

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة محمد بوضياف - المسيلة
Université Mohamed Boudiaf - M'Sila

FACULTE SCIENCES
DEPARTEMENT DES SCIENCES
AGRONOMIQUES
N° : 30/DSA/VCDPGR/2023



DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE
ET DE LA VIE
FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES
OPTION : PRODUCTION ET NUTRITION
ANIMALE

Mémoire présenté pour l'obtention
du diplôme de Master Académique

par: **ZERROUKHI Ammar**

MAHDI Monsif

Intitulé

**Étude de la qualité physicochimique du lait caprin
dans la région de M'sila : Facteurs de variation et aptitude
aux transformations technologiques**

Soutenu devant le jury composé de:

Mme ZEMMOURI Latra	MCB	Université Med BOUDIAF- M'SILA	Présidente
M. MAMMERI Adel	MCA	Université Med BOUDIAF- M'SILA	Promoteur
Mme HAFFAF Samia	MCA	Université Med BOUDIAF - M'SILA	Examinatrice

Année universitaire : 2022 /2023

Dédicace

À celui à qui Dieu a accordé la dignité et la grandeur... À celui qui m'a enseigné à donner sans attendre... À celui dont je porte fièrement le nom...

Mon cher père.

Et à mon ange dans la vie... À la signification de l'amour et de l'affection...

Ma chère mère ♥️.

A mon cher collègue Monsif, avec qui j'ai travaillé pour accomplir ce projet de fin d'études.

Et à ceux qui sont proches de mon cœur, qui me soutiennent dans les bons et les mauvais moments, merci à vous tous.

À tous ceux qui m'ont enseigné une lettre, que Dieu les récompense de tout bien.

** Ammar**

Remerciements

Avant tout nous remercions ALLAH qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Nous tenons à remercier particulièrement notre encadreur Dr. Mammeri Adel, qui nous a accompagnés tout au long de la réalisation de ce mémoire, pour son aide, sa patience et ses orientations.

Aussi, nos remerciements vont au Dr. Zemmouri Latra pour avoir accepté de présider le jury de soutenance et Dr. Haffaf Samia pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Notre gratitude va également au staff administratif du Département des sciences agronomiques, ainsi qu'aux enseignants ayant participé dans notre formation.

Nous tenons également à remercier sincèrement tous les élèves ayant accepté de participer dans cette enquête.

Nous remercions aussi le gérant et les laborantins du groupe HODNA-LAIT pour leur accueil, leur aide et leur support lors des analyses physico-chimiques du lait.

Sommaire

Dédicace

Remerciements

Sommaire.....	I
Liste des Tableaux	II
Liste des Figures	III
Liste des abréviations	VI
Introduction... ..	1

Chapitre I. Etat des lieux de l'élevage caprin en Algérie

1. Importance de l'élevage caprin en Algérie.....	2
1.1. Importance de l'élevage caprin dans la wilaya de M'sila	3
1.2. Rôle socio-économique de l'élevage caprin	3
2. Distribution du cheptel caprin en Algérie.....	3
2.1. Les Hauts-Plateaux:	4
2.2. Les régions montagneuses du Nord	Erreur ! Signet non défini.
2.3. Les zones sahariennes	4
2.4. Les régions du centre et de l'Ouest du pays	4
3. Principales races caprines autochtones en Algérie.....	4
3.1. La race Arabe (Arbia)	5
3.2. La race Kabyle	5
3.3. La race Mozabite.....	6
3.4. La race Mekatia.....	6
3.5. La population croisée.....	7
4. Principales races caprines introduites en Algérie.....	7
4.1. La race Alpine.....	7
4.2. La race Saanen	8
4.3. La chèvre de Malte (Maltaise)	9

Chapitre II.Particularités du lait caprin et aptitude aux transformations technologiques

1. Particularités et facteurs de variation de la composition du lait de chèvre	10
1.1. Particularités physicochimiques du lait caprin	10
1.1.1. Acidité.....	11
1.1.2. Densité.....	11
1.1.3. Conductivité électrique.....	12
1.1.4. Teneur en eau.....	12
1.1.5. Teneur en matière grasse.....	12
1.1.6. Teneur en protéines.....	12
1.1.7. Teneur en lactose.....	13
1.1.8. Teneur en vitamines.....	13
1.1.9. Teneur en minéraux.....	13
2. Aptitude du lait de chèvre aux transformations	13
2.1. Transformations fromagères artisanales en Algérie	14
2.1.1. Fromage affiné : Bouhezza.....	14
2.1.2. Fromage frais extra-dur : Klila.....	14
2.1.3.Fromages frais.....	14
a) Jben.....	14
b) Takammart.....	15
c) Michouna.....	15
d) L'Ighounane ou Adghess.....	15
e) Aghoughlou.....	15
f) Aoules.....	15
g) Madghissa.....	16
h) Takammarit.....	16
2.2. Transformations fromagères industrielles.....	16
2.2.1. La coagulation.....	16

a) Coagulation acide.....	16
b) Coagulation enzymatique.....	17
c) Coagulation mixte.....	17
2.2.2. Egouttage	17
2.2.3. Salage.....	17
2.2.4. Affinage	18
3.Types de fromages obtenus par transformation industrielle.....	18
3.1. Fromages au lait cru	18
3.2. Fromages au lait pasteurisé.....	19
3.3. Fromages affinés.....	19
3.4. Fromages à pâte pressée.....	19
3.5. Fromages frais.....	19
3.6. Fromages à pâte molle.....	20
3.7. Fromages à pâte persillée.....	20
3.8. Fromages de chèvre.....	20
3.9. Fromages de brebis.....	20

Chapitre III. Matériels et méthodes

A.Région d'étude	21
A.1. Situation et limites géographiques	21
A.2.Caractérisation agropédoclimatique.....	21
A.2.1. Température	22
A.2.2. Pluviométrie	22
A.2.3. Les vents.....	23
B.Matériels et méthodes.....	24
B.1.Matériels	24
B.2.Méthode de travail.....	24
B.2.1. Objectif de l'étude	24

B.2.2.Echantillonnage.....	24
B.2.3.Prélèvements du lait	25
B.2.4. Questionnaire.....	25
B.2.5.Traitement statistique des résultats.....	25

Chapitre IV. Résultats et discussion

A.Résultats.....	26
A.1.Effectifs et races caprines enquêtées.....	26
A.2.Moyennes et écart-types des paramètres physico-chimiques du lait caprin en fonction de la race	26
B.Discussion.....	28
Conclusion.....	31
Références bibliographiques	33

Annexes

Résumés

Liste des tableaux

Titre du tableau	Page	Chapitre
Tableau 1 : Evolution du cheptel national caprin pour la période 1963-2007	2	1
Tableau 2 : Caractéristiques zootechniques de quelques races en Algérie	4	1
Tableau 3 : Composition biochimique du lait de chèvre	10-11	2
Tableau 4: Moyennes et écart-types des résultats des analyses physico-chimiques du lait de chèvre de la région d'étude	27	4

Liste des figures

Titre de la figure	Page	Chapitre
Figure 1 : La race Arbia	5	1
Figure 2: La race Kabyle	5	1
Figure 3: La race Mozabite	6	1
Figure 4: La race Mekatia	7	1
Figure 5: La race Alpine	8	1
Figure 6 : La race Saanen	9	1
Figure 7: Phases de préparation des fromages affinés	19	2
Figure 8: Localisation et carte d'occupation des sols de la wilaya de M'sila,	21	3
Figure 9: Températures mensuelles moyennes enregistrées au niveau de la wilaya de M'sila	22	3
Figure 10 : Précipitations mensuelles moyennes enregistrées au niveau de la wilaya de M'sila	23	3
Figure 11 : Matériels utilisés au niveau du laboratoire	24	2
Figure 12: Ferme Djamel Taibi à Ouled Addi Kebala (Races <i>Hidjazi</i> et <i>Arbia</i>)	26	4

Liste des abréviations

DSA : Direction des Services Agricoles

FAO: Food and Agriculture Organisation

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

MADR : Ministère de l'Agriculture et le Développement Rural.

°C : degré Celsius

pH :Potentiel d'hydrogène

TA : Temps d'Accès

TB : Taux Butyreux

TP : Taux Protéique

MS : Matière Sèche

MG : Matière Grasse

Kg : kilogramme

Km : kilomètre

L : Litre

M : mètre

Introduction

En Algérie, la consommation de lait et de produits laitiers est importante. Selon les données du MADR, la production laitière en Algérie a atteint environ 4,7 milliards de litres en 2020, contre une consommation de 5,8 milliards de litres de lait et de produits laitiers (FAO, 2020). Cela signifie que l'Algérie doit importer du lait et des produits laitiers pour répondre à la demande interne. Selon les données de la Banque mondiale (2022), la population de l'Algérie était d'environ 44,6 millions de personnes en 2020.

Le cheptel caprin de l'Algérie fait preuve d'une diversité importante. L'importance économique des caprins, notamment pour les populations les plus défavorisées, est souvent sous-estimée. L'élevage caprin avec un effectif de 4,7 millions de têtes dont 50% sont des chèvres, occupe la deuxième place après les ovins. Il représente environ 14% de l'effectif global (Mami, 2013). L'élevage de la chèvre se pratique dans des régions défavorisées ou marginales (montagnes, steppes, zones sahariennes) en raison de son adaptation aux milieux difficiles (Lahrech et al., 2018).

La qualité nutritionnelle, physique et chimique du lait est d'une importance cruciale pour de nombreuses industries alimentaires, notamment l'industrie laitière. Au cours des dernières années, les consommateurs ont été de plus en plus soucieux de se procurer des produits laitiers de qualité supérieure fabriqués à partir de lait sain et propre. Par conséquent, l'étude de la qualité du lait de base est essentielle pour répondre aux besoins des consommateurs (El-Adawy and Rahma, 2006 ; Gull et al., 2015).

La wilaya de M'sila est l'une des principales régions productrices de lait, en particulier de lait de vache (DSA, 2022). L'objectif de ce travail est d'évaluer, d'une part, la qualité physico-chimique du lait de chèvre issus de sept fermes distribuées dans la wilaya de M'sila, et d'autre part d'évaluer son aptitude à la transformation fromagère.

Ainsi, le présent travail est divisé en deux grandes parties: la partie bibliographique qui se compose de deux chapitres, dont le premier concerne l'état des lieux de l'élevage caprin en Algérie (Chapitre I) ; alors que le deuxième s'intéresse aux particularités du lait caprin et aptitude aux transformations technologiques (Chapitre II). La partie pratique incluant la partie matériel et méthodes (Chapitre III), suivie d'un quatrième chapitre exposant et discutant les résultats de l'étude.

1. Importance de l'élevage caprin en Algérie

L'élevage caprin en Algérie joue un rôle important dans l'économie du pays, en particulier dans les zones rurales. Il s'agit d'une activité traditionnelle pratiquée par les populations nomades, semi-nomades et sédentaires, qui utilisent les chèvres pour produire du lait, de la viande et des peaux (Malik et al., 2019). Selon les statistiques de MADR (2019), le cheptel caprin algérien est estimé à environ 12,5 millions de têtes. Les principales races élevées en Algérie sont la race locale Arbia et la race Kabyle. La production laitière moyenne par chèvre est d'environ 0,5 à 1,5 litre de lait par jour (MADR, 2019).

Cependant, le secteur caprin en Algérie est confronté à plusieurs défis, notamment la faiblesse de la productivité laitière, la mortalité élevée des chevreaux, la faiblesse de la qualité génétique du cheptel et l'insuffisance des infrastructures d'élevage (Kherouatou et Boubekeur, 2018). Malgré les défis, l'élevage caprin en Algérie offre des perspectives intéressantes pour les éleveurs, en particulier dans les régions rurales où les conditions naturelles sont favorables à l'élevage des chèvres (Malik et al., 2017). Le gouvernement algérien a mis en place des programmes pour soutenir le développement de l'élevage caprin, tels que la mise en place de centres de formation pour les éleveurs, l'amélioration de la qualité génétique du cheptel et l'augmentation des investissements dans les infrastructures d'élevage (Koudri et Niar, 2018). Le **Tableau 1** représente l'évolution du cheptel national caprin entre 1963 et 2007.

Tableau 1: Evolution du cheptel national caprin pour la période 1963-2007 (MADR, 2007)

Période	Caprins (milliers de têtes)		
	Total caprin	Total chèvres	% chèvres/Total caprin
63-69	1989,0	1153,0	58,0
70-79	2459,0	1522,0	61,9
80-89	2651,0	1630,0	61,5
90-99	2841,0	1628,0	57,3
2000	3265,0	1735,0	53,1
2001	3129,0	1790,0	57,2
2002	3281,0	1885,0	57,5
2003	3312,0	1838,0	55,5
2004	3358,0	1863,0	55,5
2005	3589,0	2039,0	56,8
2006	3754,0	2151,0	57,3
2007	3774,0	2174,0	57,6

1.1. Importance de l'élevage caprin dans la wilaya de M'sila

La wilaya de M'sila est située dans les Hauts-Plateaux, où les conditions écologiques sont favorables à l'élevage caprin (Bousseboua et Boubekeur, 2018). Ainsi, l'élevage caprin représente une source de revenus importante pour les habitants de la wilaya de M'sila. En effet, de nombreux éleveurs dépendent de cette activité pour subvenir aux besoins de leurs familles. La production laitière et la vente de chèvres sur les marchés locaux, sont les principales sources de revenus des éleveurs caprins de la région (Bouderoua et Guetarni, 2013). En outre, l'élevage caprin est une activité importante pour l'économie locale, en fournissant des emplois pour les habitants de la région, en soutenant les industries locales telles que la production de fromage et de viande de chèvre, et en contribuant à la sécurité alimentaire de la région. L'importance de l'élevage caprin dans la wilaya de M'sila a conduit à la mise en place de programmes de développement visant à améliorer la production caprine dans la région. Ces programmes comprennent la formation des éleveurs, l'amélioration de la qualité génétique du cheptel, la construction de nouvelles infrastructures pour la production laitière et la promotion de l'exportation de produits caprins locaux (Boujenane et Yahiaoui, 2017).

1.2. Rôle socio-économique de l'élevage caprin

L'élevage de chèvres semble être une activité principale, car pour la plus part des éleveurs et agro-éleveurs, le bétail joue un rôle socio-économique très important :

- C'est une source de revenu pour les éleveurs (Chentouf et al. 2005). Selon Srour et al., (2005), l'élevage des chèvres joue un rôle important dans la vie des populations rurales.
- L'élevage caprin constitue une caisse d'épargne facilement mobilisable, lors de crises pécuniaires.
- L'élevage caprin assure une production laitière constante pour le ménage, et qui pourrait être valorisée pour l'autoconsommation, la vente, ou la fabrication de fromages artisanaux.
- Les viandes caprines sont riches en protéines et pauvres en graisses, ce qui les rend très diététiques par comparaison aux autres types de viandes.

2. Distribution du cheptel caprin en Algérie

Le cheptel caprin en Algérie est réparti sur l'ensemble du territoire national, mais sa concentration varie en fonction des zones écologiques et des pratiques d'élevage (Fares et al., 2020). Les régions où l'élevage caprin est le plus développé en Algérie, sont :

2.1. Les Hauts-Plateaux:

Notamment la région de Djelfa, connue pour la race caprine locale qui porte son nom. Cette région compte environ 1,5 million de têtes de chèvres (MADR, 2019).

2.2. Les régions montagneuses du Nord

En particulier la Kabylie, où l'on trouve la race caprine locale Blanche de Kabylie. Cette région compte environ 1 million de chèvres (MADR, 2019).

2.3. Les zones sahariennes

Où l'élevage caprin est pratiqué par les populations nomades et semi-nomades. Cette région compte environ 4 millions de têtes de chèvres.

2.4. Les régions du centre et de l'Ouest du pays

On y trouve des élevages mixtes de chèvres et de moutons. Ces régions comptent environ 4 millions de chèvres. Il convient de noter que les chiffres ci-dessus sont des estimations approximatives et que la répartition exacte du cheptel caprin en Algérie, peut varier en fonction de divers facteurs ; tels que la saisonnalité, les conditions climatiques, les pratiques d'élevage et les politiques gouvernementales (Benammar et al., 2021).

3. Principales races caprines autochtones en Algérie

La population locale est représentée essentiellement par la race Arabe, Kabyle et la chèvre du M'Zab. Cette population est adaptée aux conditions difficiles des milieux steppiques, où son élevage est généralement associé au cheptel ovin. Cependant, dans certaines zones notamment dans le Tell Nord (montagnes) et dans les Oasis du Sud, il peut exister des troupeaux composés uniquement de caprins (Fantazi, 2004). Le **Tableau 2** représente les caractéristiques zootechniques de quelques races en Algérie.

Tableau 2:Caractéristiques zootechniques de quelques races en Algérie (Fantazi, 2004)

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

Les principales races caprines exploitées en Algérie sont :

3.1. La race Arabe (Arbia)

Cette population est la plus dominante et est associée au rameau nubien. Elle est située sur les hauts plateaux, dans les zones steppiques et semi-steppiques. Elle se distingue par une taille comprise entre 50 et 70 cm, une tête avec des oreilles longues, volumineuses et pendantes. Ses pelages sont multicolores, avec de longs cheveux de 12 à 15 cm de long (**Figure 1**). La production de lait d'une journée typique est de 1,5 litre (CN AnGR, 2003).



Figure 1 : La race Arbia (Sahraoui Madani, 2014)

3.2. La race Kabyle

Selon Pedro (1952) et Hellal (1986), elle occupe la Kabylie et les Monts des Aurès. Elle est robuste, son hauteur atteint 66 cm pour les mâles et 62 cm pour les femelles. Sa longueur est d'environ 65-80 cm, son poids est équivalent à 47-60 kg. Le corps est allongé avec une couronne droite et la tête est mince et anguleuse. Face au dos, la couleur dominante est : le beige, rouge, blanc, pie rouge, pie noir, noir. Elle a de petites oreilles pointues et modestement vêtues de blanc. Les cheveux sont longs (3-9 cm). Sa production de lait est faible et elle est généralement élevée pour produire de la viande qui est de bonne qualité (**Figure 2**).



Figure 2: La race Kabyle (ITELV, 2003)

3.3. La race Mozabite

Dénommée aussi «la chèvre rouge des Oasis». Elle est originaire de Metlili ou Berriane, et se caractérise par un corps allongé, droit et rectiligne. Sa taille est de 68 cm pour le mâle, et 65cm pour la femelle, avec des poids respectifs de 50kg et 35kg. La robe est de trois couleurs : le chamois qui domine, le brun et le noir. Les poils sont courts (3-7 cm) chez la majorité des individus. La tête est fine, porte des cornes rejetées en arrière lorsqu'elles existent, le chanfrein est convexe, les oreilles sont longues et tombantes (15 cm) (Hellal, 1986) (**Figure 3**).



Figure 3: La race Mozabite (ITELV, 2003)

3.4. La race Mekatia

Selon Guelmaoui et Abderehmani (1995), elle est originaire d'Ouled Nail, dans la région de Laghouat. Cette race se trouve dans la région nord des hauts plateaux algériens. Cette dernière est principalement employée dans la production de lait et de viande. Elle a un corps allongé vers la droite, un chanfrein parfois légèrement convexe et une variété de robes dans les tons de gris, beige, blanc et brun avec cheveux courts et lisses dont la longueur varie de 3 à 5 cm.

La tête de la femelle est grande et a de longues oreilles de 16 cm de long et des cors dirigés vers l'arrière. La tête du mâle est forte. Le mâle pèse 60 kg et a un garrot de 76 cm de haut, tandis que la femelle pèse 40 kg et a un garrot de 70 cm de haut. La mamelle est uniformément répartie, du type carré, haute et bien attachée, et la majorité des femelles ont de grands trayons (CN AnGR, 2003) (**Figure 4**).



Figure 4: La race Mekatia (ITELV, 2003)

3.5. La population croisée

C'est le résultat de croisement entre les races standardisées, telles que la race Makatia ou Arbia, qui se localisent surtout dans les hauts plateaux (Bey et Laloui, 2005). Par ailleurs, des races de chèvres laitières ont été introduites au cours des années 70 et 80. Il s'agit de races françaises ; l'Alpine et la Saanen, et de la race suisse ; Toggenburg (Villemot, 1990). Ces races importées n'ont pas eu d'impact sur l'amélioration du cheptel caprin local pour l'amélioration de la production laitière (Benyoucef, 2005).

4. Principales races caprines introduites en Algérie

4.1. La race Alpine

La chèvre Alpine est une excellente laitière qui supporte bien les différentes formes d'élevages, en stabulation, en semi-plein air ou carrément en plein air et dans les pâturages. Les chevrettes sont si précoces, qu'on peut les faire saillir, dès qu'elles atteignent l'âge de sept mois.

L'Alpine est de taille moyenne avec un bouc pesant de 80 à 100 kg et une chèvre de 50 à 70 kg. La tête triangulaire est la partie de l'animal la plus fréquemment cornée. Les éleveurs choisissent les animaux cornus car ils sont plus fertiles (95% des boucs et 85% des chèvres sont cornus).

Ces caprins sont choisis par les critères de leur ascendants, car ils ont une excellente fertilité. La tête peut avoir ou non des pampilles et une barbiche. Les oreilles sont positionnées vers l'avant et sont relativement fermées, mesurant entre 13 et 14 cm de longueur. Les yeux ressemblent à des voiles et le cou est mince. Le dos est droit et la croupe est large et légèrement inclinée. Les membres sont forts, et les aplombs sont bons. La

mamelle est large et légèrement inclinée. La robe a un col pointu et est assez colorée, allant du rouge clair au rouge feu en passant par le noir (Babo, 2000) (**Figure 5**).



Figure 5: La race Alpine. (www.capgenes.com)

4.2. La race Saanen

La Saanen, également connue sous le nom de Blanche de Gessenay, est une race de grande taille d'ascendance suisse. Sa hauteur de garrot varie de 90 à 100 cm et son poids varie de 80 à 120 kg, chez les mâles. Le poids varie de 50 à 90 kg, avec des hauteurs de garrot comprises entre 70 et 90 cm, chez les femelles (Ricoardeau et Lauvergne, 1971 ; Babo, 2000).

Cette race est considérée comme primitive et jeune. Elle a la réputation d'être calme, très soumise et robuste. Elle peut supporter tous les types d'émasculations possibles, y compris les intenses si nécessaire. Même complètement en stabulation, elle se comporte admirablement.

Elle a un poil blanc court et uniforme avec un éclat ; la tête a le bon profil, qu'elle ait ou non des cornes, des pampilles ou une barbiche ; la poitrine est large et longue, indiquant une capacité thoracique importante. Les membres sont forts et bien d'aplomb. La mamelle en forme de globule est plus développée en largeur qu'en longueur (Ricoardeau et Lauvergne, 1971 ; Babo, 2000) (**Figure 6**).



Figure 6 : La race Saanen (www.capgenes.com)

4.3. La chèvre de Malte (Maltaise)

C'est la chèvre qui a une forte réputation de lait (French ,1971).La Maltaise est de taille moyenne que l'on trouve dans les régions littorales européennes. La tête est relativement petite et légère, avec de longues et larges oreilles qui pendent et se trouvent étendues vers l'extérieur chez les mâles et les femelles. Ayant un gros abdomen et tronc. La robe est de couleur pâle avec une nuque. Sa production laitière moyenne est de 357 litres par lactation.

1. Particularités et facteurs de variation de la composition du lait de chèvre

Le lait caprin présente certaines particularités par rapport aux autres types de lait, tel que le lait de vache. La composition chimique du lait de chèvre peut varier en fonction du régime alimentaire (Goetsch et al., 2001 ; Cozma et al., 2014). Les composés nutritifs comme les graisses peuvent également dépendre d'autres facteurs tels que la race et la période de lactation (Cozma et al., 2014). Ces différences de composition, rendent ce type de lait destiné à la production de certains types de fromages et autres produits dérivés (Paciovski et al., 2015).

1.1. Particularités physicochimiques du lait caprin

Le lait de chèvre a une teneur en matières grasses, plus élevée que le lait de vache, ce qui lui confère une texture plus crémeuse (Park, 2006). De plus, il contient plus de certains acides gras, comme l'acide caprique, qui lui donnent un goût plus prononcé (Guo et al., 2017) (**Tableau 3**).

Tableau 3: Composition biochimique du lait de chèvre (Claeys et al., 2014)

Composés	Teneur (%)
Matière sèche totale	11,9-16,3
Protéines	3-5,2
Matière grasse	3-7,2
Lactose	3,2-5
Minéraux	0,7-0,9
Ca (mg/100 ml)	85-198
P (mg/100 ml)	79-153
K (mg/100 ml)	140-242
Mg (mg/100 ml)	10-36
Na (mg/100 ml)	28-59
Fe, (mg/100 ml)	0,05-0,1
Zn (mg/100 ml)	0,4-0,6
Cu (mg/100 ml)	0,02-0,05

Thiamine (Vit. B1) ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)	40-68
Riboflavine (Vit. B2) ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)	110-210
Niacine (Vit. B3) ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)	187-370
Acide Pantothénique (Vit. B5) ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)	310
Pyridoxine (Vit. B6) ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)	7-48
Biotine (Vit. B7) ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)	1,5-3,9
Acide Folique (Vit. B9) ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)	0,24-1
Cobalamine (Vit. B12) ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)	0,06-0,07
Acide Ascorbique (Vit. C) ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)	900-1500
Vitamine A ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)	50-68
Chole-calciferol (Vit. D3) ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)	0,25

1.1.1. Acidité

Le lait de chèvre est plus acide que le lait de vache, avec un pH compris entre 6,4 et 6,8 (Makkar et al., 2014). Le lait de chèvre a une acidité relativement stable tout au long de la lactation. L'acidité oscille entre 0,16 et 0,17% d'acide lactique (Veinoglou et al., 1982). En technologie fromagère, la présure réduit le temps de coagulation du lait de chèvre et accélère également la synérèse du caillé (Kouniba, 2007).

1.1.2. Densité

La densité du lait de chèvre est relativement stable (Veinoglou et al., 1982) et se situe à 1,022, inférieure à celle du lait de vache (1,036). En général, la densité du lait à 15°C varie de 1.028 à 1.035 (Amiot et al., 2002). La densité du lait est déterminée par deux facteurs de variation opposés :

- La concentration des éléments dissous et en suspension (solides non gras), qui est proportionnelle à la densité.
- La proportion de matière grasse, qui a une densité inférieure à 1.

La densité globale du lait varie de façon inverse à la teneur en graisse, ainsi, un écrémage augmentera la densité et un mouillage ou une addition d'eau la diminuera (Amiot et al., 2002).

1.1.3. Conductivité électrique

Par la mesure de la capacité du lait à conduire le courant. Lorsque la température est de 25°C, la conductivité électrique du lait varie de 43 à 56.10⁻⁴ Siemens/cm. Elle est causée par les électrolytes minéraux (phosphates, chlorures et citrates) présents, qui réduisent la résistance au passage du courant (Fall, 1997). Cette mesure permet d'estimer combien de sels sont dispersés dans le lait.

1.1.4. Teneur en eau

L'eau représente plus de 80% de la composition du lait et a un rôle important, car elle permet l'homogénéisation des autres composants solubles afin qu'ils restent en solution. L'eau a un rôle intéressant de la technologie dans la production laitière des glaciers. Il existe plusieurs valeurs pour la teneur d'humidité du lait de chèvre ; elle est estimée de 83,63 % (Boumendjel et al., 2017) à 86,3 % (Mukhekar et al., 2017a,b). Généralement, elle est de l'ordre de 83,7 % à 88,1 % (Claeys et al., 2014).

1.1.5. Teneur en matière grasse

Le lait de chèvre contient en moyenne 3,5% de matière grasse, contre 3,9% pour le lait de vache. Cependant, les globules gras du lait de chèvre sont plus petits que ceux du lait de vache, ce qui facilite leur digestion et leur homogénéisation (Mehaia et al., 2017) (**Tableau 3**).

1.1.6. Teneur en protéines

Le lait de chèvre contient des protéines différentes de celles du lait de vache. Les protéines du lait de chèvre sont plus petites et plus facilement assimilables par l'organisme humain (Park, 2007). Le lait de chèvre contient moins de caséine que le lait de vache, mais plus de protéines solubles. Cette particularité peut influencer la coagulation du lait lors de la fabrication de fromage (Makkar et al., 2014) (**Tableau 3**).

1.1.7. Teneur en lactose

Le lait de chèvre contient moins de lactose que le lait de vache, ce qui peut en faire une alternative pour les personnes souffrant d'intolérance au lactose (Mehaia et al., 2017) (**Tableau 3**).

1.1.8. Teneur en vitamines

Les vitamines sont des molécules essentielles qui ne peuvent être produites par l'organisme et doivent être apportées par l'alimentation. Elles sont nécessaires à l'organisme car elles jouent le rôle de coenzymes (Adrian, 1987).Les vitamines se trouvent à l'état de traces dans le lait (Alais et Linden, 2004), mais le lait de chèvre contient des vitamines A, D, de la thiamine, de la riboflavine et de la niacine (Lopez-Aliaga, 2010) (**Tableau 3**).

1.1.9. Teneur en minéraux

Le lait de chèvre est très riche en minéraux tels que le calcium et le phosphore, avec une teneur allant de 0,7 à 0,85 % (Silanikove et al., 2010). La teneur moyenne en minéraux est estimée à 0,75 % selon les travaux de Mukhekar et al. (2017a,b). La quantité de minéraux présents dans le lait de chèvre peut varier. Le lait de chèvre contient également des quantités importantes de sélénium par rapport au lait de vache (Ednie et al., 2015) (**Tableau 3**).

2. Aptitude du lait de chèvre aux transformations

Le lait de chèvre a une saveur plus prononcée et plus caractéristique que le lait de vache, ce qui le rend particulièrement apprécié pour la fabrication de fromages. En raison de ces particularités, le lait de chèvre peut être utilisé dans des applications spécifiques en alimentation humaine, notamment dans la production de fromages, yaourts et autres produits laitiers (Muehlhoff et al., 2013).

Les particularités physicochimiques peuvent influencer l'aptitude du lait caprin aux transformations technologiques, c'est-à-dire aux différentes techniques de transformation utilisées pour produire des produits laitiers. Par exemple, le lait de chèvre est souvent utilisé pour fabriquer des fromages, car sa teneur en matière grasse et en protéines solubles lui confère une excellente aptitude à la coagulation. Cependant, la petite taille des globules de matière grasse peut également rendre le lait caprin plus difficile à travailler lors de la fabrication de certains produits laitiers, comme le beurre (Leontowicz et al., 2016).

2.1. Transformations fromagères artisanales en Algérie

L'Algérie dispose bel et bien de traditions de fabrication des produits laitiers même si l'activité est limitée à la sphère domestique. Les laits fermentés et fromages sont fabriqués traditionnellement, le plus souvent par les femmes à la maison et servent à l'autoconsommation, le surplus pouvant être vendu localement (Boukhobza, 2021).

Les caractéristiques de ces fromages et des procédés de fabrication diffèrent d'une région à une autre et d'un fromage à l'autre; mais restent relativement peu exploités. L'augmentation de la production du lait durant certaines saisons et la difficulté de sa préservation sous la forme fraîche sont deux facteurs qui ont conduit au développement des technologies de production traditionnelle algérienne. Ils peuvent être classés en fromage affiné, fromage frais et fromage sec (Boukhobza, 2021).

2.1.1. Fromage affiné : Bouhezza

Bouhezza (ou Bou Mella) est un fromage de terroir très répandu dans la région des Chaouia. Fabriqué par les femmes en utilisant une *Chekoua* auparavant pour cet usage. La *Chekoua* est un sac préparé à partir de la peau de chèvre ou de brebis non fendue, traitée principalement avec du sel et du genièvre (cade). La fabrication existe principalement dans les wilayas d'Oum El Bouaghi, de Batna, et de Khenchela (Boukhobza, 2021).

2.1.2. Fromage frais extra-dur : Klila

La klila est un fromage fermenté produit empiriquement dans plusieurs régions de l'Algérie, (Batna, Tebessa, Djelfa, Laghouat, Tiaret, Saida, Nâama, El Bayadh...ect.), il est fabriqué par un chauffage relativement modérée (55 à 75 c°) du lben jusqu'à ce que le lben est caillé (10 à 15 min) (Boukhobza, 2021).

2.1.3.Fromages frais

a) Jben

Le J'ben est un produit laitier connu et consommé en Algérie depuis fort longtemps au niveau des zones steppiques et sahariennes aussi bien en milieu rural qu'en milieu urbain. Ce fromage est le produit d'une transformation des laits d'un cheptel diversifié et d'une fermentation par une flore lactique indigène. Ce fromage frais traditionnel regroupe des produits aux caractéristiques très variées issues de pratiques de fabrication différentes (Boukhobza, 2021).

b) Takammart

Le takammart est un fromage au lait de chèvre ou de brebis traditionnel algérien, et est une spécialité fromagère des touarègue de la région du Hoggar et du Tassili n'Ajjer, dans le Sahara algérien.C'est aussi fromage blanc, sec, fabriqué selon des procédés traditionnels à partir du lait frais entier de chèvre ou de brebis. Le sel n'entre pas dans le procédé de fabrication de ce fromage à l'instar des autres types de fromages de la région du Hoggar (Boukhobza, 2021).

c) Michouna

Est un fromage largement consommé à Tébessa, notamment dans le milieu rural. C'est un fromage frais qui se fabrique à partir du lait et de Lben de vache ou de chèvre.Le pH de ce fromage est autour de 5,85. Avec un extrait sec qui varie entre 35,4% et 45,5%, sa qualité microbiologique est excellente par absence des microorganismes pathogènes (Boukhobza, 2021).

d) L'Ighounane ou Adghess

Adghess est un fromage traditionnel frais à coagulation fermentaire du lait de vache ou de chèvre et de brebis, à préparation simple, produit dans la région des Aurès il est fabriqué à Oum El'Bouaghi essentiellement dans la région rurale. Adghess est fabriqué à partir d'un mélange de colostrum et d'œufs qui est ensuite cuit (Boukhobza, 2021).

e) Aghoughlou

Fromage frais semi-affiné (05 jours d'affinage) d'origine Berbère de la grande Kabyle et petite Kabyle.Il est obtenu à partir de lait frais de vache ou de chèvre coagulé par la sève du figuier (Boukhobza, 2021).

f) Aoules

C'est un fromage traditionnel algérien, frais du Hoggar fabriqué par les Touaregs à base de lait de chèvre.Obtenu par le chauffage modéré du lben écrémé issu de lait de chèvre coagulé spontanément.Le chauffage est fait dans un récipient en argile jusqu'à la précipitation des caséines. Le précipité est tendu dans un panier de paille et le caillé est malaxé en petite quantité à la fois pour donner la forme d'un petit cylindre plat 2 cm d'épaisseur, 6 à 8 cm de diamètre). Le fromage est ensuite séché au soleil, broyé et peut être mélangé avec de la pâte des dattes ou avec les boissons (Boukhobza, 2021).

g) Madghissa

Fromage fondu de la région de Chaouia (Oum el Bouaghi, Khenchla). Il est préparé avec la klila fraîche après salage et incorporation du lait frais. L'ensemble est porté à ébullition sur feu doux jusqu'à séparation du caillé et de lactosérum. Après refroidissement du mélange, la marmite est basculée pour éliminer le lactosérum. Le fromage ainsi préparé est une pâte jaune salée et élastique appelée Madghissa (Boukhobza, 2021).

h) Takammarit

C'est un fromage connu également sous le nom de kémaria frais, fromage blanc de chèvre semi-affiné (semi-affinage de 8 à 10 jours), très répandu dans la wilaya de Ghardaïa ou la région du M'Zab. Ce fromage est fabriqué à base du lait cru entier de vache ; de chèvre ou de brebis préalablement salé (sel de table ou alun) et chauffé à 37°C, puis emprésuré par le gésier de poulet, caillette de chevreau ou fleur de cardon. Après coagulation pendant 30 min le caillé est découpé et égoutté dans un chèche, pour une période de 30 min jusqu'à 24h. La kémaria est mise en forme de galette est consommée avec le thé et le pain dans les occasions religieuses et les invitations spéciales et les soirées familiales (Boukhobza, 2021).

2.2. Transformations fromagères industrielles

La transformation du lait en fromage comporte, pour la plus grande partie des fromages, quatre étapes principales : coagulation, égouttage, salage et affinage.

2.2.1. La coagulation

Le terme "coagulation" fait référence à la déstabilisation des micelles de caséine, qui flocculent puis se solidifient pour produire un gel contenant les composants solubles du lait. Elle peut être provoquée par l'activité d'une enzyme, l'acidification ou une combinaison des deux (Lapointe-Vignole, 2002).

La capacité du lait à coaguler dépend de son pH initial ainsi que de la quantité de calcium colloïdal et de caséine qu'il contient, tous deux essentiels à la formation du gel (Hurtaude et al., 2001).

a) Coagulation acide

Le ferment lactogène, qui convertit le lactose en acide lactique, est à l'origine de la coagulation acide. Le pH du lait de fromagerie diminue lorsque l'acide lactique est produit, et les acides résiduels flottants fixent les protons, ce qui provoque la dissolution du phosphate colloïdal de calcium, un facteur cruciale pour la stabilité des micelles de caséine (Lucey,

2008 ; Tsakalidou, 2010). Les micelles appauvries en phosphate de calcium se décomposent en sous-unités.

b) Coagulation enzymatique

De nombreuses enzymes protéolytiques, qu'elles soient d'origine animale, végétale ou microbienne, ont la capacité de coaguler le lait. Mais cette caractéristique est insuffisante pour leur permettre de produire des fromages de haute qualité. Le coagulant le plus répandu est la pression d'origine animale, qui contient majoritairement de la chymosine et un peu de pepsine (80% chymosine, 20% pepsine) (St -Gelais et al., 2000 ; Amiot et al., 2002).

c) Coagulation mixte

Elle est le résultat de l'effet conjugué de la pression et de l'acidité. La grande variété des fromages à pâte molle et à pâte pressée non cuite peut être attribuée à la variété des combinaisons qui conduisent à plusieurs états d'équilibre spécifiques (Romain et al., 2007).

2.2.2. Egouttage

L'égouttage représente l'étape de concentration de certains constituants du gel provoquée par un phénomène physique actif de contraction (synérèse) et d'évaporation passive du lactose du fait de la porosité et de la perméabilité du gel (Walstra et al., 1985). La méthode de synérèse permet à un fromager de surveiller de près la teneur en humidité de leur produit et, par conséquent, l'activité microbienne et enzymatique de leur fromage, qui affecte la qualité, la stabilité et la maturation de leur produit (Fox et al., 2000).

C'est un phénomène biochimique et physicochimique suivant lequel le caillé formé par voie acide ou enzymatique se contracte continuellement et expulse spontanément le lactosérum (St- Gelais et al, 2000).

2.2.3. Salage

Un rôle sensoriel est joué par l'ajout de sel fin ou gros via le saupoudrage, l'immersion dans la saumure ou le salage direct du caillé une fois qu'il a atteint l'humidité et le pH souhaités, tandis qu'un rôle technologique est joué par la réalisation de l'évaporation et de la conservation. .

La texture, la saveur et la qualité microbiologique des fromages sont toutes influencées de manière significative par le sel (Kindstedt et al., 1989 ; Paulson et al., 1998 ; Fox et al., 2000). Cela empêche la croissance de plusieurs bactéries nocives pour le fromage et dégrade sa qualité, notamment en surface. De plus, il permet de choisir la fleur d'affinage (Hardy,

1997). Il aide à la dégradation de la caséine et au développement de la croûte tout en ralentissant l'activité enzymatique.

2.2.4.Affinage

Selon St-Gelais et al. (2000), l'affinage est le terme désignant la digestion enzymatique des composants du caillé égoutté, qui confère au produit fini une texture et un goût distinctifs selon le type de fromage recherché. Cette étape dépend de la composition, de la structure du caillé, le temps de vieillissement et la composition. Les enzymes suivantes sont impliquées dans l'affinage du fromage (St-Gelais et al., 2000) :

- les enzymes impliquées dans la dégradation et l'oxydation des sucres et des acides organiques.
- les enzymes impliquées dans l'hydrolyse des protéines pour libérer des peptides à chaîne longue et courte (chymosine, plasmine, protéases microbiennes) ;
- les aminopeptidases, dipeptidases et carboxypeptidases d'origine microbiologique qui découpent les peptides en acides aminés ;
- les peptidases qui hydrolysent les triglycérides en acides gras et di et mono glycérides ;
- les systèmes qui modifient ou décomposent les acides contenant des amines, tels que les décarboxylases, les désaminases, les transaminases et les déméthiolases.

3. Types de fromages obtenus par transformation industrielle

Il existe de nombreux types de transformations industrielles de fromages, qui peuvent varier en fonction du lait utilisé, de la méthode de production et du pays d'origine. Il y a plusieurs types de fromages en fonction processus de transformation et du type de lait .Voici quelques exemples :

3.1. Fromages au lait cru

Ce sont des fromages fabriqués à partir de lait cru non pasteurisé, qui n'a pas été chauffé à plus de 40°C. Le fromage conserve ainsi les bactéries naturelles du lait, ce qui lui confère un goût et une texture uniques. Parmi les fromages au lait cru, on peut citer le Comté, le Roquefort, le Camembert, le Saint-Nectaire, le Munster, le Beaufort, le Parmesan, etc (Montel et al., 2014).

3.2. Fromages au lait pasteurisé

Ce sont des fromages fabriqués à partir de lait pasteurisé, qui a été chauffé à haute température pour éliminer les bactéries. Les fromages au lait pasteurisé ont généralement une texture plus lisse et un goût plus uniforme que les fromages au lait cru. Parmi les fromages au lait pasteurisé, on peut citer le Cheddar, le Gouda, le Brie, le Emmental, le Comté (parfois fabriqué avec du lait pasteurisé), etc (Fox et al., 2017).

3.3. Fromages affinés

Ce sont des fromages qui ont été laissés à mûrir pendant plusieurs semaines, voire plusieurs mois, pour développer leur goût et leur texture. Les fromages affinés peuvent être fabriqués à partir de lait de vache, de chèvre ou de brebis, et peuvent être au lait cru ou pasteurisé. Parmi les fromages affinés, on peut citer le Comté, le Parmesan, le Brie, le Gorgonzola, le Camembert, etc. (Montel et al., 2014) (**Figure 7**).

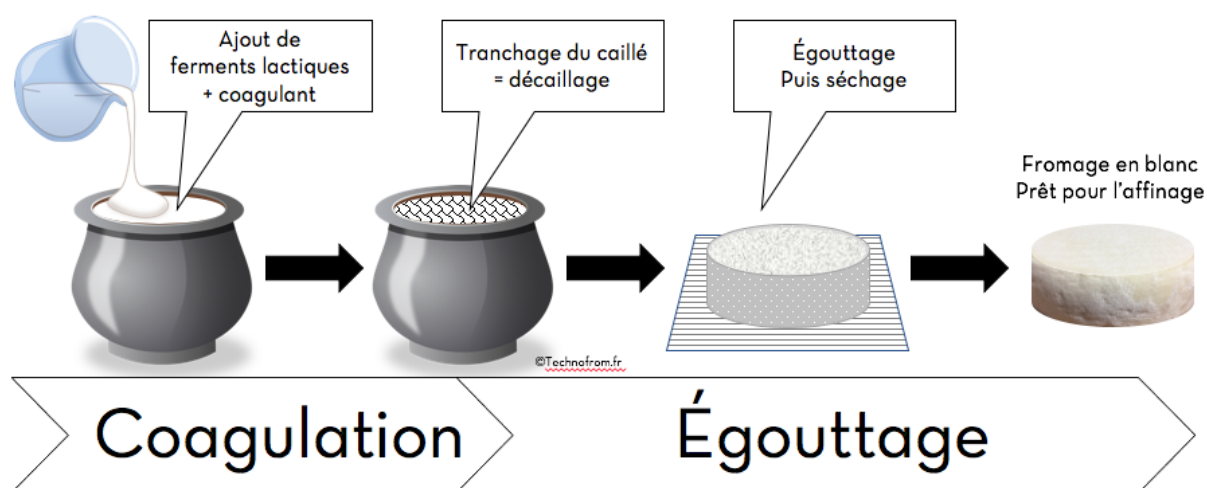


Figure 7: Phases de préparation des fromages affinés (Anonyme : <https://technofrom.fr/>)

3.4. Fromages à pâte pressée

Ce sont des fromages qui ont été pressés pendant la fabrication pour en extraire le lactosérum, ce qui leur donne une texture plus ferme. Les fromages à pâte pressée peuvent être fabriqués à partir de lait de vache, de chèvre ou de brebis, et peuvent être au lait cru ou pasteurisé. Parmi les fromages à pâte pressée, on peut citer le Gouda, le Cheddar, le Comté, le Beaufort, le Cantal, etc (Clément, 2014).

3.5. Fromages frais

Ce sont des fromages qui n'ont pas été affinés et qui sont consommés peu de temps après leur (Murray, 2018). Les fromages frais sont des fromages non affinés, qui sont

généralement consommés peu de temps après leur fabrication. Ils sont fabriqués en ajoutant de la présure ou de l'acide lactique au lait pour le faire cailler, puis en égouttant le caillé. Parmi les exemples de fromages frais, on peut citer la ricotta, le fromage blanc, le cottage cheese et la faisselle (Kuchroo et al., 2017).

3.6. Fromages à pâte molle

Les fromages à pâte molle ont une texture crémeuse et fondante. Ils sont fabriqués en ajoutant de la présure ou de l'acide lactique au lait pour le faire cailler, puis en égouttant et en pressant le caillé. Ensuite, on les laisse mûrir pendant quelques semaines. Parmi les exemples de fromages à pâte molle, on peut citer le camembert, le brie et le neufchâtel (Hollander, 2019).

3.7. Fromages à pâte persillée

Les fromages à pâte persillée sont des fromages qui contiennent des veines de moisissures bleues, comme le roquefort ou le gorgonzola. Ils sont fabriqués en injectant des spores de moisissures dans le caillé ou en ajoutant des morceaux de moisissures pendant l'affinage (Smith, 2021).

3.8. Fromages de chèvre

Ce sont des fromages fabriqués spécialement à partir du lait de chèvre, qui ont généralement un goût plus prononcé que les fromages de vache ou de brebis. Parmi les fromages de chèvre, on peut citer le Sainte-Maure, le Chabichou, le Rocamadour, le Crottin de Chavignol, etc (Pereda, 2005). Ils peuvent être frais, à pâte molle ou à pâte pressée, selon le processus de fabrication. Ces différents types de fromages peuvent être produits de manière industrielle ou en utilisant des techniques traditionnelles pour créer des saveurs uniques (Hervé et al., 2012).

3.9. Fromages de brebis

Ce sont des fromages fabriqués à partir de lait de brebis, qui ont généralement un goût plus fort et plus salé que les fromages de vache ou de chèvre. Parmi les fromages de brebis, on peut citer le Roquefort, le Feta, le Pecorino, le Manchego, etc (Montel et al., 2014).

A. Région d'étude

A.1. Situation et limites géographiques

La wilaya de M'sila a une superficie de 18175 Km. Elle est limitée par les wilayas de : Bouira et Bordj-Bou-Argeridj au nord, Batna et Sétif, Médéa et Djelfa à l'ouest, et Ouled Djellal au sud. Sa population est estimée à 1 029 447 habitants. Ses principales agglomérations sont : M'sila, Bousâada, Sidi Aissa et Ain El Melh (MADR, 2022) (Figure 8).

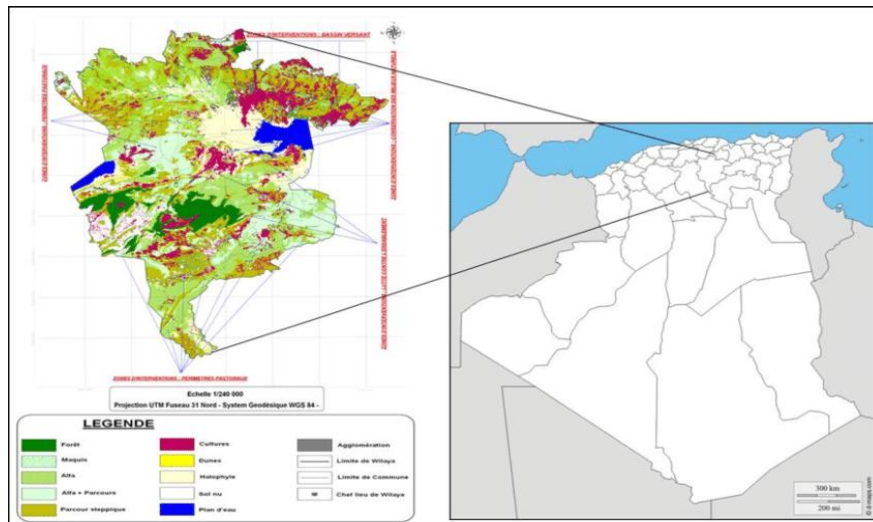


Figure 8: Localisation et carte d'occupation des sols de la wilaya de M'sila.

(Conservation des forêts de M'sila, 2012 ; Atallaoui et al., 2017)

A.2. Caractérisation agropédoclimatique

La wilaya de M'sila est principalement à vocation agropastorale. Le territoire de la wilaya est réparti en trois bandes d'espaces à relief distinct, présentées de la manière suivante : 5% du territoire est représenté par des montagnes ; il s'agit de deux bandes parallèles allant du nord à sud : la chaîne de l'Atlas tellien et la chaîne de l'Atlas saharien. 95% du territoire est représenté par des steppes. Sa morphologie et sa position géographique confèrent à cette région un aspect écologique unifié représenté par la prédominance de la steppe qui couvre 1200000 ha (soit 36%) de la superficie de la wilaya. La superficie affectée à l'agriculture représente 20% de la surface totale, consacrée essentiellement à la céréaliculture, à l'arboriculture et au maraichage. La wilaya de M'sila est caractérisée par un climat de steppe, où tout au long de l'année, il y a peu de précipitations (MADR, 2022).

A.2.1. Température

La température constitue l'un des éléments climatiques les plus importants qui favorisent l'évapotranspiration. Les températures sont élevées en saison estivale et douces pendant l'hiver. Ainsi, la température au niveau de la région de M'sila est très variable. Sur l'ensemble de l'année, la température moyenne à M'sila est de 15,8°C. Au mois d'Aout, la température moyenne est de 42°C. Aout est de ce fait le mois le plus chaud de l'année. Le mois le plus froid de l'année est celui de Janvier avec une température moyenne de 8,4°C. Entre la température la plus basse et la plus élevée de l'année, la différence est de 15,6°C (Station météorologique de M'sila, 2022) (Figure 9).

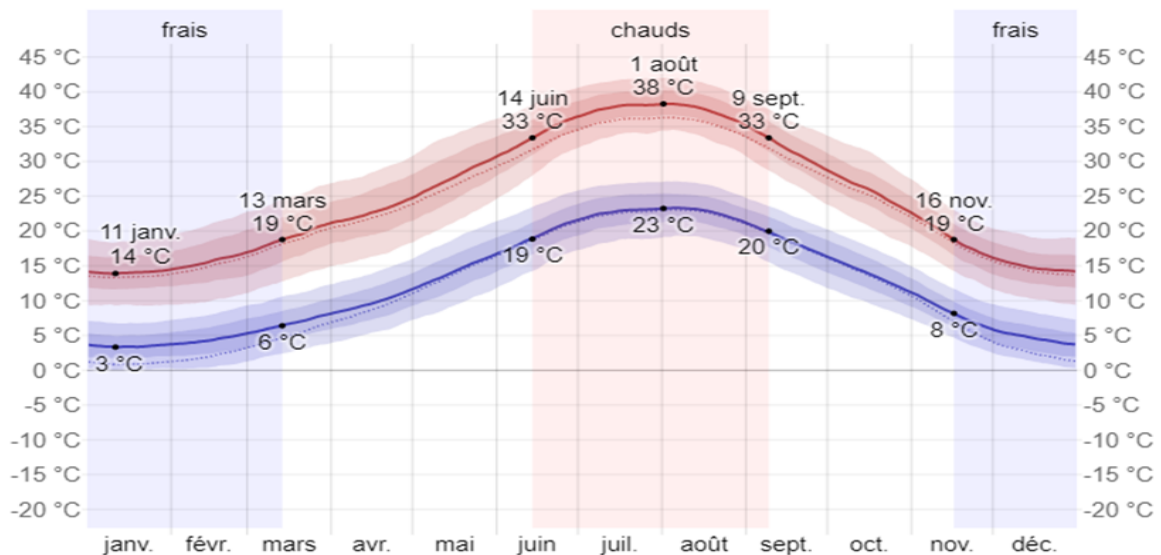


Figure 9: Températures mensuelles moyennes enregistrées au niveau de la wilaya de M'sila (Station météorologique de M'sila, 2022). La température moyenne quotidienne maximale (ligne rouge) et minimale (ligne bleue). Les fines lignes pointillées sont les températures moyennes perçues correspondantes en 2022.

A.2.2. Pluviométrie

Au niveau de la région de M'sila, les pluies sont caractérisées par une répartition irrégulière d'une année à l'autre. Chaque année, les précipitations sont en moyenne de 229 mm, avec 5 mm durant le mois de juillet qui est le plus sec. Les précipitations record sont enregistrées en Novembre. Elles sont de 34 mm en moyenne. Les précipitations varient de 29 mm entre le mois plus sec et le plus humide (Station météorologique de M'sila, 2022) (Figure 10).

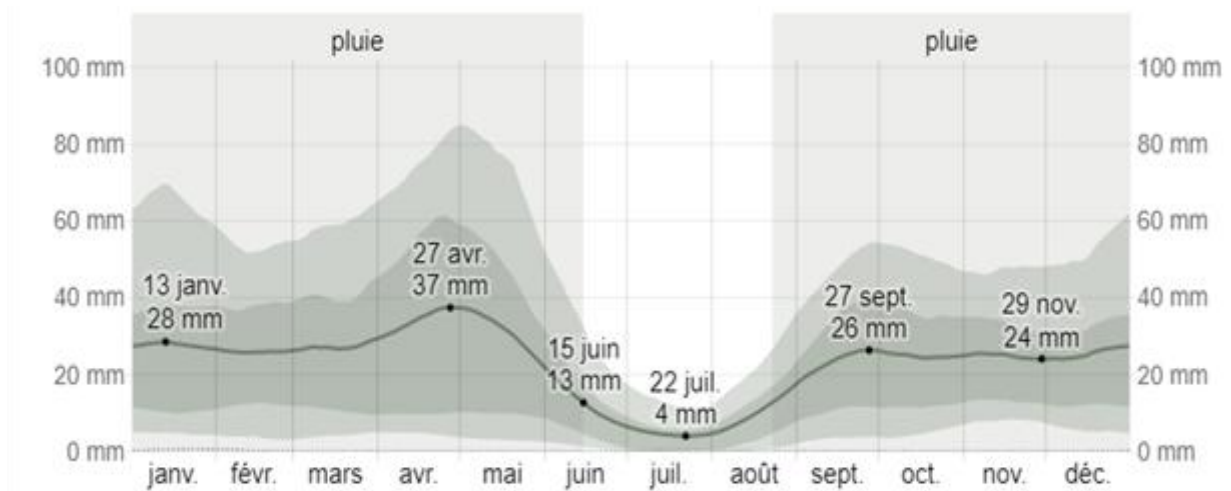


Figure 10 : Précipitations mensuelles moyennes enregistrées au niveau de la wilaya de M'sila (Station météorologique de M'sila, 2022). La quantité de pluie moyenne (ligne continue) accumulée au cours d'une période glissante de 31 jours centrée sur le jour en question. La fine ligne pointillée représente la chute de neige moyenne correspondante en 2022.

A.2.3. Les vents

Les vents dans la wilaya de M'sila, sont fréquents durant l'année mais irréguliers, violents et chargés de fines particules (Station météorologique de M'sila, 2022).

B. Matériels et méthodes

B.1. Matériels (Figure 11)

Lactoscan

Flacons étiquetés

Eau distillée

Ph mètre

Imprimante

Réactifs

Glacière isotherme

Gants à usage unique

Questionnaire



Figure 11 : Matériels utilisés au niveau du laboratoire

B.2. Méthode de travail

B.2.1. Objectif de l'étude

L'objectif principal de cette étude est la comparaison des différents paramètres physico-chimiques du lait de chèvre en fonction de la race, dans différentes élevages de la wilaya de M'sila.

B.2.2. Echantillonnage

Pour bien mener notre travail de terrain, nous avons effectué une pré-enquête, ceci, en se basant sur les données de la D.S.A (2020/2023) et des orientations du staff administratif de la D.S.A de M'sila, pour le choix des zones à enquêter, selon la concentration en élevages caprins. Les sept exploitations visitées sont localisées dans les communes de M'sila, Ouled Derradj, Ouled Madhi, Ain Al Khadra et Ouled Addi.

Cette étude a été menée dans sept élevages caprins, comprenant des chèvres de races locales, améliorées (croisées) et importées (**Annexe 2**). Les élevages ont été choisis de manière raisonnée, via un consentement préalable des éleveurs à participer dans les enquêtes. L'identification des races était réalisée selon les recommandations et les caractères phénotypiques rapportés par CN AnGR (2003) et ITELV (2003).

B.2.3. Prélèvements du lait

On a prélevé les échantillons de lait par la traite manuelle. Les prélèvements ont été effectués entre avril et juin, 2023. Un seul échantillon de lait était prélevé par individu. Les quantités de lait, prélevées correspondent aux laits d'une seule traite. Puis, les flacons en plastique, étaient identifiés par des étiquettes portant les codes des chèvres, puis ils ont été placés dans une glacière isotherme et étaient transportés immédiatement au laboratoire de HODNA-LAIT situé dans la zone industrielle de M'sila. Le lait collecté auprès des différentes fermes de la région est analysé, et sa qualité physicochimique est évaluée à l'aide d'une méthode standardisée (Lactoscan) (**Figure 11 et Annexe 3**).

B.2.4. Questionnaire

La méthode utilisée est celle de l'enquête par interview et questionnaire. On a utilisé une fiche de prélèvement (**Annexe 1**) pour identifier chaque chèvre dont on a prélevé le lait, les informations recueillies concernaient :

- La partie sociale : identification des éleveurs, caractéristiques de la main d'œuvre, âge des éleveurs et leurs niveaux d'instruction.
- La partie technique : identification de l'élevage, la ration distribuée le jour et la veille du prélèvement, la race de la chèvre, son âge et son numéro de lactation.

B.2.5. Traitement statistique des résultats

Les résultats obtenus à partir du lactoscan, ont été traités via Excel 2010. On a calculé les moyennes et les écart-types pour tous les variables. On cherche à comparer les résultats de 78 échantillons de lait en tant que variables quantitatives, en prenant en considération le facteur « race » en tant que variable qualitative.

A. Résultats

A.1. Effectifs et races caprines enquêtées

D'après le Tableau 4, un effectif total de 78 chèvres ont fait l'objet de l'échantillon de cette étude. On observe que les chèvres de race Arbia (n= 55) sont dominantes, suivies par celles de la race Hidjazi (n=10) (Figure 12), puis les populations croisées (n=6), ensuite la race Shami (n=5). Finalement, on a recensé une seule chèvre de race Alpine et idem pour la race Saanen.



Figure 12: Ferme Djamel Taibi à Ouled Addi Kebala (Races *Hidjazi* et *Arbia*)

A.2. Moyennes et écart-types des paramètres physico-chimiques du lait caprin en fonction de la race

Les moyennes et écart-types des paramètres physico-chimiques mesurés du lait, en fonction de la race, pour les 78 chèvres, sont représentées sur le **Tableau 4**.

On observe que les chèvres de race Arbia (n= 55) expriment les meilleures moyennes pour les protéines (2,95 g/l) et en lactose (4,11 g/l).

Les chèvres Hidjazi (n=10) (Figure 12) ont exprimé la meilleure moyenne pour la densité (1027,78). Les chèvres Shami ont présenté les meilleures moyennes pour les sels (6,66 g/l). Une chèvre Alpine a exprimé la plus grande valeur pour les matières grasses (9,31 g/l), mais ce

nombre n'est pas représentatif. Alors que les chèvres croisées ont présenté la plus basse moyenne pour les matières grasses (4,4 g/l).

La population croisée a la plus grande moyenne pour la conductivité électrique (6,41 ms/cm), alors que la race Alpine a la plus basse moyenne de conductivité électrique (5,3 ms/cm), parmi les races mentionnées.

La race Alpine a la matière sèche moyenne la plus élevée (17,04 g/l), indiquant une plus grande concentration de solides dans le lait. Tandis que la population croisée a présenté la matière sèche moyenne la plus basse (12,13 g/l).

Tableau 4: Moyennes et écart-types des résultats des analyses physico-chimiques du lait de chèvre de la région d'étude

Race		T (°C)	pH	MG (g/l)	Pro. (g/l)	Lac. (g/l)	D	Eau (g/l)	C.D (ms/cm)	MS (g/l)	Sels (g/l)
Hidjazi (n= 10)	Moy.	25,61	6,65	4,74	2,95	4,06	1027,78	8,29	5,33	12,92	1,37
	E.T	2,03	0,23	2	0,18	0,32	2,28	1,35	0,77	1,95	2,18
Arbia (n= 55)	Moy.	22,44	6,63	4,74	2,95	4,11	1009,79	6,91	5,66	12,65	1,47
	E.T	4,16	0,35	1,35	0,31	0,37	134,89	4	1,13	2,25	2,28
Shami (n= 5)	Moy.	23,26	6,59	4,91	2,93	3,95	1027,67	7,4	5,86	13,01	6,66
	E.T	2,44	0,11	0,81	0,09	0,32	0,96	3,06	0,71	0,82	3,35
Croisée (n= 6)	Moy.	19,7	6,56	4,4	2,79	3,86	1026,48	12,64	6,41	12,13	0,65
	E.T	2,46	0,11	1,13	0,06	0,1	0,71	2,18	1,54	1,25	0,02
Saanen (n= 1)		20	6,4	4,72	2,72	3,74	1025,68	15	5,69	12,3	0,63
Alpine (n= 1)		18,4	6,4	9,31	2,58	3,36	1022,78	17,6	5,3	17,04	0,64

Moy.: moyenne, E.T: Ecart-type, T: Température, M.G: Matières grasses, Pro.: Proteines, ac.:Lactose, C.D.: Conductivité électrique, MS: Matière sèche. Les valeurs maximales sont en cases colorées en jaune. Les valeurs minimales sont en cases colorées en vert. Les valeurs insuffisantes pour calculer les moyennes et les écart-types sont en cases colorées en rouge.

N.B: Les normes des valeurs relatives au lait caprin, sont détaillées dans le chapitre II de la partie bibliographique.

B. Discussion

Les variations observées dans la composition du lait en fonction de la race peuvent être attribuées à des facteurs génétiques, environnementaux et de gestion. Chaque race de chèvres a évolué dans des conditions spécifiques, ce qui peut influencer la composition de leur lait. Les teneurs en matières grasses et en protéines peuvent être influencées par la sélection génétique pour des caractéristiques spécifiques. Les différences dans les niveaux d'eau et de matières sèches peuvent refléter les besoins nutritionnels et l'apport alimentaire des chèvres dans différentes régions.

Il est important de noter que les variations dans la composition du lait peuvent avoir des implications sur la qualité du lait pour différents usages, tels que la production de fromage ou d'autres produits laitiers.

Concernant les types d'aliments distribués aux chèvres dans les fermes visitées, on constate la dominance de l'orge étant l'aliment le plus distribué, suivi par l'herbe, puis le son de blé, et en fin la luzerne. L'orge est un aliment concentré disponible sur le marché algérien, et parfois, il est produit au niveau de la ferme, ce qui explique qu'il soit communément utilisé dans le rationnement des ruminants. D'une autre part, les aliments verts comme l'herbe et la luzerne, sont moins utilisés par les éleveurs, durant notre enquête, car leur production nécessiterait beaucoup d'eau, et une grande consommation d'énergie électrique, ce qui restreint leur production, surtout avec les aléas climatiques actuels, caractérisés par un réchauffement climatique et de la sécheresse, dont les conséquences sont visibles, principalement au niveau de la péninsule arabe et des pays africains du grand Sahara.

Selon Rouel et al., (2009), la luzerne a plusieurs avantages pour la production laitière et fromagère, chez les chèvres. La présence de foin de luzerne dans l'alimentation des chèvres, induit une flaveur plus « piquante », une diminution des flaveurs « oxydée » et « amère » des fromages produits. Cependant, parfois, il y a détection de flaveur de poisson « mal-appréciée » dans les fromages.

Le pH du lait de chèvre était de 6,63 en moyenne pour la race Arbia, 6,59 pour la race Shami, et ayant une valeur de 6,4 pour les chèvres Alpine et Saanen. Le pH d'un lait de chèvre varie entre 6,45 et 6,90 (Rameuf et al., 1989) avec une moyenne de 6,7 différant peu du pH moyen du lait de vache (Rameuf et al., 1989; Le Jaouen et al., 1990), qui varie entre 6,6 et 6,8. Johnson et Steele, (2013) précisent que le pH du lait est parmi les plus importantes

propriétés physico-chimiques qui influencent la fermentation lactique. Un pH compris entre 6,6 et 6,8 est favorable à l'activité des ferments lactiques.

Les résultats ont montré que les moyennes du lactose pour les races caprines, sont globalement proches et varient de ; 4,11 à 4,06 g/l pour les races Arbia et Hidjazi, respectivement. Ces résultats sont proches de ceux trouvés par Todaro et al. (2005) qui rapportent que le lactose du lait de chèvre de race Gigentana est (4,55 g/l). Les laits des races Sangamneri et Saanen avaient des taux de lactose équivalents de 4,07 g/l (Mukhekar et al., 2017) et 4,18 g/l (Kljajevic et al., 2017), respectivement.

Lors de notre étude, concernant l'effet race, on a trouvé que les chèvres de race Arbia (n= 55) expriment les meilleures moyennes pour les protéines et le lactose. Les chèvres de race Shami (n=5) et une chèvre Alpine, ont exprimé les meilleures moyennes pour les matières grasses et les matières sèches. Aussi, les chèvres de race Shami (n=5) ont exprimé la meilleure moyenne pour les sels. D'une autre part, les chèvres de race Hidjazi (n=10) ont exprimé la meilleure moyenne pour la densité. Ainsi, on a constaté une variabilité de la composition du lait, en fonction de la race durant cette étude, ceci malgré que les rations alimentaires soient très semblables. Le pourcentage de matières grasses dans le lait de chèvre est directement lié aux conditions d'élevage, alimentation, lactation, races, etc. de mêmes pour les taux de matières sèches (Morand-Fehr et al., 1987 ; St-Gelais et al., 1999).

Nos résultats corroborent aux résultats rapportés par Mattalah et al., (2020), pour les chèvres du Sud-est algérien (Wilaya d'El'Oued), révélant que les chèvres de race Arbia produisent un lait plus riche en matières utiles (principalement ; protéines et matières grasses) par litre que celui des races Saanen et Alpine, qui produisent une plus grande quantité de lait, mais moins riches en composants essentiels. Aussi, les mêmes auteurs ont enregistré des taux appréciables en lactose et en sels, en faveur de la race Arbia.

Dans une autre étude menée par Hamidi et al., (2020), dans la steppe algérienne (Wilaya de Djelfa), les chèvres Arbia ont présenté des valeurs de $55,6 \pm 0,2$ (%) pour le lactose, $39,1 \pm 0,2$ (%) pour la matière grasse, et $44,0 \pm 0,6$ (%) pour les protéines, 107 ± 1 (%) pour la matière sèche (%), $7,8 \pm 0,3$ (%) pour les minéraux et $1035 \pm 0,3$ pour la densité. Même cette étude prouve que la race Arbia possède un important potentiel de production laitière, malgré la diversité de l'environnement de production, du système d'élevage et du climat.

En ce qui concerne l'effet de l'âge sur la production, lors d'une étude réalisée en Malaisie par Noor syaheera et Abdul Rahman (2022), sur 90 échantillons de lait de chèvres ;

l'analyse par (ANOVA) à un facteur entre les groupes d'âge ($p < 0,05$), a montré une différence significative dans le rendement et la composition du lait, dans les trois groupes d'âge. Les teneurs en solides non gras, en protéines et en lactose sont les plus élevées en pourcentage dans le groupe des chèvres de 3 ans, avec respectivement 7,80 %, 2,80 % et 4,27 %.

Parmi les contraintes rencontrées lors des enquêtes ; c'est l'absence de fiches de suivi de la production laitière et des rendements réalisés, durant les mois et les années passées. Le manque de notation et d'enregistrement des données de production, est un signe du manque de conscience des éleveurs, et ne permettrait pas de suivre une stratégie de sélection génétique en vue de l'amélioration de la production laitière, en quantité et en qualité.

El plus, il est clair que la quantité de lait produite par les races locales, est très réduite, par rapport aux races importées. Ce qui entrave une valorisation industrielle des produits laitiers caprins, dont les quantités ne sont suffisantes que pour l'alimentation des chevreaux, ou l'autoconsommation du ménage des éleveurs.

Conclusion

Cette présente étude pourrait être considérée en tant qu'une étude préliminaire, vue la petitesse de l'échantillon, par rapport au cheptel caprin enregistré. Malgré cela, elle a montré que l'alimentation des caprins, se base essentiellement, sur des aliments secs, comme l'orge et le son de blé, ce qui pourrait être attribué à leur disponibilité sur les marchés locaux. Pourtant, l'herbe et la luzerne, semblent être moins disponible, vue la sécheresse et les coûts élevés de leur production. Ce qui n'exclue pas leur rôle dans la maturité sensorielle et gustative du lait de chèvre et des produits fromagers.

Concernant l'effet race, on a constaté une variabilité de la composition du lait, en fonction de la race durant cette étude. Ainsi, les chèvres de race Arbia ont exprimé les meilleures moyennes pour les protéines et le lactose. Elles sont suivies par les chèvres Hidjazi, qui ont exprimé la meilleure moyenne pour la densité. Les chèvres Shami ont présenté les meilleurs moyennes pour les sels (6,66 g/l) et une bonne moyenne concernant les matières grasses.

Plusieurs chercheurs algériens ont prouvé que les races européennes introduites, comme l'Alpine et la Saanen, semblent ne pas être capables d'exprimer leur particularités de production comme dans leur pays d'origine, concernant la qualité du lait, cependant, elles restent meilleures en termes de quantités de lait produites. Par contre, les chèvres de race Arbia auraient un rendement meilleur, si elles sont bien prises en charge.

Vue que la quantité de lait produite par les races caprines locales, est très réduite, sa valorisation industrielle s'avère très difficile, surtout que les quantités de lait, produites ne sont suffisantes que pour l'alimentation des chevreaux, ou l'autoconsommation du ménage des éleveurs, sans oublier les difficultés de la collecte. Ceci, n'empêche pas quand même de valoriser une quantité de lait, dans la fabrication du fromage artisanal (exp: Bouhezza, Klila, Djben...). Ainsi, parmi les recommandations qui découlent de cette étude :

- ✓ Vulgariser les éleveurs afin qu'ils installent un plan de gestion technico-économique (dépense/rendement) permanent au niveau de leur exploitation ;
- ✓ La notation et l'enregistrement quotidiens, des données de production laitière ;
- ✓ Pratiquer une sélection génétique judicieuse, qui permettrait d'améliorer le génotype du cheptel à long terme;

- ✓ Inciter les jeunes investisseurs et les nouveaux diplômés en sciences biologiques et agronomiques, à se lancer dans des projets de transformation laitière en vue de fabrication des fromages artisanaux, avec leurs divers types.
- ✓ Accompagner les éleveurs et les nouveaux investisseurs en élevage caprin et en production de fromages, afin de minimiser les risques d'échec précoce de leurs projets. L'accompagnement par les services compétents, pourrait être logistique, administratif ou technique

1. Adrian J.(1987).Les vitamines. In : CEPIL. Le lait matière première de l'industrie laitière. CEPIL-INRA, Paris pp. 113-119.
2. Alais C, Linden G.(2004).Biochimie alimentaire. 5ème édition : Lavoisier, Paris 520 : 162-168.
3. Amiot J, Fournier S, Lebeuf Y, Paquin Simpson R, (2002). In Vignola C .L, coord,AmiotJ,AngersP, [et al],collab, sciences et technologie du lait S S SS technologique et techniques d'analyse du lait, Canada, Presses Internationales Polytechniques, 1-73p.
4. ANIREF.2020.Agence nationale d'intermédiation et de régulation foncière. Monographie de la wilaya de M'sila.
<https://www.aniref.dz/DocumentsPDF/monographies/MONOGRAPHE%20WILAYA%20MSILA.pdf>
5. Anonyme.Technologie fromagère.Phases de préparation des fromages affinés
(<https://technofrom.fr/>)
6. Babo D. (2000) : Races ovines et caprines française. Édition France agricole, Paris, France.
7. Benammar, S., Lamamra, N., Hammoudi, S., & Chikh, A. (2021). Étude des Performances de Croissance et de la Survie chez les Caprins Djelfa élevés dans les Conditions Sahariennes. Journal of New Sciences, Agriculture and Biotechnology, 87-97.
8. Boukhobza Hamadia.2021. Enquête sur les fromages du terroir algérien : aspects technologiques de production. Master En Sciences Alimentaires.Spécialité : Production et transformation laitières. 79 p.
9. Bouderoua, H., &Guertarni, D. (2013). Les systèmes d'élevage caprin dans les montagnes du centre de l'Algérie : Cas de la wilaya de M'sila. LivestockResearch for Rural Development, 25(6).
10. Boujenane, I., &Yahiaoui, M. (2017). L'élevage caprin en Algérie : état des lieux et perspectives de développement dans la wilaya de M'sila. Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux, 70(1-2), 51-57.
11. Bousseboua, H., &Boubekour, A. (2018). Élevage caprin dans la wilaya de M'sila: État des lieux et perspectives. Journal of Applied Biosciences, 127, 12714-12723.
12. Chentouf M., Ben Bati M., Zantar S., Boulnouar B. et Bister J.L., 2005. Evolution des performances des élevages caprins dans le nord du Maroc. Dans : Options méditerranéennes, Série A, 70, pp. 87-93.
13. Claeys W. L., Verraes C., Cardoen S., De Block J., Huyghebaert A., Raes K., Sewettinck K. And Herman T. (2014). Consumption of raw or heated milk from different species: an evaluation of the nutritional potential health benefits. Food Control, 42, 188-201.
14. Clément, J. (2014). Les fromages à pâte pressée non cuite. In La fabrication des fromages (pp. 95-123). Editions QUAE.

15. CN AnGR, 2003. Rapport national sur les ressources génétiques animales. Ministère de l'Agriculture et du Développement rural, Algérie / FAO, Italie, 46 p.
16. El-Adawy, T. A. and Rahma, E. H. (2006). Nutritional and physicochemical evaluation of goat's milkyoghurt fortified with different minerals. Food Chemistry, 92(3), 339-345.
17. 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
18. FAO.(2022).Données statistique sur l'élevage en Algérie.
19. Fares, A., Bouzerzour, H., Moulai, R., & Haddi, M. L. (2020). Caractérisation de la race caprine Arabia en Algérie. Revue de Médecine Vétérinaire, 171(7-8), 197-204.
20. FCEL, 2013. Institut de l'Élevage. Résultats de contrôle laitier France 2012. Espèces bovine, caprine et ovine. Ed. Institut de l'Élevage, Coll. Résultats 0013 72 011, 23p.
21. Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & Mc Sweeney, P. L. (2000). Fundamentals of cheese science, Gaithersburg.MD.Aspen Publishers Inc.
22. Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & Mc Sweeney, P. L. (2017). Cheese: chemistry, physics, and microbiology: major cheese groups. Academic Press.
23. French, MH.1971.Observation sur la chèvre.Rapport de FAO.
24. Gull, A., Wani, I. A., and Mir, M. A. (2015). Comparative Study on Physico-Chemical Parameters of Milk Samples of Three Different Species Collected from Srinagar City of Jammu & Kashmir (India). Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research, 2(3), 00032.
25. Guo, H., Pang, K., Zhang, X., Zhao, L., & Chen, S. (2017). Physicochemical properties, oxidative stability, and fatty acid composition of goat milk as compared with those of cow milk. Journal of Dairy Science, 100(3), 2029-2038.
26. Hamidi M, Hachi M, Bencherif K, Lahrech A, Choukri A et Yabrir B.(2020). Physico-chimie et composition biochimique de laits crus de vaches, brebis, chèvres et dromadaires locaux des steppes en Algérie. [Livestock Research for Rural Development, 32 \(8\)](#).
27. Hervé, M., & Monsallier, F. (2012). Le fromage de chèvre. Éditions France Agricole.
28. Hollander, M. (2019). Les fromages à pâte molle. Retrieved from <https://www.fromages.com/fr/fromages-a-pate-molle>
29. Hurtaude, C., S. Buchin, B. Martin, I. Verdier-Metz, J. L. Peyraud, Y. Noell. (2001). La qualité des laits et ses conséquences sur la qualité des produits de transformation : quelques techniques de mesure dans les essais zootechniques.
30. Idamokoro, E.M., Muchenje, V., Masika, P.J (2017) Yield and Milk Composition at Different Stages of Lactation from a Small Herd of Nguni, Boer, and Non Descript Goats Raised in an Extensive Production System. Sustainability 9 (6) : 1000.
31. ITEL V. 2014. Département de conservation des espèces caprines en Algérie.
32. ITEL V. (2003). Guide d'élevage caprin. Département des ruminants, Institut Technique des Elevages, 28p.

33. Johnson, M. E., & Steele, J. L. (2013). pH-dependent characteristics of lactic acid bacteria. Dans: *Lactic Acid Bacteria: Microbiological and Functional Aspects* (pp. 11-34). CRC Press.
34. Kindstedt, P.S., J.K. Rippe, et C.M. Duthie.(1989). Application of helical viscometry to study commercial Mozzarella cheese melting properties. *Journal of Dairy Science* 72(12):312–3128.
35. Kljajevic, N.V., Tomasevic , I.B., Miloradovic, Z.N., Nedeljkovic, A., Miocinovic, J.B., Jovanovic, S.T., (2017) Seasonal variations of Saanen goat milk composition and the impact of climatic conditions. *Journal of Food Science and Technology* 55: 299.
36. Koudri, M., &Niar, A. (2018). Les filières animales en Algérie: état des lieux et perspectives de développement. *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 71(1-2), 55-62.
37. Kouniba A., (2007).Caractérisation physico-chimique du lait de chèvre comparée à celles du lait de vache et de dromadaire et étude de son aptitude fromagère. IAA, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*.
38. Lahrech A, M Hamidi, A Choukri et B Ancer.(2018). Qualité microbiologique du lait et du fromage de chèvres Arbia : coagulation par *Cynara cardunculus*. *Laboratoire de chimie organique et de substances naturelles. Université de Djelfa. Algérie.*¹ Ecole nationale supérieure d’agriculture ENSA (Ex INA). El Harrach. Algérie.
39. Lapointe-Vignola, C.L.(2002).Science et technologie du lait, transformation du lait. Presses inter Polytechnique. Québec. 608p locales ovines et caprines à faibles effectifs, (02-03 March), 3.
40. Leontowicz M., B. Leontowicz, M. Haruenkit, et al.(2016).Physico-chemical and functionalproperties of goatmilk: a review.*Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2016.
41. Lignitto, L., Ronchi, B., and Negrini, R. (2018). The importance of monitoring raw milk quality from farm to dairy: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(4), 1331-1339.
42. Matallah S, Matallah F et Gadi T.(2020). Effet de la race sur la composition physico-chimique de laits de chèvres du Sud-Est algérien. [Livestock Research for Rural Development, 32 \(9\)](#).
43. Malik, H., Kerfouf, A., & Bachi, A. (2019). L'élevage caprin en Algérie: état des lieux, potentialités et contraintes. *Journal of Applied Biosciences*, 137, 14003-14012.
44. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (2019). Statistiques de l'élevage caprin en Algérie. Disponible sur : <http://www.minagri.dz/industries-agroalimentaires/elevage/bovins-caprins.ovins/218-statistiques-des-caprins>.

45. Malik, H., Meradi, S., Belkheir, K., & Laouar, M. R. (2017). Goat Farming in Algeria: Current Situation and Perspectives. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 6(2), 120-125.
46. Makkar, H. P. S., & Ankers, P. (2014). Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research*, 121(1), 1-11. Doi: 10.1016/j.smallrumres.2014.05.005
47. Muehlhoff, E., Bennett, A., & McMahon, D. (2013). Milk and dairy products in human nutrition (No. 29). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
48. Mehaia, M. A., El-Agamy, E. I., & AbdEl-Salam, M. H. (2017). Physico-chemical and technological properties of goat milk. *Journal of food science and technology*, 54(10), 2990-3005.
49. Ministère de l'Agriculture et Développement rurale. 2022. Direction de statistique.
50. Morand-Fehr, P., Le Jaoun, J.C., Buogler, J., Delahey, G., Demontigny, G., (1987). *Caprins*, 3 : 12-19
51. Mukhekar A, Desale DJ, Narute AB. (2017a). Effect of lactation order and stage of lactation on physico-chemical properties of Sangamneri goat milk. *International journal of recent scientific research* 8 (4) : 16683-16686.
52. Mukhekar, A., Desale, R.J.O., Potey, M., (2017b) Studies on physicochemical properties of Sangamneri Goat Milk in various seasons of milking. *EPH International Journal of Pharmaceutical, Chemical and Biological Science* 2 (1): 1318.
53. Murray, L. (2018). *Le guide du fromage: Tout savoir sur les fromages français, suisses, belges et québécois*. Larousse.
54. Nuryana, Y., Anggraeni, A., and Kuswanto, H. (2020). Physicochemical and microbiological quality of raw milk from dairy farms in Central Java Province, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 499(1), 012032.
55. Pacinovski N, Dimitrovska G, Kočoski L, Cilev GM, Petrovska B, Pacinovski A. (2015). Nutritive advantages of goat milk and possibilities of its production in republic of Macedonia. *Macedonian Journal of Animal Science* 5 (2) : 81-88.
56. Park, Y. W., & Haenlein, G. F. W. (2007). *Handbook of milk of non-bovine mammals*. John Wiley & Sons.
57. Park YW, Juarez M, Ramos M, Haenlein GFW. (2007). Physicochemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research* 68: 88-113.
58. Paulson, B.M., McMahon, D. J. et Oberg, C. J. (1998). Influence of sodium chloride on appearance, functionality and protein arrangements in nonfat mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*. 81(8) : 2053-2064.
59. Pereda, M., & Sánchez, C. (2005). Goat milk and goat cheese. In *Handbook of Food Products Manufacturing* (pp. 647-678). Wiley.

60. Remeuf, F., Lenoir, J., Duby, C., (1989). Etude des relations entre les caractéristiques physico-chimiques des laits de chèvre et leur aptitude à la coagulation par la présure. *Lait*, 69, 499-518.
61. Ricordeau G. et Lauvergne J.J.(1971).Détermination héréditaire de la couleur blanche de la chèvre Saanen .*Ann.Génét.Sél.Anim*, 425-432.
62. Romain Jeantet, Thomas Croguennec, Pierre Schucke, Gérard Brulé.(2007) : Science des aliments ; volume 2.Technologie des produits alimentaires, chapitre 1 du lait aux produits laitier. Edition Tec et Doc. Pp 43-50.183 p.
63. Sahraoui, H., et Madani, T. (2014).Paramètres morpho-biométriques de la population caprin locale dite (Arbia).12 journées Internationales des Sciences Vétérinaires (filiale des petites ruminants en Algérie : une richesse à promouvoir),06-07Décembre 2014 / ENSV. Alger. Algérie.
64. Silanikove, Leitnet G, Merin U, Prosser C.(2010).Recent advances in exploiting goat's milk: Quality, safety and production aspects. *Small Ruminant Research* 89: 110-124.
65. Smith, E. (2021). Types of Cheese: Varieties, Definitions, and How They're Made. *Epicurious*.
66. ST-Gelais D.D.,Ould-Baba A.M.etTurcot S.M., 1999. Composition du lait de chèvre et aptitude à la transformation. *Agriculture et Agro-alimentaire, Canada*, 1-33.
67. St-Gelais, D. Patrik, T.C., Géatan, B. Roger, C. et Roger, D.(2000). Fromage technologie de lait et ses dérivés.Chapitre 6.p.349-415.
69. Todaro, M., Scatassa, M.L., Giaccone, P., (2005) Multivariate factor analysis of Girgentana goat milk composition. *ITAL.J.ANIM.SCI.* 4: 403410.
70. Tsakalidou E. (2010).Handbook of dairyproducts. Chapter 30. Microbialflora uniaxial compression. *Journal of Food Science* 57(5) :1078–1081.
71. Veinoglou B.,Baltadjieva M., Kalatzopoulos G., Stamenova V. et Papadopoulou E. (1982b). La composition du lait de chèvre de la région de Plovidiv en Bulgarie et d'Ionnina en Grèce. *Lait*, 62, 155-165.
72. Walstra, P., Van Dijk, H.J.M. et Geurts, T.J. (1985).The syneresis of curd. 1. General consideration and literature review. *Netherlands Milk and Dairy Journal* 39 : 209-246.
73. www.capgenes.com

UNIVERSITE DE M'SILA- Département des sciences agronomiques
FICHE DE PRELEVEMENT DU LAIT CRU DE CHEVRE

Date :.....**Code de l'élevage (numéro) :**.....

Propriétaire de l'élevage (facultatif):.....

Numéro de l'échantillon (Code de la chèvre) :.....

1. Daïra :.....**Commune :**.....**Effectif total :**.....**NB. Chèvre adultes :**.....

2. Race/phénotype de la chèvre prélevée :

Arbia, couleur du pelage :.....

Saanen, couleur du pelage :.....

Alpine, couleur du pelage :.....

Croisée Alpine*Arbia, couleur du pelage :.....

Croisée Alpine*Saanen, couleur du pelage :.....

Croisée Saanen*Arbia, couleur du pelage :.....

Croisement indéfini/autre race (à dénommer) :.....

3. Numéro de lactation (correspond au nombre de mise-bas):.....

4. Age approximatif de la chèvre (approximatif) :.....

5. Composition de la ration alimentaire un jour avant et le jour du prélèvement de lait :

.....

Paramètres/unités	Résultats
Température (°C)	
pH	
Matière grasse (g/l)	
Protéine (g/l)	
Lactose (g/l)	
Densité	
Eau (%)	
Conductivité électrique (mS/cm)	
Matière sèche (g/l)	
Sels (g/l)	
Cellules somatiques (cellule/ml)	



Ferme Mehdi à Ouled Derraj (élevage mixte ovins/caprins)



Ferme Darrif Lokman à Ain Khadra (Race *Arbia*)



Ferme Djamel Taibi à Ouled Addi Kebala (Race *Hidjazi*)



Ferme Djamel Taibi à Ouled Addi Kebala (Races *Hidjazi* et *Arbia*)



Ferme Djamel Taibi à Ouled Addi Kebala (Enclos des agneaux de Races *Hidjazi* et *Arbia*)



Mesure du Ph du lait de chèvre au laboratoire de Hodna-Lait



Utilisation du Lactoscan au laboratoire de Hodna-Lait

Résumé : Cette présente étude vise d'étudier les caractères physico-chimiques du lait de chèvre, puis les comparer en la fonction de la race, dans la région de M'sila. Pour cela, on a prélevé 78 échantillons de lait cru, à partir de plusieurs élevages caprins, puis les échantillons ont été analysés par Lactoscan. Le traitement statistique a été réalisé par Excel pour obtenir les moyennes et les écart-types. D'après les résultats obtenus pour le facteur « race » : la race Arbia (n=55) a exprimé les meilleurs valeurs moyennes en ; protéines (2.95 ± 0.31 g/l) et en lactose (4.11 ± 0.37 g/l). Les chèvres Hidjazi (n=10) ont exprimé la meilleure moyenne pour la densité (1027.78 ± 2.28). Les chèvres Shami (n=5) ont présenté les meilleurs moyennes pour les sels (6.66 g/l \pm 3,35). Une chèvre Alpine a exprimé la plus grande valeur pour les matières grasses (9.31 g/l). D'après cette étude, le lait de la race caprine locale Arbia, possède des propriétés physicochimiques importantes, et plusieurs atouts, pour être valorisé au niveau de la fromagerie artisanale ou la transformation industrielle, afin de combler le déficit enregistré au niveau national en produits fromagers.

Mots clés : lait de chèvre, race Arbia, race Hidjazi, race Shami, M'sila, fromagerie, caractères physicochimiques.

Summary: The aim of this study was to investigate the physico-chemical characteristics of goat's milk and to compare them according to the breed in the M'sila region. To this end, 78 samples of raw milk were taken from several goat farms and analysed by Lactoscan. Statistical processing was carried out using Excel to obtain the means and standard deviations. According to the results obtained for the "breed" factor, the Arbia breed (n=55) expressed the best mean values for protein (2.95 ± 0.31 g/l) and lactose (4.11 ± 0.37 g/l). The Hidjazi goats (n=10) had the best average density (1027.78 ± 2.28). Shami goats (n=5) showed the best average for salts (6.66 g/l \pm 3.35). An Alpine goat had the highest fat value (9.31 g/l). According to this study, milk from the local Arbia goat breed has important physico-chemical properties and several advantages that make it suitable for small-scale cheese-making or industrial processing, in order to make up for the national shortage of cheese products.

Keywords: goat's milk, Arbia breed, Hidjazi breed, Shami breed, M'sila, cheese-making, physicochemical characters.

ملخص: الهدف من هذه الدراسة هو دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية لحليب الماعز ومقارنتها حسب السلالة في منطقة المسيلة. ولتحقيق هذه الغاية، تم أخذ 78 عينة من الحليب الخام من عدة مزارع ماعز وتم تحليلها بواسطة لاكتوسكان. وتمت المعالجة الإحصائية باستخدام برنامج Excel للحصول على المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية. وبحسب النتائج التي تم الحصول عليها لعامل "السلالة"، فإن السلالة العربية (ن = 55) أظهرت أفضل القيم المتوسطة للبروتين (2.95 ± 0.31 غ / لتر) واللاكتوز (4.11 ± 0.37 غ / لتر). كان للماعز الحجازي (ن=10) أفضل متوسط كثافة (1027.78 ± 2.28). أظهرت الماعز الشامي (ن=5) أفضل معدل للأحماض (6.66 غ/لتر \pm 3.35). كان لدى ماعز جبال الألب أعلى قيمة للدهون (9.31 غ/ لتر). ووفقا لهذه الدراسة، فإن الحليب من سلالة الماعز العربية المحلية يتمتع بخصائص فيزيائية وكيميائية مهمة والعديد من المزايا التي تجعله مناسباً لصناعة الجبن بالطرق التقليدية أو على النطاق الصناعي، من أجل تعويض النقص الفادح على المستوى الوطني في منتجات الجبن.

الكلمات المفتاحية: حليب الماعز، السلالة العربية، السلالة الحجازية، السلالة الشامية، المسيلة، صناعة الجبن، الخصائص الفيزيائية والكيميائية.