras de KJELDAHL, introduire environ 15 g de sulfate de potassium anhydre K_2SO_4 et 1 g de sulfate de cuivre CuSO_4 ;
- Ajouter dans le premier matras 3 g d'échantillon ;
- Ajouter 25 ml d'acide sulfurique pure ;
- Effectuer un essai à blanc, en utilisant 1 g de saccharose comme prise d'essai ;

- Placer les matras dans le minéralisateur pendant 3 h à 350 °C jusqu'à obtention d'une solution verdâtre limpide.

b-Distillation et dosage de l'ammoniac

- Après refroidissement des minéralisates, ajouter avec précaution 90 ml d'eau distillée dans chaque matras ;
- La neutralisation est réalisée avec 80 ml d'une solution d'hydroxyde de sodium NaOH à 32 %
- Placer la fiole au distillateur et l'allonge qui termine le dispositif dans une fiole conique contenant 80 ml d'acide borique H_3SO_4 à 2 % et 1ml de l'indicateur mixte (0,2 g rouge de méthyle et 0,1 g bleu de méthylène dans 100 ml éthanol à 95 %) ;
- Après distillation ; tirer le distillat avec l'acide chlorhydrique à 0,1 N.

Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en pourcentage du poids de protéines par rapport au volume total de la prise d'essai selon la formule suivante :

$$P\% = \frac{1,4(V1 - V0)N.F}{V}$$

Où :

P% : La teneur en protéine, exprimée en pourcentage ;

N : Normalité de l'acide chlorhydrique, qui est de l'ordre de 0,1 N ;

V_0 : Volume, en ml, de la solution d'acide chlorhydrique, utilisé pour l'essai à blanc ;

V_1 : Volume, en ml, de la solution d'acide chlorhydrique utilisé pour le titrage ;

V : Volume en ml de la prise d'essai ;

F : Facteur de conversion à appliquer pour obtenir le taux des protéines à partir de l'azote total, qui est de l'ordre de 6,38 pour le lait.

3.3. Les analyses microbiologiques

L'appréciation de la qualité microbiologique du lait et des produits laitiers constitue un outil essentiel à l'évaluation de l'application des règles de bonne pratique et au respect des règles d'hygiène générales aussi bien à la ferme qu'à l'usine, cela afin d'établir la conformité aux normes (Lamontagne et *al.*, 2002 cité par Mahmoudi, 2009). Dans ce travail nous avons suivi les protocoles AFNOR (1986) pour les analyses microbiologiques.

3.3.1. Recherche et dénombrement de la flore mésophile totale (FMAR)

C'est l'ensemble des microorganismes aptes à se multiplier à l'air libre avec une croissance optimale située entre 25 et 45 °C. Cette flore est un indicateur de la qualité générale du produit à analyser (Guiraud, 1998).

A partir des dilutions décimales allant de 10^{-1} à 10^{-3} mettre aseptiquement 1 ml dans une boîte de pétrie vide et stérile. Compléter ensuite avec environ 15 ml de gélose PCA (plate count agar), faire ensuite des mouvements circulaires en forme 8 pour homogénéiser le mélange. Laisser se solidifier sur la paillasse puis incuber les boîtes à 30 °C pendant 72 h.

Retenir les boîtes contenant un nombre de colonies compris entre 30 à 300, les résultats sont exprimés en UFC (unité formant colonie) par ml :

$$X = N \cdot 1/D \cdot 1/V$$

Où :

X : nombres des bactéries /ml de produit.

N : nombre de colonie.

D : la dilution considérée est de 10^{-1}

V : volumeensemencé (1 ml)

3.3.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux

Ce sont des Entérobactéries, non sporulées, aérobies ou anaérobies facultatives, caractérisées par leur capacité de fermenter le lactose avec production du gaz après 48 h d'incubation à 37 °C (Leclerc, 1996).

1 ml de chaque dilution (10^{-1} , 10^{-2} et 10^{-3}) est introduit dans une boîte de Pétri vide est coulé par une couche de milieu désoxycholate. L'incubation a eu lieu à 37 °C pendant 24 à 48 h.

Les coliformes totaux apparaissent en masse sous formes de petites colonies de couleur rouge et de 0,5 mm de diamètre. Le nombre de colonies trouvé sera multiplié par l'inverse de la dilution correspondante.

3.3.3. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux

En plus des caractères précités pour les coliformes totaux, *Escherichia coli* a la capacité de se multiplier à 44 °C et de produire de l'indole. L'incubation a eu lieu à 44 °C pendant 24 à 48 h.

3.3.4. Recherche et dénombrement de *Clostridium sulfito-réducteur*

Les clostridies sont des bactéries sulfito-réductrice, anaérobies strictes, à gram positif, immobiles, sporulées, thermo- résistantes et fermentent le lactose avec production de gaz. Leur recherche est réalisée sur gélose VF (viande et foie) additionnée de sulfite de sodium et d'alun de fer. La présence de ces germes se manifeste par la réduction du sulfite de sodium en présence d'alun de fer en sulfure en donnant des colonies noires.

Leur recherche consiste à :

- Introduire 5 ml de la solution mer dans deux tubes à essai vide et stériles ;
- Ensemencé 1 ml dans un troisième tube contenant 4 ml d'eau physiologique ;
- Les trois tubes sont incubés dans un bain-marie réglé à 80 °C pendant 10 min ;
- Après un refroidissement immédiat sous l'eau de robinet (l'intérêt du choc thermique est de détruire les formes végétatives) ;
- Incuber à (37 °C) pendant 72 h.
- La première lecture est faite après 24 h d'incubation pour éviter les erreurs qui pourraient avoir lieu après 48 et 72 h.
- Les colonies de *Clostridium sulfito-réducteur* apparaissent entourer d'un halo noire et les résultats sont exprimés en nombre de spores dans 1 ml de produit.

3.5.5. Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus*

Les staphylocoques sont les bactéries aérobies-anaérobies facultatives, en forme de Cocci, à gram positif, immobiles et asporulés. Leur recherche est basée sur l'utilisation du milieu d'isolement et de dénombrement qui est la gélose de Baird Parker (BP) (Debuyser, 1996).

0,1 ml de solution mère étalé à l'aide d'une pipette pasteur transformée en râteau à la surface du milieu BP coulé préalablement dans une boîte de Pétri. L'incubation a eu lieu à 37 °C pendant 48h.

L'apparition de colonies noires, brillantes, convexes et entourées d'une zone transparente indique la présence de *S. aureus*.

3.3.6. Recherche et dénombrement des levures et moisissures

Les champignons inférieurs (levures et moisissures) prolifèrent sur les produits acides et causent des défauts de fabrication se traduisant par des altérations qui touchent à la qualité de produit (qualité nutritionnelle et organoleptique). L'intérêt de recherche et dénombrement de cette flore est de savoir si le traitement thermique appliqué et les conditions de conservation de l'aliment sont rigoureux et répond aux normes.

0,1 ml de la solution mère est étalé à la surface d'une boîte de Pétrie contenant le milieu Sabouraud. L'incubation a eu lieu à 25 °C pendant 5 jours.

Les levures forment des colonies rondes, lisses, légèrement bombées, opaques et parfois pigmentées, mais plus volumineuses que celle des bactéries. Par contre, les colonies des moisissures sont veloutées et plus grandes. Les résultats sont exprimés en nombre de germe par ml du produit.

3.4. Aptitude du lait à la transformation en yaourt

3.4.1. Préparation des yaourts

La préparation de yaourts est réalisée à l'échelle de laboratoire en respectant le diagramme de fabrication d'un yaourt brassé (Tableau 14 et Figure 4).

Tableau 14 : Recette d'un yaourt nature et des yaourts aux figues pour 100 g du produit.

Recette	lait (ml)	sucres (g)	Ferments (%)	poudre de figue
yaourt nature	100	0	0,03	0
8 g de la poudre de figue	100	0	0,03	8
10 g de la poudre de figue	100	0	0,03	10
12 g de la poudre de figue	100	0	0,03	12

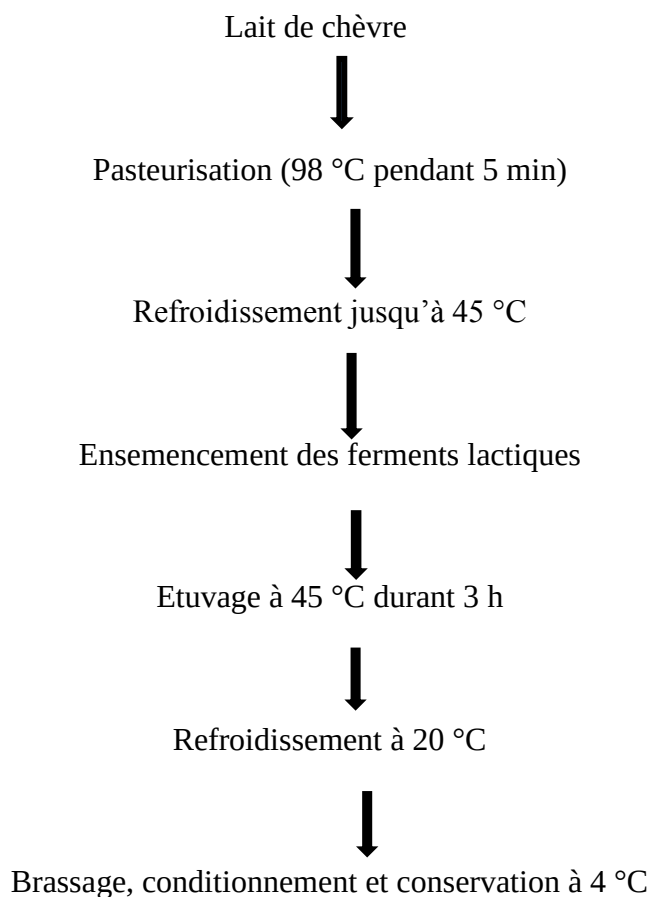


Figure 4 : Diagramme de fabrication du yaourt brassé (Chibane, 2008).

3.4.2. Analyses physico-chimiques des yaourts

Les analyses physico-chimiques des yaourts (pH, acidité, extrait sec total, densité, matière grasse, protéines, minéraux et sucres totaux) ont été réalisées en utilisant les mêmes protocoles utilisés pour les analyses physico-chimiques du lait.

3.4.3. Analyses microbiologiques

Dans le cas des produits solides, introduire aseptiquement 25 grammes de produit à analyser dans un flacon stérile contenant au préalable 225 ml de diluant TSE, homogénéiser pendant 6 à 8 minutes selon la texture de produit. Cette suspension constitue alors la dilution mère (DM) qui correspond donc à la dilution 1/10 ou 10^{-1} . A partir de cette dilution réaliser les autres dilutions.

Le tableau 15 résume l'ensemble des germes recherchés et dénombrés dans les différents yaourts préparés.

Tableau 15 : analyses microbiologique de yaourt

Germes recherchés	Milieu utilisé	T° d'incubation	Durée d'incubation
Coliformes totaux	désoxycholate	37 °C	24 à 48h
Coliformes fécaux	désoxycholate	44 °C	24h
Levures et moisissures	OGA	25 °C	5 jours
Germes totaux	PCA	30 °C	3 jours
Flore lactique :			
<i>Streptococcus thermophilus</i>	M17	37 °C	24 h

3.5. Test de dégustation

Douze personnes de deux sexes ont été choisies pour la réalisation du test de dégustation des yaourts aux figues à base du lait de chèvre au niveau du laboratoire de département des sciences agronomiques, université Med. Boudiaf de M'sila.

L'âge des membres du jury de dégustation varie de 21 à 40 ans. Le jury est constitué du personnel de laboratoire, des enseignants et des étudiants en sciences alimentaires sélectionné selon leur disponibilité, volonté et leur expérience dans les tests de dégustation.

Le goût (sucre, acidité), l'odeur, la fermeté ainsi que la qualité globale du yaourt témoin et des yaourts aux figues ont été déterminés en utilisant une échelle de notation de 1 à 5 (Annexe 3).

3.6. Analyse des résultats

On a réalisé une analyse descriptive des résultats via le logiciel Microsoft Excel XP 2007, après la saisie des résultats de l'enquête, des analyses physico-chimique, et microbiologique et le test de dégustation, nous avons transformé les données en tableaux et en histogrammes compréhensibles. Les résultats sont ensuite discutés sous la lumière des données bibliographiques.

Chapitre 4

Résultats et discussion

4.1. Description générale des exploitations enquêtées

Les caractéristiques des exploitations enquêtées sont représentées dans le tableau 16. Les deux exploitations étudiées ont un statut familiale. Les deux éleveurs ne sont pas formés et leur âge est 67 et 59 ans respectivement. Il apparaît que l'élevage du caprin dans la région étudiée est pratiqué par des éleveurs âgés que par des jeunes.

Tableau 16 : Caractéristiques des exploitations enquêtées

Paramètres	Ferme 1	Ferme 2
Date de création de l'exploitation	2015	2008
Subvention étatique	Non	Oui
Sexe	Femme	Homme
Age de l'exploitant (ans)	67	59
Formation de l'exploitant	Non formé	Non formé
Statue juridique	Propriétaire	Propriétaire
Main d'œuvre	1	2
Races	race mixte (Alpine avec Arabia)	Arabia
Effectif	1	8
Production laitière l/lactation	Environ 113	Environ 37
Alimentation : - paille - concentré (Kg) - pâturage	Oui 2,5 Non	Oui 1 Oui
Bâtiment d'élevage	Hangar simple en argile	Hangar simple en béton
Hygiène à la traite	Mauvaises	Mauvaises
Hygiène des locaux	Bonne	Moyenne à médiocre
Etat de l'animal	Bonne	Médiocre

Dans la première ferme, la race exploitée est une race mixte issue de croisement entre la race locale Arabia et une race importée l'Alpine alors que dans la deuxième ferme, la race locale Arabia est exploitée. Le premier éleveur détient une seule chèvre alors que le deuxième possède huit chèvres. Dans l'ensemble le caprin est élevé avec l'ovin en élevage mixte.

La production moyenne du lait dans la première ferme est de 113 litres/chèvre/an alors qu'elle est de 37 litres/chèvre/an dans la deuxième ferme. Cette quantité du lait reflète la capacité laitière médiocre de la race locale (Arabia) et l'amélioration (augmentation par 3 fois) de la production par croisement de cette race avec une race productrice du lait (Alpine). Elle reflète aussi les mauvaises pratiques d'élevage.

Les éleveurs utilisent comme ration de base la paille et complètent leur ration de base avec le concentré. Selon les informations données par les éleveurs, la quantité moyenne de concentré (Orge, sens de blé et parfois maïs) distribuée dans la première ferme est de 2,5 kg/j/chèvre et dans la deuxième ferme 1 kg/j/chèvre. On peut noter selon la déclaration des éleveurs que la quantité de concentré distribuée varie selon le niveau de production et le stade de lactation de la chèvre.

L'alimentation printanière et estivale est caractérisée par la mise en pâturage sur jachère et sur les chaumes dans la ferme 2, tandis que l'alimentation dans la ferme 1 est assurée par le fourrage sec.

Les deux fermes possèdent un seul bâtiment d'élevage à aération naturelle dont l'aire de couchage est constituée de la paille. Globalement, les animaux sont en stabulation entravée pour la ferme 1 et en stabulation libre pour la ferme 2.

La première ferme est construite en argile alors que la deuxième est construite en béton. La nature des matériaux influe beaucoup sur le confort des animaux. Pour les deux fermes, le sol n'est pas isolé, il est en terre battue ce qui rend le nettoyage difficile.

Les étables des exploitations enquêtées dans le présent travail sont éclairées et aérées. Les bouses sont évacuées chaque 7 à 10 jour. Les deux éleveurs nettoient leurs étables une fois par an afin d'éliminer la litière sèche et la réduction de la charge de la poussière.

Les deux fermes pratiquent la traite manuelle en lavant la mamelle par l'eau froide et sans élimination des premiers jets du lait pour la première ferme. Le nettoyage du matériel de traite se fait par l'eau javellisée dans les deux exploitations et le lait est conservé dans des bidons en plastique. La traite se fait à environ 8 heures plus au moins une heure.

Les maladies fréquentes enquêtée dans la ferme 1 résultent d'une mauvaise utilisation des aliments (quantité et fréquence). La principale maladie digestive se manifeste par constipation . Dans l'ensemble, on observe peu de maladies dans la ferme 1 contrairement à la ferme 2.

Les principales maladies (mammites, maladies infectieuses, fièvres) observées dans la deuxième ferme sont en relation directe avec un manque d'hygiène et une faible aération dans le bâtiment d'élevage. Les chèvres de cette ferme ne souffrent pas trop de blocage de l'estomac parce qu'elles sont en pâturages. Pour les deux fermes, la présence de vétérinaire est sur appel en cas de maladie, mais la vaccination est à heure spécifiée.

4.2 Analyses physico-chimiques du lait

4.2.1 pH, Acidité, densité, matière sèche et cendres totales

Les valeurs du pH du lait de chèvre dans notre étude varient entre 6,68 à 6,75 (Tableau 17). Le pH du lait dépend principalement de la présence de caséines et d'anions phosphoriques et citriques (Amiot et *al.*, 2002). Il dépend aussi des conditions hygiéniques lors de la traite, de la flore microbienne totale et de son activité métabolique (Laboui, 2009). Le pH du lait de chèvre se caractérise par des valeurs allant de 6, 45 à 6,90 (Benyoub, 2016). Dans l'ensemble, nos valeurs du pH du lait se situent dans l'intervalle cité par cet auteur.

Des résultats de tableau 16, il apparait que le lait issu de la ferme 1 est plus acide que celui de la ferme 2. Selon Belarbi (2015), l'acidité titrable du lait exprimée en degrés Dornic (°D) doit être entre 15 à 18 °D.

Tableau 17 : pH, Acidité, densité, matière sèche et cendres totales du lait

Echantillons	pH	Acidité (D°)	Densité	Matière sèche (%)	Cendres totales (%)
E1	6,68±0,01	15,9±0,4	1033	12,05±0,14	0,848±0,069
E2	6,75±0,02	12,15±0,45	1030	11,83±0,05	0,770±0,015

Les valeurs de la densité et de la matière sèche du lait de chèvre issu de la première ferme sont légèrement supérieures que celles du lait issu de la deuxième ferme (Tableau 17). Nos valeurs de la densité sont comparables à celles d'Ali Saoucha (2017) qui a travaillé sur le lait de chèvre provenant de quelques régions de la Wilaya de M'sila alors qu'elles sont inférieures à celles de Benyoub (2016) qui a analysé quelques laits de chèvre de Tlemcen. Nos résultats sont supérieurs à ceux trouvés par Boubezari (2010) qui a déterminé la densité du lait de chèvre de la race Arabia de la Wilaya de Jijel (1022).

En revanche les taux de matière sèche enregistrés dans notre travail (11,83 et 12,05 %) sont supérieurs à ceux enregistrés par Ali Saoucha (2017) et hautement inférieurs à ceux trouvés par Benyoub (2016).

L'alimentation possède un effet direct sur le taux de matière sèche du lait. Selon les résultats de notre enquête, l'éleveur de la ferme 1 distribue une alimentation basée sur le concentré et le fourrage sec tandis que le deuxième éleveur base dans l'alimentation du troupeau sur le pâturage (pauvre) et complémente la ration avec une faible quantité de concentré.

La race a une influence aussi sur la composition globale du lait de chèvre. La densité et le taux de matière sèche du lait de la chèvre mixte sont supérieurs à ceux de la chèvre Arabia.

Les principaux facteurs de variation sont liés soit à l'animal (facteurs génétiques, stade de lactation, état sanitaire ...) soit au milieu et à la conduite d'élevage (saison, climat, alimentation) (Vignola, 2002). Boubezari (2010) dans son étude comparant les teneurs en extrait sec dégraissé dans le lait de vache, chèvre et brebis a constaté une richesse du lait de brebis en extrait sec (13,7 %) par rapport aux autres laits et une différence non significative entre le lait de vache et celui de la chèvre.

D'après les résultats du tableau 17 on constate que l'échantillon 1 est plus riche en cendres totales que l'échantillon 2. Le taux de cendres est variable selon l'apport alimentaire, les espèces, les races, le moment de lactation et l'état sanitaire de l'animal (Remeuf, 1994 ; Yagil, 1985).

4.2.2 Sucres totaux

Les teneurs en sucres totaux dans le premier et le deuxième échantillon sont très proches soit 3,87 et 3,70 % (Figure 5). Ces teneurs sont inférieures à celles enregistrées par Ali Saoucha (2017).

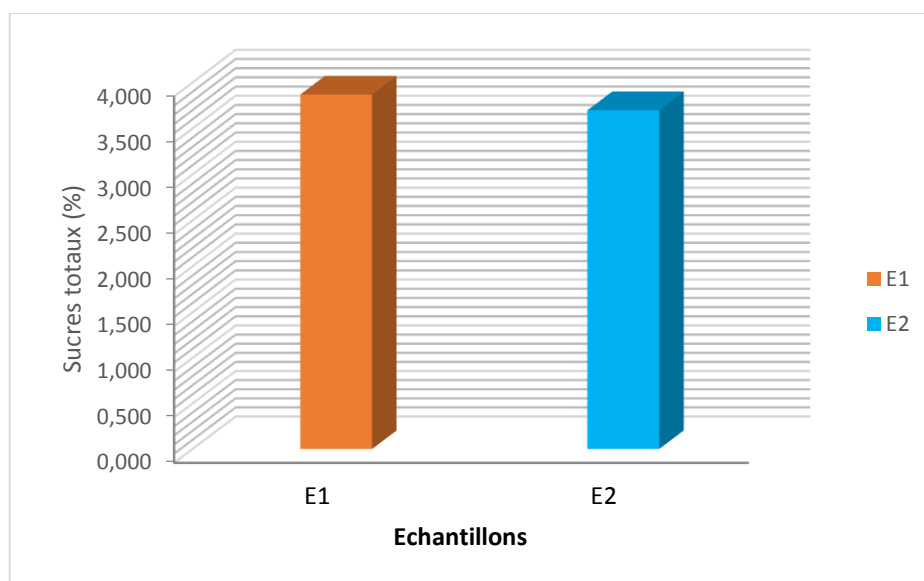


Figure 5 : Teneurs en sucres totaux dans le lait de chèvre (%)

Nos résultats de la teneur en sucre dans notre étude sont inférieurs à ceux cités par la littérature (4,4 à 4,8 %) (Sergi, 2008 ; Amiot et *al.*, 2002 ; Desjeux, 1993 ; Renner, 1983).

Le lactose est le glucide, ou l'hydrate de carbone le plus important du lait du lait puisqu'il constitue environ 40 % des solides totaux. D'autres glucides peuvent être présents en faible quantité comme le glucose et le galactose (Amiot et *al.*, 2002).

4.2.3 Protéines

Les Teneurs en protéines dans les échantillons du lait de chèvre, représentées par la figure 6, montrent que l'échantillon 1 présente la teneur la plus élevée en protéines à savoir 3,75 %. Les teneurs en protéines enregistrées dans notre étude sont comparables à celles évoquées par Amiot et *al.* (2002) et inférieures à celles citées par Benyoub (2016).

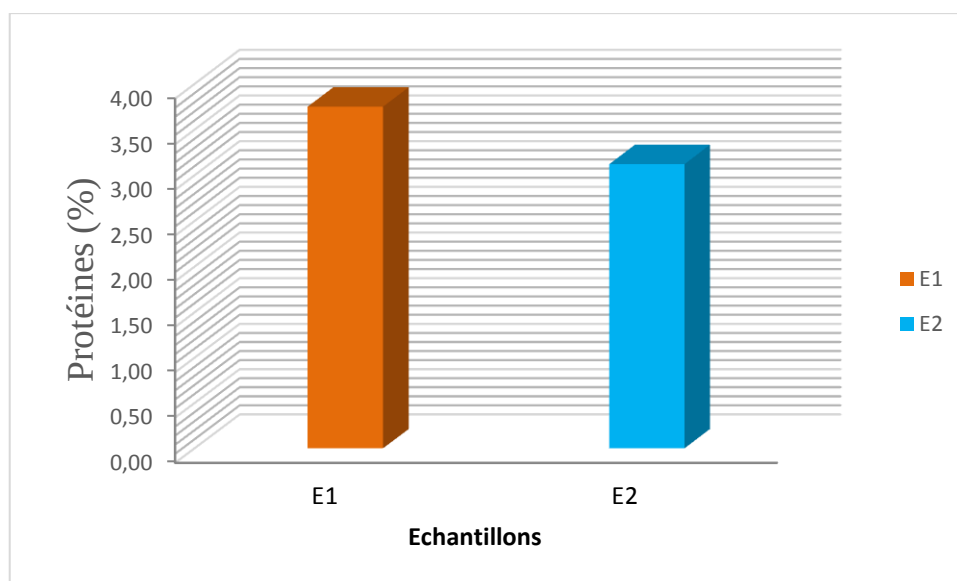


Figure 6 : Teneurs en protéines dans le lait de chèvre (%)

Les protéines représentent 95 % des matières azotées du lait, l'azote non protéique constitue 5 % (Vierling, 2003). Les principaux types de caséines dans le lait de chèvre et celui de vache sont identiques mais généralement le lait de chèvre est plus pauvre en α_{s1} – caséine et plus riche en β -caséine (Amiot et *al.*, 2002).

Dans son étude du lait de trois espèces (vache, brebis et chèvre), Boubezari (2010) confirme que le lait de brebis est le plus riche en protéines alors que le lait de chèvre est le plus pauvre en ce macronutriment soit respectivement 6,12 et 2,59 % en moyenne.

4.2.4 Matière grasse

La matière grasse est le composant le plus important du lait en matière de coût, de la nutrition, des caractéristiques physiques et sensorielles qu'elles confèrent aux produits laitiers (Park et *al.*, 2007).

La figure 7 révèle que l'échantillon 1 est largement plus riche en matière grasse que l'échantillon 2. Nos résultats sont comparables à ceux enregistrés par Benyoub (2016) (3,96 à 5,4 %) et supérieurs à ceux trouvés par Ali Saoucha (2017) (2,8 à 4 %).

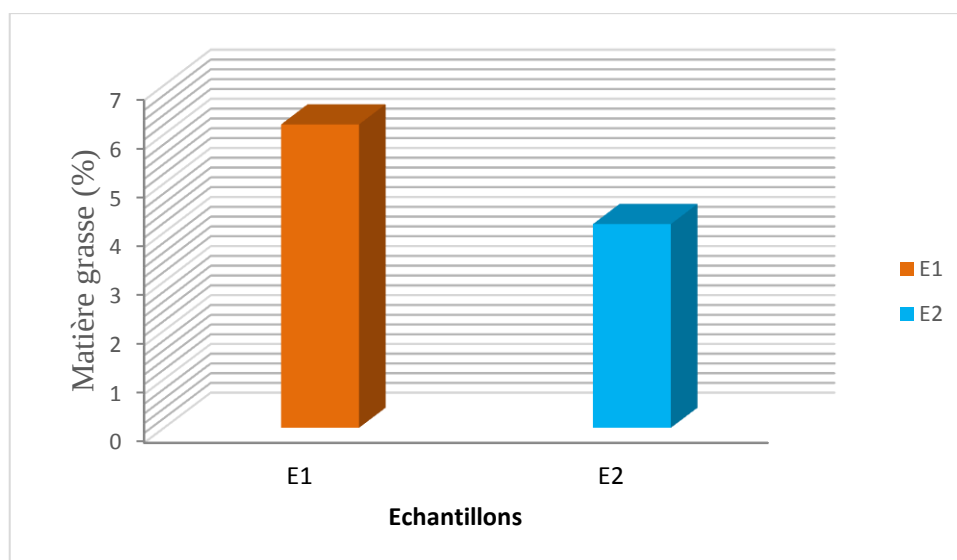


Figure 7 : Teneurs en matière grasse dans le lait de chèvre (%)

Le taux de la matière grasse dans le premier échantillon du lait est largement supérieur à celui trouvé par Boubezari (2010) qui a cité une moyenne de 4,63 % de matière grasse dans le lait de chèvre de la race Arabia issu de la Wilaya de Jijel.

4.2.5 Minéraux

Les minéraux du lait se trouvent sous deux formes principales, surtout sous forme de sels ionisés et solubles dans le sérum et sous forme micellaire insolubles (Amiot et *al.*, 2002).

4.2.5.1 Calcium

La figure 8 révèle que le lait de la ferme 1 renferme plus de calcium que le lait de la ferme 2 (122 et 119 mg/100 g).

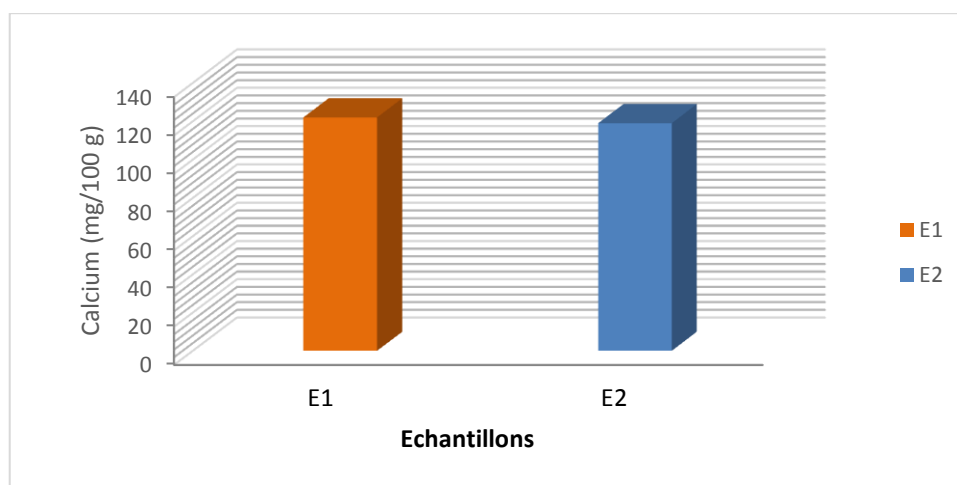


Figure 8 : Teneur en calcium dans le lait de chèvre (mg/100g)

Le lait est une très bonne source de calcium à intérêt nutritionnel et technologique. Le calcium contribue à la formation des os, la contraction musculaire, la coagulation du sang et la régulation enzymatique (Amiot et *al.*, 2002). Il participe au maintien de la stabilité des micelles de caséine du lait.

4.2.5.2 Potassium

Les teneurs en potassium dans les deux échantillons du lait de chèvre étudiés sont très proches soit 163 et 159 mg/100 g du lait pour le lait issu de la ferme 1 et le lait issu de la ferme 2 respectivement (Figure 9).

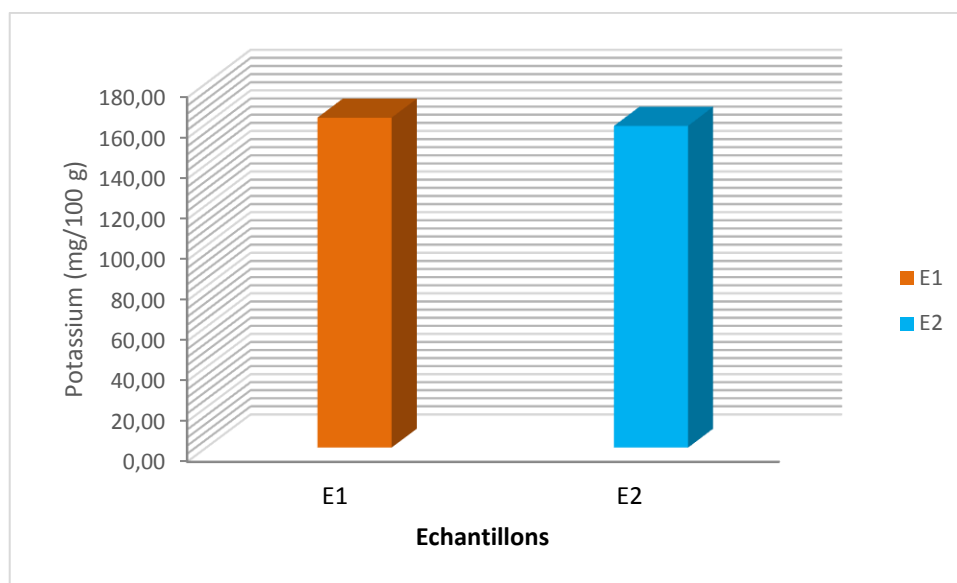


Figure 9 : Teneur en potassium dans le lait de chèvre (mg/100g)

Les teneurs en potassium enregistrées dans notre étude sont inférieures à celle citée dans la littérature (180 à 204 mg/100 g) (Sergi, 2008 ; Amiot et *al.*, 2002).

4.2.5.3 Sodium

La teneur en sodium dans le lait de chèvre issu de la ferme 1 est légèrement supérieure que celle du lait de la ferme 2 (7,1 et 6,8 mg/100 g respectivement) (Figure 10).

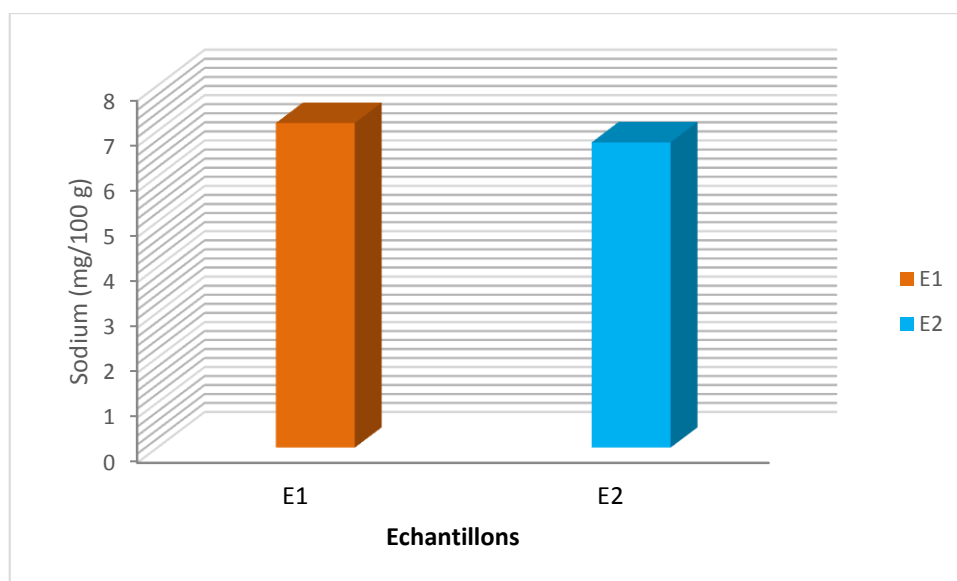


Figure 10 : Teneur en sodium dans le lait de chèvre (mg/100 g).

4.3 Analyses microbiologiques du lait

Des résultats de tableau 18, on observe que le nombre de mésophiles totaux dans le lait de chèvre pour les échantillons 1 et 2 est inférieur aux normes fixées par le JORA, 2017 et 1998 (3.10^5 à 3.10^6 UFC/ml).

Un lait collecté sous des conditions hygiéniques convenables, sa flore totale ne dépasse pas 10^5 UFC/ml ainsi une charge supérieure à cette valeur signifie une contamination importante (Aggad et *al.*, 2009).

Tableau 18 : Analyses microbiologiques du lait (UFC/ml)

Echantillon	Mésophiles totaux	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	Staphylocoques	Clostridium	Levures et moisissures
E1	13950	1300	Abs	Abs	abs	abs
E2	1700	700	66	25	abs	7
Normes JORA, 2017 et 1998	3.10^5 à 3.10^6	5.10^2 à 5.10^3	/	10^2 à 10^3	50	/

abs : absence

UFC/ml : unité formant colonie par millilitre

/ : non mentionner

Selon les résultats du tableau, on trouve que le nombre de coliforme totaux dans les échantillons du lait de chèvre analysés (1300 et 700 UFC/ml) ne dépassent pas le seuil fixé par le JORA 2017 et 1998.

D'après Belarbi (2015), la présence des coliformes totaux n'est pas obligatoirement une indication directe de la contamination fécale. Certains coliformes sont en effet, présents dans les résidus humides rencontrés au niveau de l'équipement laitier.

La flore de coliformes fécaux est synonyme d'une contamination fécale (Sadelli et Oulmi, 2013). Dans notre étude nous n'avons pas détecté des coliformes fécaux dans l'échantillon 1 alors que nous avons dénombré 66 UFC/ml dans le deuxième échantillon.

La recherche des staphylocoques dans les échantillons du lait de chèvre étudiés a révélé leur absence totale dans l'échantillon 1 et leur présence dans l'échantillon 2 mais avec un taux très faible (25 UFC/ml) inférieure à la norme de JORA (10^2 à 10^3 UFC/ml).

Les staphylocoques sont des bactéries naturellement présentes sur la peau des animaux, la main du trayeur, sur la peau de la mamelle et des trayons. Ils sont présents de manière transitoire sur le matériel de traite (Institut de l'Élevage, 2000).

La présence d'un faible nombre de levures et moisissures dans l'échantillon 2 indique un non-respect des conditions d'hygiène lors de l'échantillonnage ou une contamination pendant la manipulation ou par le matériel utilisé.

4.4 Analyses physico-chimiques des yaourts

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les yaourts de chèvre sont représentés dans le tableau et les figures qui suivent.

4.4.1 pH, Acidité, matière sèche et cendres totales

Les valeurs du pH de tous les échantillons du yaourt sont similaires alors que l'acidité évolue de 81 à 117 °D pour le yaourt témoin au yaourt C3 (Tableau 19). Selon Luquet et Carrieu (2005), dans plusieurs pays le pH du yaourt doit être inférieur à 4,6 ce qui est en concordance avec nos résultats.

L'acidification permet la solubilisation de phosphate de calcium, ce qui entraîne un début de séparation des sub-micelles. A un pH entre 5,2 et 5,3 il y a déstabilisation de la caséine et début de précipitation. A un pH entre 4,6 et 4,7, on atteint le point isoélectrique de la caséine ; il y a alors précipitation complète de la caséine (Lamontagne, 2002).

Des résultats de tableau 19, nous constatons que le taux en matière sèche augmente avec l'augmentation de la proportion de figues ajoutée au yaourt à savoir 13,34 à 23,31 % pour les yaourts témoin (T) et à 12 % de figues (C3).

Tableau 19 : pH, Acidité, matière sèche et cendres totales des yaourts

Echantillons	pH	Acidité (D°)	Matière sèche (%)	Cendres totales (%)
T	4,45	81	13,34±0,15	0,693±0,014
C1	4,43	99	17,01±0,30	0,806±0,031
C2	4,42	108	18,37±0,11	0,773±0,027
C3	4,40	117	23,31±0,09	0,748±0,047

Le taux de matière sèche du yaourt aux figues (C3) à base de lait chèvre enregistré dans notre étude est inférieur à celui enregistré par Ali Saoucha (2017) soit 25,3 %.

Selon les résultats obtenus nous observons que le taux de cendres totales du yaourt témoin (0,693 %) est inférieur aux taux de cendres des yaourts aux figues. Les taux de cendres totales enregistrés dans notre étude sont inférieurs à ceux trouvés par Ali Saoucha (2017).

4.4.2 Sucres totaux

D'après les résultats des teneurs en sucres totaux donnés par la figure 11 nous remarquons que la teneur en sucres augmente avec l'augmentation de la proportion de figues ajoutée ; passant de 3,8 % pour le yaourt témoin à 12,6 % pour le yaourt C3.

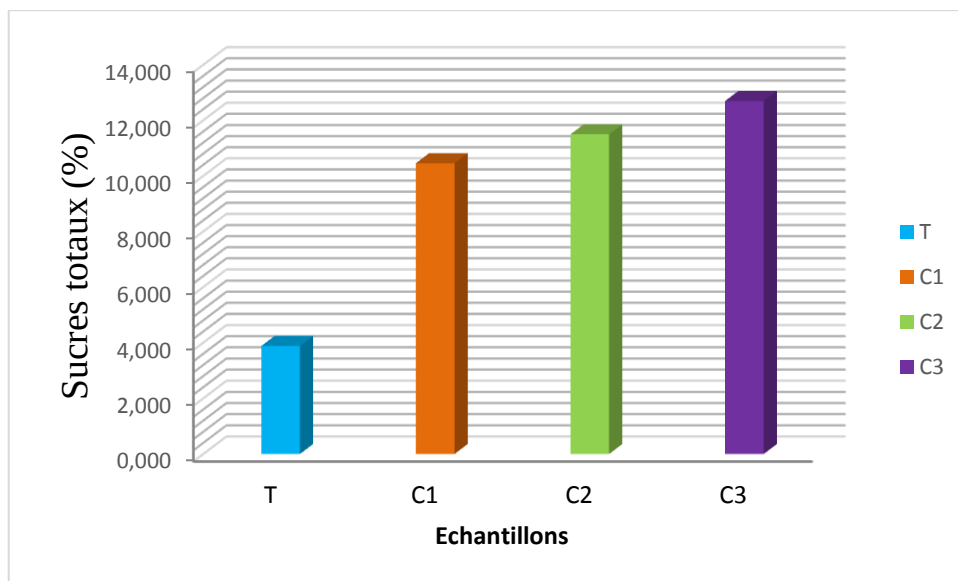


Figure 11 : Teneurs en sucres totaux dans les yaourts (%)

Selon Baadj et Boumediene (2014), l'ajout des figes, très riches en sucres (32 g/100g), a augmenté considérablement le taux de sucres dans les yaourts aux figes comparativement au yaourt témoin ce qui est en accord avec nos résultats.

4.4.3 Protéines

Contrairement aux résultats de la teneur en sucres totaux, les teneurs en protéines diminuent légèrement avec l'augmentation de la proportion de figes ajoutée (2,3 à 2,1 pour les yaourts témoin et C3 respectivement) (Figure 12).

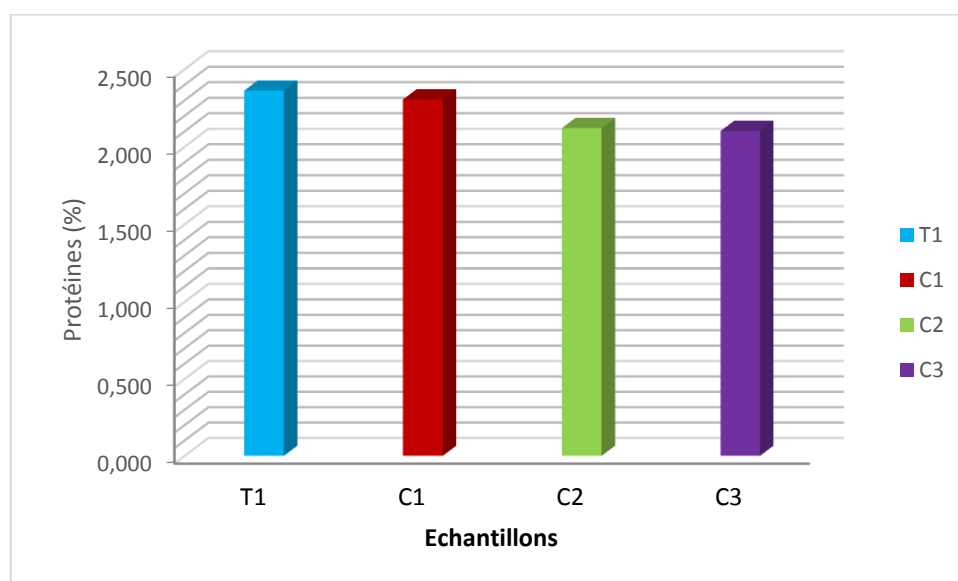


Figure 12 : Teneurs en protéines dans les yaourts (%).

Les taux protéiques enregistrés dans notre étude sont largement inférieurs à ceux enregistrés par Chibane (2008) dans le yaourt brassé à base de dattes (5,19 à 9,76 %).

4.4.5 Minéraux

Le yaourt est une bonne source de minéraux, surtout le calcium, le phosphore et le magnésium.

4.4.5.1 Calcium

La teneur en calcium varie entre 48 et 95 mg/100g du yaourt (Figure 13). Elle augmente avec l'augmentation de la quantité de figes ajoutée au produit.

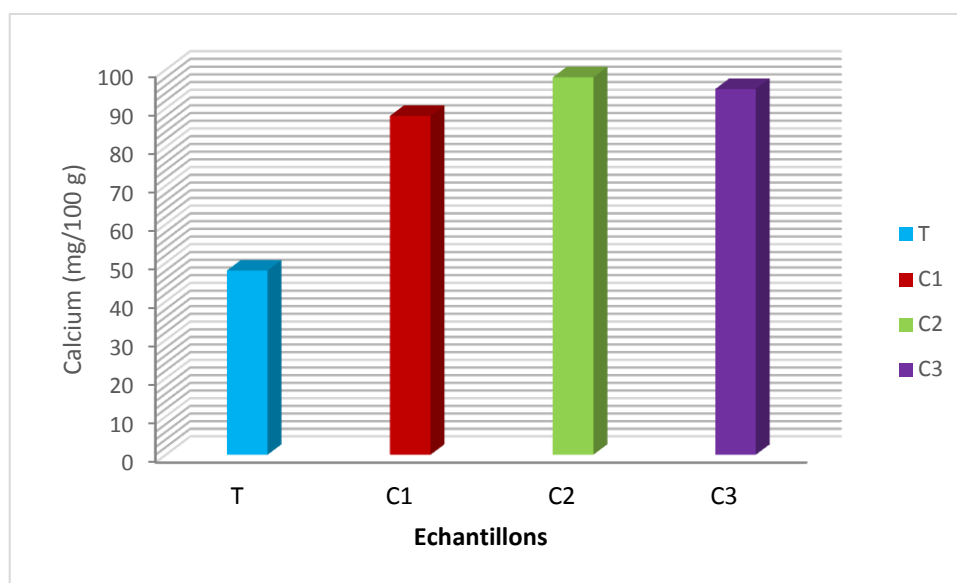


Figure 13 : Teneurs en calcium dans les yaourts (mg/100 g)

Cette augmentation peut être expliquée par l'apport de calcium provient des figes. La figue est très riche en calcium (60 mg/100 g pour la figue fraîche et 133 mg/100 g pour la figue sèche) (Favier, 1993).

4.4.5.2 Potassium

Similairement aux résultats du calcium, les teneurs en potassium augmente avec l'augmentation de la proportion de figes ajoutée au yaourt. Le yaourt témoin enregistre une teneur en potassium de 99 mg/100 g alors que le yaourt C3 124 mg/100 g du yaourt (Figure 14).

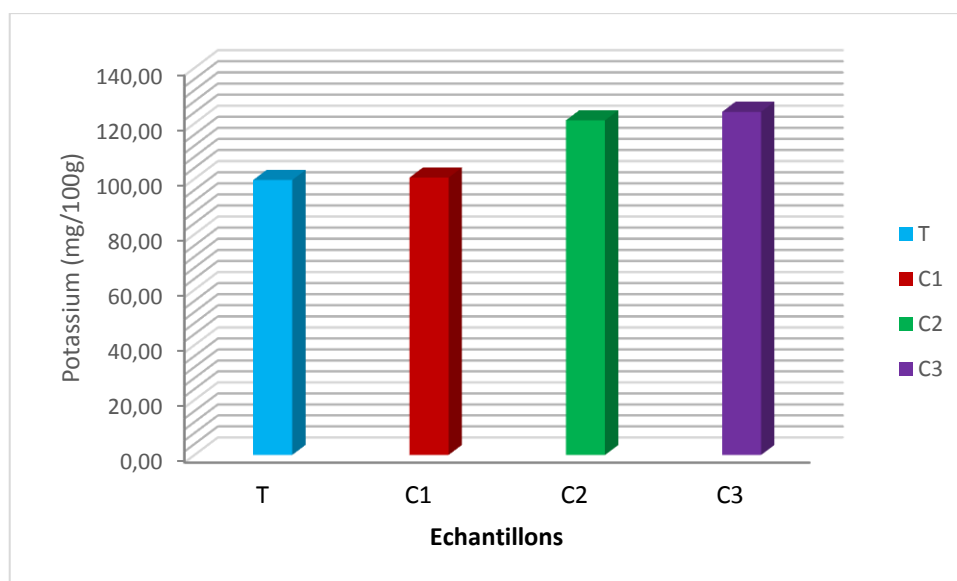


Figure 14 : Teneurs en potassium dans les yaourts (mg/100 g)

Les figues constituent un supplément important de potassium. Les figues utilisées pour la préparation des yaourts dans cette étude enregistre une teneur en potassium de 161 mg/100 g.

Nos résultats sont supérieurs à ceux de Chibane (2008) qui a enregistré des teneurs en potassium allant de 54 à 77 mg/100 g dans le yaourt brassé aux dattes.

4.4.5.3 Sodium

La teneur en sodium dans le yaourt témoin et les yaourts à différentes concentration de figes varient de 7 à 12,6 mg/100 g (Figure 15).

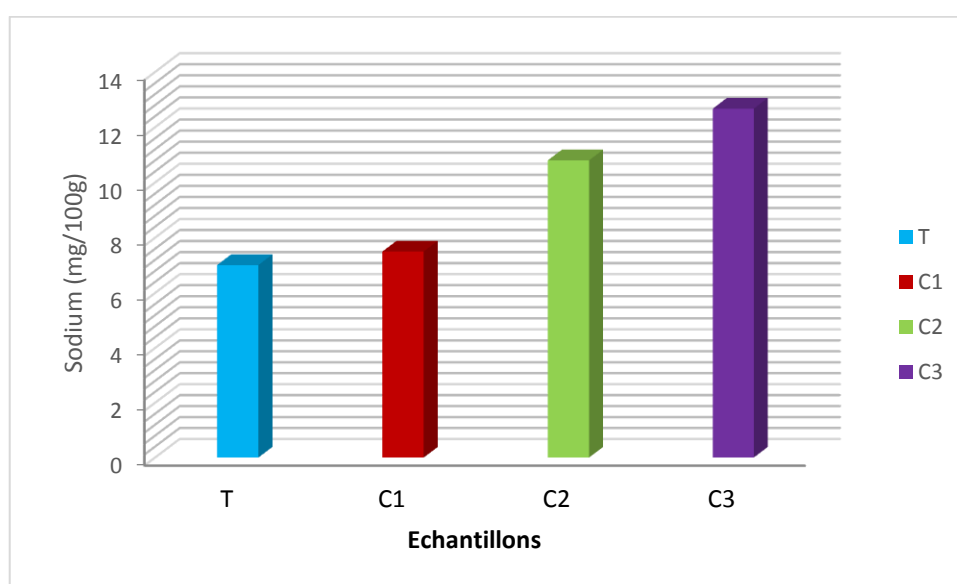


Figure 15 : Teneurs en sodium dans les yaourts (mg/100g)

Cette augmentation de la teneur en sodium est due à l'apport des figues en sodium. Les figues utilisées pour la préparation des yaourts comportent 3,36 mg/100 g du sodium.

Nos résultats sont comparable à ceux de Chibane (2008) qui a enregistré de teneurs en sodium allant de 6 à 9 mg/100 g dans le yaourt brassé aux dattes.

4.5 Analyses microbiologiques des yaourts

Des résultats des analyses microbiologiques donnés par le tableau 20, il apparaît que les yaourts préparés sont de très bonne qualité hygiénique.

Tableau 20 : Analyses microbiologiques des yaourts (UFC/ml)

Echantillon	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	Staphylocoques	<i>Clostridium</i>	Levures et moisissures
T	abs	abs	abs	Abs	1
C1	abs	abs	abs	Abs	45
C2	abs	abs	abs	Abs	abs
C3	abs	abs	abs	Abs	2
Normes JORA, 2017 et 1998	10	1	10	/	10 ²

abs : absence

UFC/ml : unité formant colonie par millilitre. / : non mentionner

Nous constatons une absence totale des coliformes totaux et fécaux, des staphylocoques et des clostridies. Ces résultats montrent l'efficacité du traitement thermique du lait pour l'élimination des formes bactériennes végétatives et des levures et moisissures ainsi que la maîtrise de processus de fabrication et le respect des conditions d'hygiène.

Bien que le lait cru utilisé pour la fabrication des yaourts comporte des bactéries mésophiles et des coliformes, la pasteurisation a détruit totalement ces germes en favorisant la multiplication du levain lactique qui assure les caractéristiques spécifiques du yaourt.

4.6 Suivi de l'acidité des yaourts

Des résultats de l'évolution de l'acidité des yaourts à base du lait de chèvre au cours de stockage, nous constatons que l'acidité pour tous les échantillons augmente de premier au sixième jour en enregistrant une chute libre le dixième jour (Figure 16).

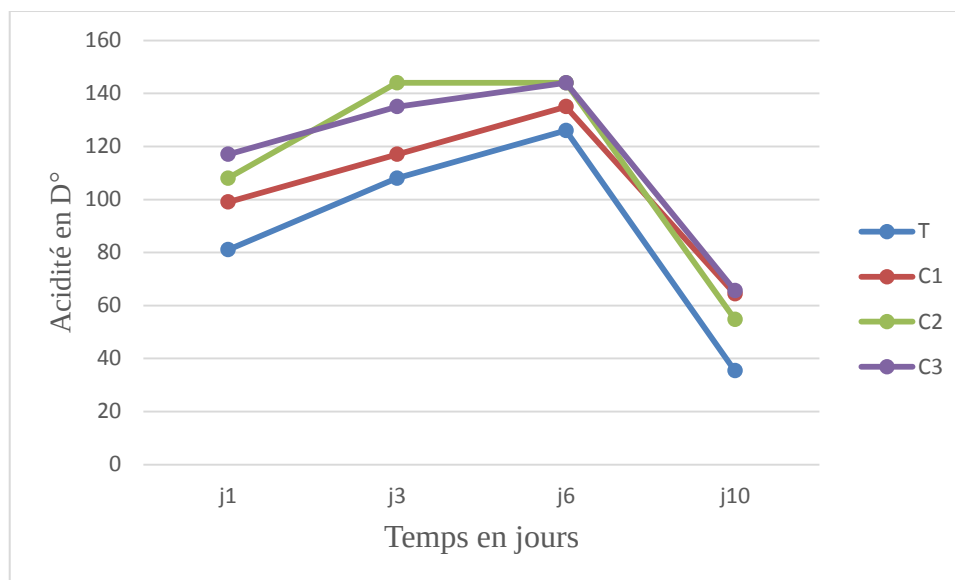


Figure 16 : Suivi de l'acidité des yaourts au cours de stockage à 4 °C

L'augmentation de l'acidité est en relation directe avec la prolifération des bactéries lactiques (*Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*) car ces bactérie assure la transformation de lactose du lait en acide lactique ce qui augmente l'acidité du yaourt.

La chute de l'acidité des yaourts au dixième jour peut être expliquée par la chute de la teneur en lactose substrat nécessaire pour la multiplication et la survie des bactéries lactiques du yaourt.

4.6 Suivi des bactéries lactiques des yaourts

L'évolution de la croissance des bactéries lactiques au cours de stockage a été déterminée pour les quatre types de yaourts préparés. Les résultats obtenus sont représentés dans la figure 17.

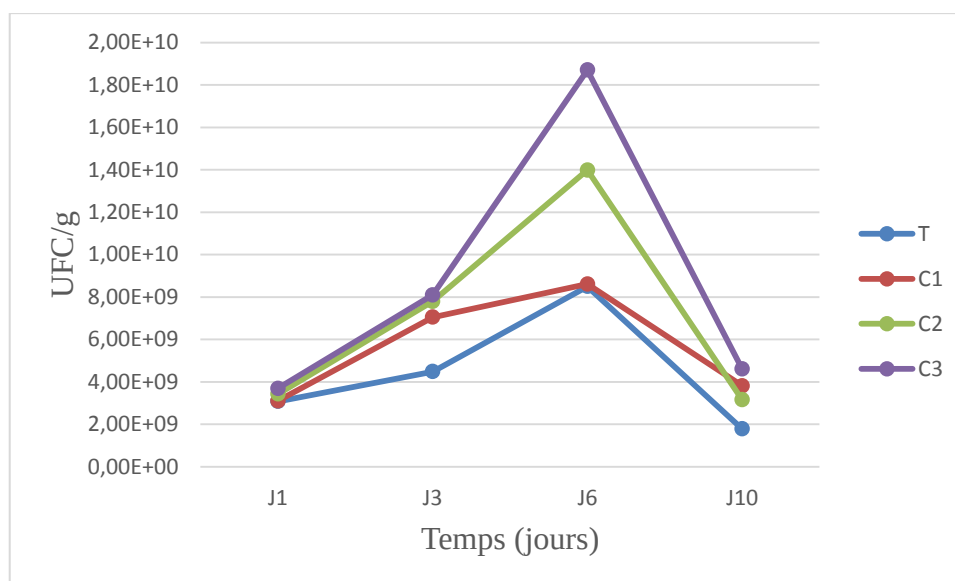


Figure 17 : Suivi de *Lactobacillus bulgaricus* dans les yaourts au cours de stockage à 4 °C

La figure montre que du premier au sixième jour, pour les quatre types du yaourt le nombre de *Lactobacillus bulgaricus* augmente de 3.10^9 à 8.10^9 UFC/g pour le yaourt témoin et de 3.10^9 à $1,8.10^{10}$ UFC/g pour le yaourt C3. Au dixième jour nous constatons une chute de nombre de bactéries lactiques (1.10^9 à 4.10^9 UFC/g).

Les bactéries lactiques réalisent la fermentation lactique. C'est-à-dire une réaction de transformation du lactose en acide lactique. Elles se développent donc en milieu acide, à des pH inférieurs à 5.

Cette augmentation de la croissance de *Lactobacillus bulgaricus* pourrait être expliquée par les conditions favorables de croissance de cette bactérie telle que la présence de substrat de fermentation (lactose) et le pH adéquat.

Les résultats de l'évolution des bactéries lactiques sont en concordance avec les résultats de l'évolution de l'acidité du yaourt.

4.7 Test de dégustation

D'après les résultats des analyses organoleptiques représentées dans le tableau 21, on constate que les yaourts aux figes enregistrent des scores moyens proches à savoir 3,3 ; 3,4 et 3,9 pour les yaourts à 8 g, 10 g et 12 g de fige respectivement.

Tableau 21 : Qualité organoleptique globale du yaourt nature et des yaourts aux figues.

Produits	Notes des dégustateurs												
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	Moy
YT	2	1	0	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1,3
YC1	4	2	3	5	3	3	2	5	4	2	3	3	3,3
YC2	3	4	3	4	2	4	5	4	4	2	3	3	3,4
YC3	5	3	4	3	4	5	4	3	3	4	5	4	3,9

D : dégustateur. YT : yaourt témoin sans sucre, YC1 : yaourt à 8 g de figue, YC2 : yaourt à 10 g de figue, YC3 : yaourt à 12 g de figue.

Le yaourt à base du lait de chèvre à 12 g de figue (YC3) est le plus apprécié par les dégustateurs. Selon l'avis de ces derniers, l'ajout des figues au yaourt a amélioré considérablement la consistance, la douceur et l'acidité du produit.

Le yaourt aux figues a été jugé bon et acceptable grâce à l'absence d'une granulation gênante dans la bouche, la couleur brin-claire attirante, l'odeur et le goût caramélisé des figues.

En comparant nos résultats avec ceux de Baadj et Boumediene (2014), il apparaît que ces dernières ont obtenu des yaourts très appréciables en ajoutant des concentrations plus faibles (4 et 6 g) de figue que les nôtres. Cette différence peut être expliquée par l'utilisation d'une variété de figue plus savoureuse et plus sucrée que celle utilisée dans notre étude.

Dans son étude, Hazhaz (2015) a trouvé que le yaourt témoin sucré est plus appréciable que les yaourts aux figues ce qui est en désaccord avec nos résultats.

Conclusion

Au terme de ce travail, il apparaît que la race caprine mixte (Arabia-Alpine) donne trois fois plus du lait que la race locale (Arabia). Les conditions d'élevage (alimentation, hygiène) dans la ferme 1 sont beaucoup mieux que dans la ferme 2 bien que l'exploitant de cette dernière pratique le pâturage.

Le lait de chèvre issu de la ferme 1 (race mixte) présente une qualité physico-chimique et alimentaire (densité=1033, sucres totaux=3,87 %, protéines=3,75 %, matière grasse=6,2 %) supérieure à celle du lait issu de la ferme 2 (race locale) (densité=1030, sucres totaux =3,70 %, protéines=3,12 %, matière grasse=4,17 %).

Dans l'ensemble, les laits des deux fermes présentent une qualité microbiologique acceptable en enregistrant des nombres de mésophiles totaux et de coliformes totaux inférieurs aux normes JORA (2017 et 1998). La présence des coliformes fécaux dans le lait de la ferme 2 est un indicateur de contamination fécale issue de l'animale lui-même ou de la personne qui fait la traite mais dans les deux cas c'est à cause de non-respect des conditions d'hygiènes.

Le lait de chèvre de la race mixte présente une bonne aptitude à la transformation en yaourt brassé. L'ajout des figues aux yaourts à améliorer leurs caractéristiques physico-chimiques (augmentation des taux de matière sèche, des cendres, des sucres totaux, de calcium et de potassium) et organoleptique (amélioration de goût, odeur et consistance). Les yaourts préparés ont une très bonne qualité microbiologique et ne comportent aucun germe pathogène.

Le suivi de l'acidité des yaourts au cours de stockage révèle que l'ajout des figues a augmenté l'acidité de produit et que l'acidité suit une allure évolutive jusqu'à 6^{ème} jour puis elle enregistre une chute libre ce qui est expliqué par la croissance de la bactérie lactique *Lactobacillus bulgaricus* qui assure la production de l'acide lactique.

En perspective, il est intéressant de tester l'aptitude à la transformation en yaourt d'un lait issu d'autre race ou population caprine.

Références bibliographiques

1. AFNOR, 1985. Contrôle de la qualité des produits laitiers : Analyses physiques et chimiques. 3ème édition.
2. Afif A., Faid M. et Najimi M. Qualité microbiologique du lait cru produit dans la région de Tadla au Maroc. *Reviews in Biology and Biotechnology*. 2008. (7) : 2-7.
3. Agathe M. 2014. Lait de chèvre : pourquoi est-il plus digeste ? <https://www.topsante.com/nutrition-et-recettes/les-bons-aliments/produits-laitiers>.
4. Aggad H., Mahouz F., Ahmed Ammar Y., Kihal M. Evaluation de la qualité hygiénique du lait dans l'ouest algérien, *Revue Méd.* 2009. (16012). 591-593p.
5. Ali Saoucha C. 2017. Qualité physico-chimique et microbiologique et aptitude de transformation de lait (vache et chèvre) en yaourt. Mémoire de master. Université Med. Boudiaf de M'sila. 59p.
6. Amiot J., Fournier S., Lebouf Y. et al. 2002. Composition, propriétés physico-chimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait. In : *Sciences et technologie du lait, transformation du lait*. Ed. Presses internationales Polytechnique. Canada. 600p.
7. Baadj W. et Boumediene I. 2014. Essai de fabrication d'un yaourt brassé à base de la figue sèche (*Ficus carica* L.) et sa caractérisation physico-chimique, microbiologique et organoleptique. Mémoire d'ingénieur. Contrôle de qualité et analyses. Université de Blida 1. 57p.
8. Bamouh A. Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA. 2006. (N°142). 1-4.
9. Beal C. and Corrieu G. Influence of pH, temperature, and inoculum composition on mixed cultures of *Streptococcus thermophilus* 404 and *Lactobacillus bulgaricus* 398. *Biotechnology and Bioengineering*. 1991. (38). 90-98.
10. Belaid D. L'élevage caprin en Algérie. Collection Dossiers Agronomiques. (2016).16-17p.
11. Belarbi M. 2015. Etude comparative entre la qualité microbiologique de lait crus de vache et le lait de chèvre. Mémoire de master. Université Abou Baker Belkaid-Tlemcen. 75p.
12. Beldjilali A. 2015. Contribution à l'étude microbiologique et sanitaire du lait cru de brebis de la région ouest de l'Algérie. Thèse de doctorat. Université d'Oran 1. 164p.

13. Ben Yahia L. 2012. Étude du dialogue hôte/bactéries lactiques du yaourt chez des rats gnotobiotiques. Thèse de doctorat Microbiologie et Parasitologie. AgroParisTech. France. 294p.
14. Bensalah A. 2010. Contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique de lait cru et diagnostique de brucellose et mammites dans la région de Tlemcen en Algérie. Université Abou Bekr Belkaid - Ingénieur d'état en agronomie.
15. Benyoub K. 2016. Caractérisation Morpho-métrique, Typologie De L'élevage Caprin Et Etude Physicochimique De Son Lait Au Niveau De La Wilaya De Tlemcen. Master en génétique. Université de Tlemcen. 114p.
16. Bordjah A. 2011. Analyses physico-chimique et microbiologie de lait UHT demi-écrémé. centre de formation professionnelle El Hidhab Sétif Algérie. 55-56.
17. Bosset J-O., Albrecht B., Badertscher R. et *al.* 2000. Caractéristiques microbiologiques, chimiques et sensorielles de lait, de caillés et de fromage de chèvre de type Fmaggini (buxion, robiola) et Foermagella. Péd. LAIT. France: C N R S, 2000, (95). 546-580.
18. Bossis N. 2012. L'économie de la filière caprine. In : Paulais A., Gourreau J. et Chatelier D. L'élevage des chèvres. Ed. France agricole. Paris. 329 p.
19. Boubekri D. 2008. Situation de l'élevage caprin dans la région de Touggourt et perspectives de développement. Mémoire d'ingénieur d'état en agronomie. Université Kasdi Marbah Ouargla. 95p.
20. Boubezari M. 2010. Contribution à l'étude des caractéristiques physicochimiques et microbiologiques du lait chez quelques races bovines, ovines et caprines dans quelques élevages de la région de Jijel. Université de Constantine. Magister en médecine vétérinaire. 103p.
21. Brule G. 1997. La micelle de caséine et la coagulation du lait. In : Le fromage : de la science à l'assurance-qualité. E.A.E.J.C : Edition Lavoisier, TEC et DOC. Paris, France. 20 p.
22. Chibane H. 2008. Aptitudes technologiques de quelques variétés communes de dattes : Formulation d'un yaourt naturellement sucré et aromatisé. Thèse de doctorat. Technologie alimentaire. Université M'Hamed Bougara de Boumerdès. Algérie. 203p.
23. Christel D. Lait de chèvre vérité et contrevérité "santé". Filière ovine et caprine. 2010. (N° 34). 6p.
24. Cidil et Inra. 2009. Du lait aux produits laitiers. Ed. Cidil. Paris. 19p.

25. Cnaol et le Gris, 2011. Réseau Fromage de terroir. RMT « Filières fromagères valorisant leur terroir. 134p.
26. Courtet L. 2010. Qualité nutritionnelle du lait de vache et ses acides gras voies d'amélioration par l'alimentation. Ecole nationale vétérinaire d'Alfort. Thèse de doctorat en sciences vétérinaires. 122p.
27. Decaen M. 1969. Variation de la composition du lait". Dans : "Alimentation des vaches laitières. Centre de la recherche zoo technologique et vétérinaires de THEIX (I.N.R.A) Edité par l'institut technique de l'élevage. 25-30 p.
28. Desjeux J.f. Valeur nutritionnelle du lait de chèvre. Le Lait. Ed. INRA. (1993). (73). pp.573-580. <hal-00929371>
29. Diof L. 2004. Étude de la production et de la transformation du lait de chèvre dans les Niayes (Sénégal). Mémoire d'études approfondies de productions animales. Université Cheikh Anta Diop de Dakar. 45 p.
30. Diouf L. 2004. Etude de la production et de la transformation du lait de chèvre dans la Niayes (SENEGAL).thèse à l'EISMV. Pp 45.
31. DSA de M'sila. 2018. Service des statistiques.
32. Fantazi K. 2004. Contribution à l'étude du polymorphisme génétique des caprins d'Algérie. Cas de la vallée d'Oued Righ (Touggourt). Thèse de Magister I.N.A. Alger. 145p.
33. Favier J. C., Ireland-Ripert J., Laussucq C., Feinberg M. 1993. Répertoire générale des aliments. Table de composition des fruits exotiques, fruits de cueillette D'Afrique. Tome 3. Ed : *Tech & Doc, CIQUAL-CNEVA*. France. 207p.
34. Gelé M. Conduit d'élevage et protéine laitière. Agriculture et territoire. 2014. (34) : 2.
35. Guiraud J. et Galzy P. 1980. L'analyse microbiologie dans les industries alimentaires. Ed. L'Usine nouvelle. Paris. 239p
36. Guiraud JP. 1998. Microbiologie alimentaire. Ed. Dunod. Paris. 390p.
37. Habbi W. 2014. Caractérisation phénotypique de la population caprine de la région de Ghardaïa. Memoire d'ingénieur. Agronomie Saharienne. Option : élevage dans les zones aride. 93p.
38. Hazhaz A. 2015. Contribution à l'étude des qualités physico-chimiques et microbiologiques et aptitude technologique de quelques laits produits dans la région de M'sila. Mémoire de master en sciences alimentaires. Université Med. Boudiaf de M'sila. 61p.

39. Hellal F. 1986. Contribution à la connaissance des races caprines algériennes : Etude de l'élevage caprin en système d'élevage extensif dans les différentes zones de l'Algérie du nord, Thèse. Ing. Agro.INA. El Harrach. Alger.
40. Hennane M. 2012. Lait cru de chèvre. Exposé. Première année de Master Microbiologie Alimentaire et Santé. Université Abderrahmane MIRA de Bejaia.
41. Institut d'Élevage. 2000. Que sont les staphylocoques ? maîtrise de la teneur en cellule des laits de troupeaux en élevage caprin. 02p.
42. Jean-pierre M. 1996. Intérêt nutritionnel et diététique du lait de chèvre. Ed. INRA. Paris. 190p.
43. Jeantet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P., Brulé G. 2008. Lait fermenté et desserts lactés. In : les produits laitiers. Ed. Lavoisier, Tech et Doc. Paris. 57 p.
44. Kebbab S. Un appui potentiel à la filière lait Outre la vache, la chèvre laitière. Le 13.02.16. Journal El Watan.
45. Labioui L., Elmoualdi A., Benzakour M., Elyachoui E., Berny M., Ouhssine. Étude physicochimique et microbiologique de laits crus. Bulletin de la Société de pharmacie de Bordeaux. 2009. (148). 7-16.
46. Lamontagne M. 2002. Produits laitiers fermentés. In : Sciences et technologie du lait, transformation du lait. Ed. Presses internationales Polytechnique. Canada. 600p.
47. Lamontagne M., Champagne C. et Reitz-Ausseau J. 2002. Microbiologie de lait. In : Vignola C.L. Science et technologie du lait. Ed. Presses internationales Polytechnique Canada. 600p.
48. Livret, 2016. Comment transformer le lait en yaourt. Ed. Fête de la science. 12p.
49. Luquet F.M., Carrieu G. 2005. Bactéries lactiques et probiotiques. Collection sciences et techniques agroalimentaires. Ed. Lavoisier, Tec et Doc. Paris. 307p.
50. Madani T., Yakhlef H. et Abbache N. Les races bovines, ovines, caprines et camelines. Recueil des Communications Atelier N°3 «Biodiversité Importante pour l'Agriculture» MATE-GEF/PNUD Projet ALG/97/G31. Plan d'Action et Stratégie Nationale sur la Biodiversité. 2003. 44-51.
51. Magali P. 2007. La transformation fromagère caprine fermière. Ed. TEC & DOC. Paris. 289p
52. Mami A. 2013. Recherche des bactéries lactiques productrices de bactériocines à large spectre d'action vis-à-vis des germes impliqués dans les toxiinfections alimentaires en Algérie. Thèse de doctorat. Université d'Oran. 176p.

53. Mazoyer M., Anbineau M., Bermonde A., Bongler J., Ney B. et Roger-Estrade. 2002. La rousse Agricole. Ed. Mathilde majorel assistée de Nora schott. Canada. 767p.
54. Magali P. 2007. La transformation fromagère caprine fermière. Ed. TEC & DOC. Paris. 289p.
55. Mahmoudi S. Extraction, caractérisation et application d'un succédané d'emprésurage extrait d'artichaut (*Cynara scolymus*) pour la fabrication du fromage type EDAM.
56. Meghachou W. 2013. Approche méthodologique à la modélisation par les plans d'expériences pour l'élaboration d'un yaourt. Mémoire de magistère. Biotechnologie. Université d'Oran. 85p.
57. Mignalox B. 2007. Les races caprines françaises. Agro Paris Tech.
58. Missohou A., Nahimana G., Ayssiwede S.B. et Sembene M. Elevage caprin en Afrique de l'Ouest: une synthèse. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux. 2016. (1). 69p.
59. Mission Scientifique de Syndifrais. Yaourts, laits fermentés. Le Lait. INRA. 1997, (77). 321-358.
60. Ould Moustapha A. et Ould Hamadi S. Contribution à l'étude comparative des laits crus des chamelles provenant des Wilayas de Mauritanie destinés à la transformation. Journal of Applied Biosciences. 2016. (102). 9738-9744.
61. Pacheco L. 2016. Relations entre la composition du lait et les facteurs alimentaires dans les troupeaux laitiers québécois. Thèse Doctorat en sciences animales. 159p.
62. Pacikora E. 2004. Interactions physico-chimiques et sensorielles dans le yaourt brassé aromatisé : quels impacts respectifs sur la perception de la texture et de la flaveur ? Thèse de doctorat. Institut national agronomique. Paris-Grignon. France. 258p.
63. Park W Y., Juarez M., Ramos M., Haenlein G.F.W. Physicochemical characteristics of goat and sheep milk. Small Ruminant Research. 2007. (68). 88-113.
64. Relle P. 2016. Guide pratique de l'accueil des scolaires chez les professionnels de filière caprine. Paris. 60p.
65. Remeuf F. Relations Entre les caractéristiques physico-chimiques et aptitudes fromagères des laits. Spéciale qualité du lait. Recueil de Médecine Vétérinaire. 1994. (170). 359-365.
66. Renner E. Milk and dairy products in humain nutrition. 1983. Munchen. Volkswirtschaftlicher verlag. 450p.
67. Renner E., Schauen A. et Drathen M. 1996. Nutrition composition tables of milk and dairy products. Geissen Germany: Verlag, M. Drathen. 198-210.

68. Sadelli et Oulmi A. 2013. Etude des paramètres physico-chimiques et analyses microbiologiques du lait pasteurisé conditionné fabriqué par l'unité ORLAC d'Amizour. Mémoire de master. Université d'Abderrahmane MIRA de Bejaia. 66p.
69. Sergi R. Comparatif des laits de mammifères. N° 20. Décembre 2008. www.jumvital.com
70. Sylvain N. 2004. Positionnement des produits laitiers caprins auprès des professionnels de la santé. Association Laitière de la Chèvre du Québec. 64p.
71. Tamime A. Y. and Robinson R. K. 1999. Yoghurt: Science and technology. Cambridge, England: Woodhead Pub. Boca Raton, Fla. CRC Press. 619p.
72. Tedjani K. 2010. Les races caprines en Algérie. www.nouara-algerie.com.
73. Vaitchafa P. 1996. Etude de la production laitière sur les paramètres de reproduction chez la femelle zébu dans les petits élevages traditionnels en Zone periurbaine. Thèse de doctorat. Méd. Vét. Dakar. 36p.
74. Valérie M., Agnès H. et Jean-François C. La flore microbienne de laits crus de vache : diversité et influence des conditions de production. HAL Id: hal-00895346. 2001. pp. 575-591.
75. Veingloub B., Baltadjieva M., Kalatzopoulos G., Stamenova V. et Papadopoulou E. La composition de lait de chèvre de la région de Plovdiv et en Bulgarie et de Ioninna en Grèce. Lait. 1982. (65). 155-165
76. Veisseyre R., 1979. Technologie du lait constitution, récolte, traitement et transformation du lait. 3ème édition. Edition la maison rustique. Paris. 83p.
77. Vierling E. 2008. Aliments et boissons filières et produits. 3ème édition Biosciences et techniques. Doi. Paris. 277p.
78. Vignola. 2002. Science et technologie du lait : transformation du lait. Ed. Lvoisier, Paris. 600 p.
79. Yabrir B., Hakem A., Mostefaoui A., Aouni A., Titouche Y., Labiadi M., Magtouf L. et Mati A. Qualité microbiologique du lait cru ovin collecte dans la steppe centrale de l'Algérie. Afrique Science 2013 (09). 86-92.
80. Yagil R. 1985. The Desert camel; comparative physiological adaptation. Ed. KARGER, Berlin, Allemagne. 8p

Annexe 1

Enquête
-Université de M'sila-
-Faculté des sciences-
Département d'agronomie

Questionnaire d'enquête auprès des fermes de production du lait de chèvre

Date de l'enquête :
Localisation de l'exploitation :
Sexe et âge de l'exploitant :
Date de création de l'exploitation :

1. Statut de l'exploitation

Individuelle ☐ familiale ☐

2. Statue juridique de l'exploitation

Propriétaire ☐ locataire ☐

3. Type de bâtiment d'élevage

Une étable moderne ☐
Un hangar simple en béton ☐
Un hangar simple en argile ☐
Un hangar simple en tôle ☐

4. Qu'elle est le type de stabulation ?

Entravée ☐ libre ☐
Le sol de bâtiment est en
Béton ☐ terre battue ☐ autres ☐

5. L'alimentation

- Quel type de fourrage vous exploité selon la saison ?

.....
- Les aliments achetés sont :

Le concentré ☐ fourrage ☐ les deux ☐

- Ressource en eau :

Oued ☐ puits ☐ fourrages ☐

- Quelles sont les quantités du concentré distribuées aux chèvres ?

.....Kg/j

- Est-ce que vos chèvres pâturent ?

Oui ☐ Non ☐

6. La production laitière

- Qu'elle est la production moyenne du lait obtenue par chèvre par an :

.....
- Quel est le nombre de traites par jour ?

Une fois par jour ☐
Deux fois par jour ☐

7. Etat d'étable

- Aération

Naturelle ☐ mécanique ☐

- Renouvellement de la litière (fréquence)

Oui ☐ Non ☐

8. Les maladies fréquentes chez les chèvres :

.....
Nettoyage de la mamelle avant la traite (type)

Oui ☐ Non ☐

Annexe 2

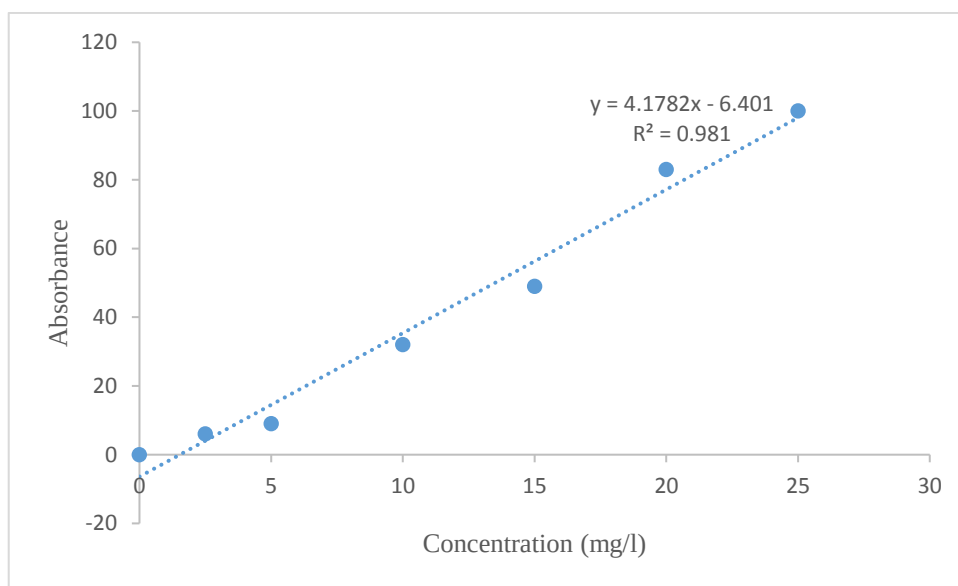


Figure a1 : Courbe d'étalonnage de potassium (KCl) (mg/l)

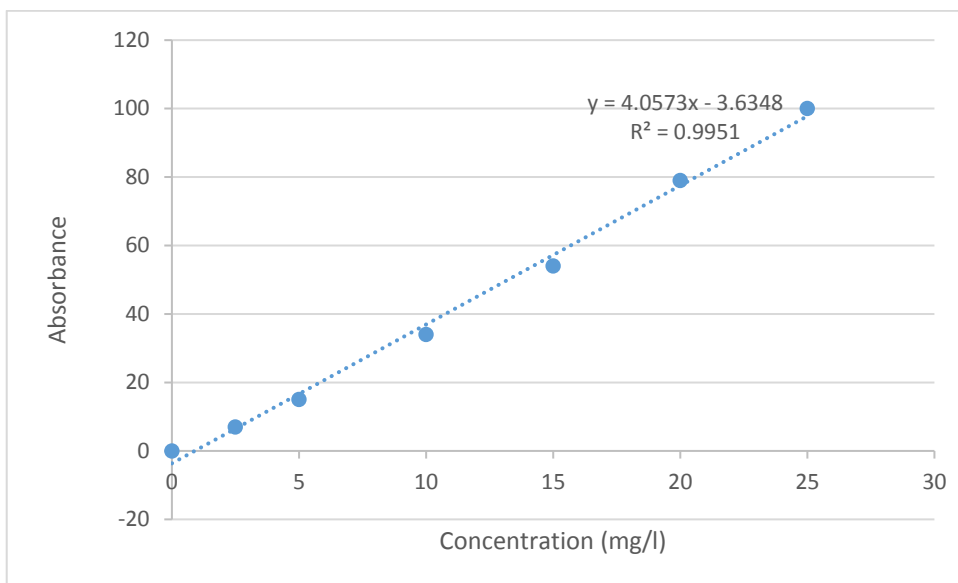


Figure a2 : Courbe d'étalonnage de Sodium (NaCl) (mg/l)

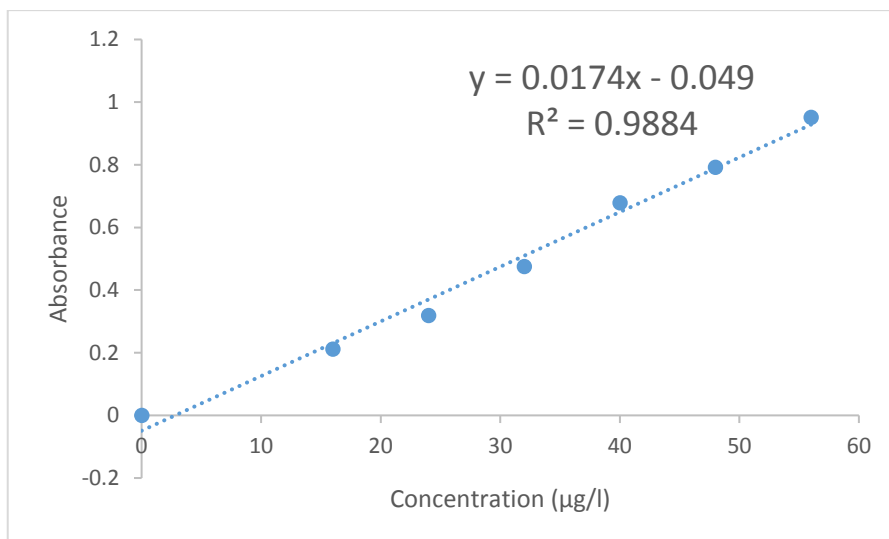


Figure a3 : Courbe d'étalonnage du glucose (µg/l)

Annexe 3

Fiche de dégustation

Date : 11/05/2018

Produit : yaourt brassé

N° de dégustateur :

Après avoir goûté les 04 échantillons de yaourt présentés en commençant par celui de gauche, veuillez classer les échantillons suivant l'intensité croissante :

	632	871	229	415	
Moins sucré					très sucré
Fluide					Epais
Moins odorant					très odorant
Moins acide					très acide

Après dégustation des 4 échantillons du yaourt, donnez une note de 0 à 5 selon l'intensité :

Echantillons	Sucre	Acidité	Odeur	Epaisseur	Qualité globale
632					
871					
229					
415					

Note :

1 point : impropre à la consommation, 2 : insatisfaisant, 3 : satisfaisant, 4 : bon, 5 : excellent

Merci pour votre collaboration

Annexe 4

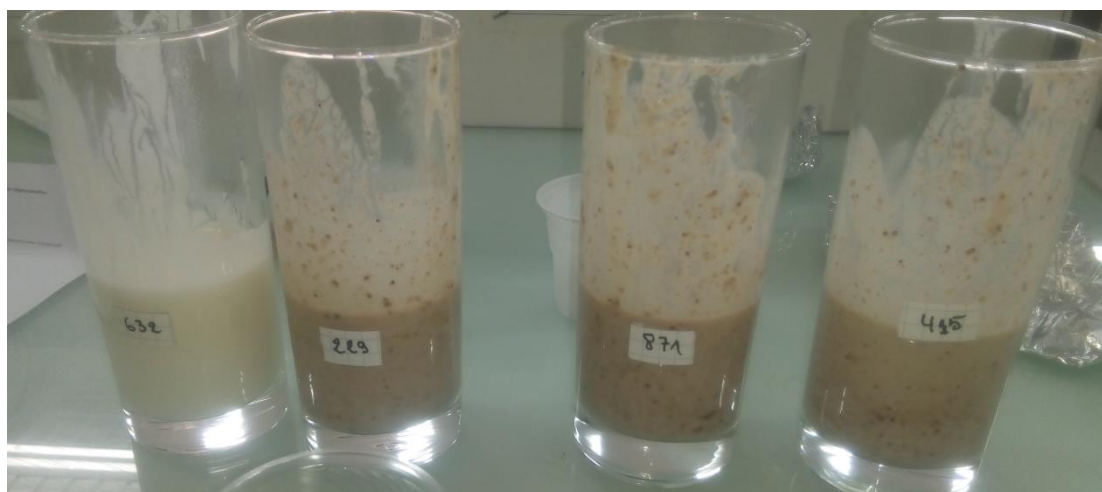


Figure a.4 : Yaourts brassés préparés à base du lait de chèvre

Résumé

Le lait de chèvre, à l'instar du lait de vache, est une bonne source de nutriments (protéines, minéraux et vitamines) pour les consommateurs. Le présent travail s'intéresse à la caractérisation physico-chimique et microbiologique du lait issu de deux populations de chèvres (Arabia et mixte : Alpine-Arabia) élevées dans la wilaya de M'sila. Il s'intéresse aussi à l'évaluation de l'aptitude de ce lait à la transformation en yaourt brassé. Les résultats obtenus montrent que le lait de la race mixte présente des caractéristiques physico-chimiques (densité, matière sèche, matière grasse, protéines, glucides et minéraux) supérieures à celles du lait de la chèvre Arabia. Dans l'ensemble, la qualité microbiologique de deux laits analysés est acceptable. Le lait de chèvre de la race mixte présente une bonne aptitude à la transformation en yaourt brassé traduite par les bonnes caractéristiques physico-chimique, microbiologique et organoleptique de ce yaourt.

Mots clés : lait de chèvre, yaourt, qualité, microbiologique, physico-chimique

ملخص

حليب الماعز، مثل حليب البقر، هو مصدر جيد للمغذيات (البروتينات، المعادن والفيتامينات) للمستهلكين. يركز هذا العمل على تحديد الخصائص الفيزيائية والميكروبيولوجية لنوعين من حليب الماعز (عربية ومختلطة: ألبية-عربية) التي اختيرت من ولاية المسيلة. كما يهتم هذا العمل بتقييم قابلية هذا الحليب للتحويل إلى الزبادي الممزوج. تظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن حليب سلالة الماعز المختلطة له خصائص فيزيائية وكيميائية (الكثافة، المادة الجافة، الدهون، البروتينات، الكربوهيدرات والمعادن) أعلى من حليب الماعز للسلالة العربية. وعموماً، فإن الجودة الميكروبيولوجية لنوعي الحليب المدروسين مقبولة. إن حليب السلالة المختلطة لديه قابلية جيدة للتحويل إلى زبادي ممزوج وذلك نظراً للخصائص الكيميائية، الفيزيائية والميكروبيولوجية والذوقية الجيدة لهذا الزبادي.

الكلمات المفتاحية: حليب الماعز، الزبادي، الجودة، الميكروبيولوجية، الفيزيائية.

Abstract

Goat's milk, like cow's milk, is a good source of nutrients (proteins, minerals and vitamins) for consumers. This work focuses on the physicochemical and microbiological characterization of milk from two populations of goats (Arabia and mixed Alpine-Arabia) raised in the wilaya of M'sila. It is also interested in evaluating the suitability of this milk for transformation into stirred yoghurt. The results obtained show that the milk of the mixed race has physicochemical characteristics (density, dry matter, fat, proteins, carbohydrates and minerals) higher than those of the goat's milk Arabia. Generally, the microbiological quality of the two analyzed milks is acceptable. The goat's milk of the mixed race has a good aptitude for transformation into stirred yoghurt, which is confirmed by the good physicochemical, microbiological and organoleptic characteristics of this yoghurt.

Key words: goat's milk, yoghurt, quality, microbiological, physicochemical