



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ 8 MAI 1945 GUELMA
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
ET SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS
DÉPARTEMENT D'ÉCOLOGIE ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

Projet de Fin d'Etudes

Présentée par :

M^{lle} CHEMMAM Dounya Achwak

Pour l'obtention du diplôme de :

Master es Sciences

Spécialité : **Biologie** ; Option : **Microbiologie Appliquée**

Intitulé

Caractérisation physicochimique et Microbiologique du lait cru de mélange en zones de montagne

Soutenu publiquement le 20 Juillet 2019 devant le jury composé de :

Président

Dr HOUHAMDI M.

Pr. Université 8 Mai 1945 Guelma

Encadreur

Dr CHEMMAM M.

Pr. Université 8 Mai 1945 Guelma

Examinatrice

Dr AMRI S.

MCB. Université 8 Mai 1945 Guelma

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Résumé Français

Résumé Anglais

Résumé Arabe

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Introduction	1
I. Caractéristiques physicochimiques du lait cru	3
1.1. Constantes physicochimiques du lait	3
1.1.1. La densité (poids spécifique ou masse volumique)	4
1.1.2. Point De Congélation (point cryoscopique)	
1.1.3. Ph	
1.1.4. Conductivité	5
1.1.5. L'eau ajoutée	
1.2. Les composants nutritionnels du lait	
1.2.1. La courbe de lactation	6
1.2.1. Matières Grasses	7
1.2.2. Protéines	7
1.2.3. Lactose	8
1.2.4. Sels Minéraux	9
1.2.5. Extrait Sec Dégraissé (ESD)	10
1.3. Facteurs de variation	10
1.3.1. Matières grasses	10
1.3.2. Matières protéiques	12
II. Microbiologie du lait cru	
13 2.1. La Flore Mésophile Aérobie Totale (FMAT)	13
2.2. Les Coliformes	16
2.3. Les bactéries pathogènes	17
2.3.1. Les bactéries infectieuses	18
2.3.2. Les Bactéries toxigènes	19
2.4. Les Levures et Moisissures	22

ETUDE EXPERIMENTALE

Introduction	24
I. Matériels et méthodes	24
1.1. Délimitation des zones d'étude	24
1.2. Caractéristiques climatiques des zones d'études	
251.3. Choix des élevages	26

1.4. Prélèvements	
1.5. Analyses physicochimiques	27
1.6. Analyses microbiologiques	
1.6.1. Préparation des dilutions	27
1.6.2. Réalisation de l'ensemencement	28
1.6.3. Le dénombrement des colonies	30
1.7. Aptitude fromagère du lait cru	37
1.7.1. Méthode	
1.7.2. Aptitude fermentaire naturelle du lait cru	
1.7.3. Pouvoir acidifiant du lactosérum	38
1.8. Traitement statistiques	
II. Résultats et discussion	39
2.1. Résultats des paramètres physicochimiques	
2.1.1. Résultats moyens des paramètres nutritionnels	
2.1.2. Résultats moyens des constantes physicochimiques	40
2.1.3. Discussion	42
2.1.3.1. Paramètres nutritionnels	
2.1.3.2. Constantes physicochimiques	46
2.2. Résultats des paramètres microbiologiques	50
2.2.1. Résultats du démembrement de la flore	
2.2.2. Discussion	51
2.3. Résultats et discussion aptitude fermentaire du lait cru	59
2.3.1. Variations du pH	
2.3.2. Variations de l'acidité Dornic	60
2.3.3. Discussion	61
Conclusions	62
Recommandations	63
Références bibliographiques	

Liste des abréviations

AFNOR : Agence Française de Normalisation

ANOVA : Analysis of variance

ASR : Anaérobies sulfito-réducteurs

CE : Conductivité électrique

CF : Coliformes Fécaux

CT : Coliformes totaux

°C : Degré Celsius

D° : Degré Dornic

ESD : Extrait Sec Dégraissé

FAMT : Flore Aérobie Mésophile Totale

FAO : Food and Agriculture Organization

ISO : International Standard Organisation.

JORA : Journal Officiel République Algérienne

MG : Matière Grasse

MM : Matière minérale

MP : Matière protéique

MS : Matière sèche

mS : Micro siemens

NF: Norme Française

PC : Point de Congélation

PCA : Plant Count Agar

pH : Potentiel Hydrogène

TB : Taux butyreux

TP : Taux protéique

UFC : Unité Formant Colonie

VF: Viande Foie

VRBL : Milieu lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre

W_a : water activity

Liste des tableaux

Titre	Page
Tableau 1 Caractéristiques physico-chimiques du lait de vache (Source Alais, 1984)	3
Tableau 2. Composition moyenne des principaux constituants du lait de vache (g/litre) (Alais, 1984)	6
Tableau 3. Composition minérale du lait de vache (Jeantet et al, 2008)	9
Tableau 4. Multiplication de la FMAT en fonction de la T° et de la durée de conservation (Alais, 1984)	14
Tableau 5. Durée maximale de conservation en fonction du nombre de bactéries à l'origine	15
Tableau 6. Stabilité du lait à différentes T° en fonction de l'acidité titrable et du pH	16
Tableau 7. Coordonnées GPS des zones d'élevages	25
Tableau 8. Précision des paramètres mesurés avec l'automate Lactoscan SP)	27
Tableau 9. Grille d'analyse	38
Tableau 10. Résultats statistiques moyens des composants nutritionnels en % de la matière sèche (MS) dans les laits crus de mélange de la race locale (n=élevages)	39
Tableau 11. Comparaison des résultats moyens des compositions nutritionnels en % de la matière sèche (MS) dans les laits crus de mélange par zones d'élevage (n=élevages)	39
Tableau 12. Résultats moyens des composants nutritionnels en % de la matière sèche (MS) dans les laits crus de mélange de la race locale par région (n=élevages)	40
Tableau 13. Résultats statistiques moyens des constantes physicochimiques dans les laits crus de mélange de la race locale (n=élevages)	40
Tableau 14. Comparaison des résultats moyens des constantes physicochimiques dans les laits crus de mélange de la race locale par zones d'élevage (n=élevages)	41
Tableau 15. Résultats moyens des constantes physicochimiques dans les laits crus de mélange par région	41
Tableau 16. Synthèse d'auteurs pour la MS et l'ESD	42
Tableau 17. Synthèse d'auteurs pour les matières utiles (MG, MP et Lactose)	44
Tableau 18. Synthèse d'auteurs pour la densité	47
Tableau 19. Synthèse d'auteurs pour le pH	47
Tableau 20. Résultats statistiques moyens du démembrement de la flore en UFC/ml des laits crus de mélange de la race locale (n=élevages)	50
Tableau 21. Comparaison des résultats du démembrement de la flore en UFC/ml	50
Tableau 22. Résultats du démembrement de la flore en UFC/ml des laits crus de mélange par région de prélèvement (n=élevages)	51
Tableau 23. Synthèse d'auteurs pour la FMAT	52
Tableau 24. Synthèse d'auteurs pour les Coliformes	53
Tableau 25. Synthèse d'auteurs pour les Staphylocoques	55
Tableau 26. Synthèse d'auteurs pour les ASR	57
Tableau 27. Synthèse d'auteurs pour les levures et moisissures	57
Tableau 28. Charges microbiennes moyennes dans le lait cru par zone	61

Liste des figures

Titre	Page
Figure 1. Évolution de la production laitière (PL) au cours de la lactation	6
Figure 2. Évolution du taux butyreux (TB) au cours de la lactation	7
Figure 3. Évolution du taux protéiques (TP) au cours de la lactation	8
Figure 4. Évolution du Lactose au cours de la lactation	9
Figure 5. Situation géographiques des zones d'élevages	25
Figure 6. Technique de démembrement de la FMAT	29
Figure 7. Technique de démembrement des CT et CF	31
Figure 8. Technique de démembrement des Staphylocoques	33
Figure 9. Technique de démembrement des Levures et Moisissures	35
Figure 10. Technique de démembrement des ASR	36
Figure 11. Variation de l'ESD par zone d'élevage	42
Figure 12. Variation du TB par zone d'élevage	43
Figure 13 Variation du TP par zone d'élevage	45
Figure 14 Variation de taux de Lactose par zone d'élevage	46
Figure 15. Variation du pH par zone d'élevage	48
Figure 16. Variation du point de congélation (PC) par zone d'élevage	48
Figure 17. Variations de la FMAT par zone d'élevage	52
Figure 18. Variations des CT par zone d'élevage	54
Figure 19. Variations des CF par zone d'élevage	54
Figure 20. Variations des staphylocoques par zone d'élevage	56
Figure 21. Variations des ASR par zone d'élevage	57
Figure 22. Variations des Levures et moisissures par zone d'élevage	58
Figures 23. Variation du pH du lait cru, conservés à T° ambiante	59
Figure 24. Evolution de l'acidité Dornic du lait seul (LS) conservé à température ambiante (22°C)	60
Figures 25. Evolution de l'acidité Dornic du lait seul (LS) et du laitensemencé (LE) avec du lactosérum et pouvoir acidifiant (PA), incubés à 30°C pendant 4 heures	60

Résumé

Sur la zone montagneuse qui s'étend sur plus de 100km de Bouhadjar à Guelma, nous avons retenus 52 élevages pour prélever des échantillons de lait cru de mélange.

Les analyses physicochimiques ont révélé de grandes variations et des similitudes entre les différentes zones dans la qualité nutritionnelle du lait cru (MG et MP). Cependant dans l'ensemble ces paramètres restent dans les normes admises. La qualité hygiénique a montré aussi une grande variation et des similitudes entre les différentes zones, dont le lait est jugé comme médiocre.

Dans ces élevages, la grande diversité dans les conditions d'élevage comme l'air, l'équipement, les aliments, le sol, les déjections et l'herbe, explique en partie nos résultats. En effet, les différences entre les techniques de production engendrées par l'élevage en zones de montagnes influencent le type de contamination microbiologique. Le type d'alimentation influence la contamination du lait, il influence la qualité des fèces.

La caractérisation microbiologique du lait cru de mélange en zones de montagne a permis de déceler des caractéristiques spécifiques à la zone et son emplacement géographique. Bien qu'il s'agisse de tendances générales, il faut tenir compte de l'influence des techniques de gestion individuelles adoptées par les éleveurs, c'est l'ensemble de tous ces paramètres qui forme la microflore unique de microorganismes d'un élevage laitier.

Mots clés : Lait cru, Matière grasse, Matière Protéique, flore, race locale, fermentation

Summary

In the mountainous area, which stretches over 100km from Bouhadjar to Guelma, we have selected 52 farms to take samples of raw mixed milk. Physicochemical analyzes revealed large variations and similarities between the different zones in nutritional quality (MG and MP). However, overall these parameters remain in the accepted standards. Hygienic quality has also shown great variation and similarities between the different areas, where milk is considered to be poor.

In these farms, the great diversity in breeding conditions such as air, equipment, food, soil, waste and grass partly explains our results. Indeed, the differences in production techniques generated by mountain farming influence the type of microbiological contamination. The type of diet influences the contamination of milk, it influences the quality of the feces.

The microbiological characterization of raw milk mixing in mountain areas has identified area-specific characteristics and geographical location. Although these are general trends, the influence of individual management techniques adopted by farmers must be taken into account, and all these parameters form the unique microflora of microorganisms of a dairy farm.

Key words: Raw milk, Fat material, Protein material, flora, local cow, fermentation

ملخص

في المنطقة الجبلية التي تمتد لأكثر من 100 كيلومتر من بوحجار إلى قالمة، اخترنا 52 مزرعة لجمع عينات من مزيج الحليب الخام. كشفت التحليلات الفيزيائية والكيميائية اختلافات كبيرة وأوجه التشابه بين المناطق المختلفة في الجودة الغذائية (MG و MP) ومع ذلك تبقى هذه المعايير في المعايير المقبولة. أظهرت الجودة الصحية أيضًا تباينًا كبيرًا وتشابهًا بين المناطق المختلفة، حيث يُعتبر اللبن متوازنًا.

في هذه المزارع يفسر تنوعنا الكبير في ظروف الزراعة، مثل الهواء، والمعدات، والأعلاف، والتربة، والفضلات، والعشب. في الواقع، تؤثر الاختلافات في تقنيات الإنتاج الناتجة عن التربية في المناطق الجبلية على نوع التلوث الميكروبيولوجي. نوع النظام الغذائي يؤثر على تلوث الحليب، فهو يؤثر على نوعية البراز.

حدد التوصيف الميكروبيولوجي للحليب الخام المخلوط في المناطق الجبلية ميزات خاصة بالمنطقة وموقعها الجغرافي على الرغم من أنها اتجاهات عامة. من الضروري أن نأخذ في الاعتبار تأثير أساليب الإدارة الفردية التي يتبناها والمربون إنها مجموعة من كل هذه المعايير التي تشكل البكتيريا الدقيقة الفريدة للكائنات الحية الدقيقة في مزارع إنتاج الحليب.

الكلمات المفتاحية: الحليب الخام ، الدهون ، البروتين ، الجراثيم ، السلالة المحلية ، التخمير

*Etude
bibliographique*

Introduction

L'élevage des bovins en milieu rural est traditionnellement un moyen de thésaurisation orienté essentiellement sur la production de viande et la consommation familiale en lait. La conjoncture actuelle a engendré une multiplication du nombre d'éleveurs dans les zones conventionnées et à vu les opportunistes réorienter leurs élevages vers la production de lait.

La maîtrise de la reproduction, par la synchronisation des chaleurs, et l'accès facile à l'apport génétique par l'insémination artificielle ont certainement contribué à l'essor de la production et la collecte du lait cru en zones de montagnes. Malgré ce vaste programme de réhabilitation de la production laitière, elle n'a pas pu progresser de manière significative, la collecte et le taux d'intégration du lait cru ne dépassent pas les 15% (**Kacimi- El hassani 2013**)

Malheureusement ce secteur reste marginal car, selon (**Soukehal, 2013**) 86 % des exploitations pratiquent un élevage « familial » avec 3 à 6 vaches en moyenne, ce qui explique la paralysie, dont la filière souffre, et constitue une contrainte majeure qui entrave la modernisation de l'élevage bovin, d'autant plus que 45 % des éleveurs n'ont pas d'étable.

La conjoncture socio-économique actuelle, aggravée par la faible disponibilité du lait pasteurisé et le prix élevé du lait UHT, la multitude des primes : à l'élevage, à la production, à la collecte et à la transformation, a généré une demande croissante des éleveurs, des collecteurs, des transformateurs et des consommateurs de lait cru.

Le marché Algérien du lait cru, produit en zones montagneuses, échappe aux systèmes de contrôle, aussi bien sur le plan quantitatif que qualitatif. En effet, l'identification et le contrôle laitier sont presque absents. Les producteurs ne sont payés selon les quantités de gras, de protéines, de lactose et autres solides du lait. Il n'y a donc pas d'intérêt à pouvoir faire varier ces derniers pour améliorer le revenu.

Le lait produit dans ces régions est acheminé vers les transformateurs conventionnés, qui sont généralement éloignés des zones de production. Une bonne partie du lait est consommée crue ou transformée dans le circuit traditionnel local en produits, comme le l'ben et le beurre essentiellement. Ces produits sont très prisés par les consommateurs, comparativement aux mêmes produits conventionnels.

À la consommation, le lait cru est toujours un mélange obtenu de la traite d'un ou de plusieurs animaux, il a fait l'objet de toutes les convoitises, il est produit dans des conditions très diversifiées et présente des caractéristiques liées à sa nature biologique, sa composition est variable, complexe, hétérogène et altérable. Elle dépend de facteurs d'ordre génétique (race), physiologiques (nombre de vêlages, époque de lactation, moment de la traite), zootechniques (mode de traite, alimentation) et de l'emplacement géographique.

Dans le cas du lait cru produit en zones de montagne très peu d'études ont été réalisées. Le mode de production traditionnel dans ces zones, pourrait influencer, sa composition nutritionnelle et sa qualité hygiénique.

Le présent travail à été réalisé sur 52 élevages répartis dans les zones de montagne qui s'étendent de El-Tarf-Souk/Ahras-Guelma.

La première partie du manuscrit traitera deux chapitres ; i) caractéristiques physicochimiques du lait cru de mélange et facteurs de variation et ii) caractéristiques microbiologiques du lait cru de mélange et facteurs de variation

La deuxième partie présentera l'approche expérimentale réalisée, les résultats obtenus et leurs discussions. Les objectifs attendus sont :

- Caractériser le lait cru de mélange sur ses aspects physicochimiques et nutritionnels
- Quantifier les charges microbiennes de certains microorganismes (Flore mésophile Anaérobie totale, de Staphylocoques, de Clostridium sulfito-réducteurs (ASR), de Coliformes, et de levures et moisissures)
- Mesurer l'aptitude fermentaire du lait cru

I. Caractéristiques physicochimiques du lait cru

Le lait était défini en 1908 au cours du congrès international de la répression des fraudes à Genève comme étant « Le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Le lait doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir du colostrum » (**Pougheon et Goursaud, 2001**)

Le lait cru à la consommation est toujours un mélange, obtenu de la traite de plusieurs animaux. Cette pratique tend à réduire fortement l'importance des variations individuelles, mais des variations existent, elles dépendent de facteurs d'ordre génétique

(race), physiologique (nombre de vêlages, époque de lactation, moment de la traite), et zootechnique (mode de traite, alimentation).

Le lait présente des caractéristiques liées à sa nature biologique, sa composition est variable, complexe, hétérogène et altérable. Les éléments les plus constants de sa composition méritent d'être signalés en premier et, ensuite, les fluctuations rencontrées seront associées aux facteurs qui les engendrent. Le lait de vache est un liquide opaque de couleur blanche, plus ou moins jaunâtre selon la teneur en β -carotène de sa matière grasse. Sa saveur est douce et son odeur faible, mais identifiable.

1.1. Constantes physicochimiques du lait

A la sortie de la mamelle, certains paramètres sont généralement constants pour un lait normal et varient très peu. Ces constantes physiques sont reprises au **Tableau 1**.

Constantes	Moyennes	Valeurs extrêmes
Densité du lait entier à 20 °C	1,031	1,028-1,033
Densité du lait écrémé	-	1,036
Densité de la matière grasse	-	0,94-0,96
pH à 20°C	6,6	6,6-6,8
Acidité titrable (°Dornic) *	16	15-17
Point de congélation (°C)	-	-0,520-0,550
Conductivité électrique à 25°C (siemens)	45 x 10 ⁻⁴	40 - 50 x 10 ⁻⁴

* 1° D = 0,1 g d'acide lactique/litre

1.1.1. La densité (poids spécifique ou masse volumique)

Pour une même espèce, la densité n'est pas constante. Elle dépend de la richesse du lait en éléments dissous et en suspension ainsi que de la teneur en matière grasse. (Alais, 1984) rapporte dans ces travaux que la densité du lait est un paramètre qui varie selon l'espèce. Elle est également variable en fonction de la température. A 20°C, la densité des laits individuels peut prendre des valeurs entre 1,030 et 1,033 g/ml et de 1,020 à 1,038 g/mL⁻¹ pour les laits de mélange. La densité du lait fraîchement extrait de la mamelle est instable et tend à augmenter avec le temps (Seydi, 2004) La densité du lait est exprimée par le rapport du poids d'un volume de lait à une température donnée sur le poids d'un volume identique d'eau à la même température. La densité du lait varie aussi selon la proportion d'éléments dissous ou en suspension, et elle est inversement proportionnelle au taux de matière grasse. C'est ainsi qu'un lait écrémé peut avoir une densité à 20°C supérieure à 1,035 g/ml (lait de vache). De même

l'addition d'eau fait tendre la densité vers 1 (densité d'eau), mais un lait écrémé et mouillé peut présenter une densité normale (**Pirisi, 1994**)

1.1.2. Point De Congélation (point cryoscopique)

Le point de congélation du lait est l'une de ses caractéristiques physiques les plus constantes. Sa valeur moyenne, si l'on considère des productions individuelles de vache, est entre $-0,54\text{ °C}$ et $-0,55\text{ °C}$. La mesure de ce paramètre permet l'appréciation de la quantité d'eau éventuellement ajoutée au lait. Un mouillage de 1% entraîne une augmentation du point de congélation d'environ $0,0055\text{ °C}$ (**Goursaud, 1985**) Le mouillage rapproche le point de congélation de 0 °C , l'écémage ne modifie pas le point de congélation. Cependant, l'acidification lactique et l'addition des sels solubles autrement dit le pH l'abaissent (**Alais, 1984**)

1.1.3. Ph

Le lait est légèrement acide, son acidité est proche de la neutralité et son pH varient normalement de 6,5 à 6,8. Pour le lait de vache, **Alais, (1984)** a trouvé des valeurs qui sont respectivement de 6,6 et 6,7. Après la traite, si le lait n'est pas refroidi rapidement à 4 °C , les bactéries produisent de l'acide lactique qui diminue le pH. Lorsque l'acidité est suffisamment forte à température ambiante (pH inférieur $<$ à 4,7), la caséine du lait coagule.

Le pH du lait correspond à la concentration en ions hydrogène et représente l'acidité naturelle du lait. Sa valeur n'est pas constante mais varie au cours du cycle de lactation et sous l'influence de l'alimentation. Dans une même espèce l'amplitude des variations est faible. Selon (**Alais, 1984**) le lait de vache dont les valeurs du pH sont inférieures à 6,5 ou supérieures à 6,9 sont considérées comme anormales. L'acidité faible du lait de vache comprise entre 6,6 et 6,8 résulte de la présence en excès de phosphates et de caséines.

1.1.4. Conductivité :

La conductivité électrique du lait à 25 °C est comprise entre 4 et 5 mS/cm. Cette conductivité du lait est due à la présence d'électrolytes minéraux (chlorures, phosphates, citrates) qui abaissent la résistance au passage du courant. La conductivité électrique dépend de certains facteurs :

- la température: on mesure la conductivité le plus souvent à 25 °C ;
- le mouillage : elle diminue avec le mouillage;
- les laits pathologiques: du fait de leur forte teneur en chlorures ces laits éléments de la conductivité de plus de 5mS/cm.

1.1.5. L'eau ajoutée:

L'eau du lait provient du sang par filtration au niveau de la glande mammaire. C'est l'élément le plus important du point de vue pondéral et représente 87,5 % (environ 900g/litre). Elle représente la phase dispersante des constituants non hydrosolubles du lait et la phase solvante des substances solubles (glucides, matières minérales et vitamines hydrosolubles). Toute anomalie de la circulation sanguine au niveau de la mamelle se traduit de ce fait, par une baisse de la production lactée. La quantité de lait produit varie avec l'abreuvement de la femelle laitière mais n'influe pas sur la composition centésimale du lait.

1.2. Les composants nutritionnels du lait

Les variations pour les composants ne sont pas toujours constantes, d'autres facteurs liés à l'alimentation et à l'animal, comme la génétique, le stade de lactation et l'état physiologique, influencent les teneurs en composantes du lait (**Walker et al, 2004; Jenkins et McGuire, 2006**). La composition moyenne du lait est reportée au **Tableau 2**.

Tableau 2. Composition moyenne des principaux constituants du lait de vache (g/litre) (**Alais, 1984**)

Constituants	Moyennes
Matières azotées	34
Lactose	48
Matières salines	9
Extrait sec dégraissé	91
Matières grasses	37
Extrait sec total	128
Eau libre (solvant) et liée	902
Lait entier	1030

1.2.1. La courbe de lactation

La production laitière augmente durant les premières semaines pour atteindre un maximum. Ensuite elle chute progressivement avec une diminution de 0,03% par jour. La lactation peut se maintenir pendant plusieurs mois, en fonction des races, l'alimentation, l'état physiologique et la santé de l'animal. en élevage laitier elle de 305 jours.

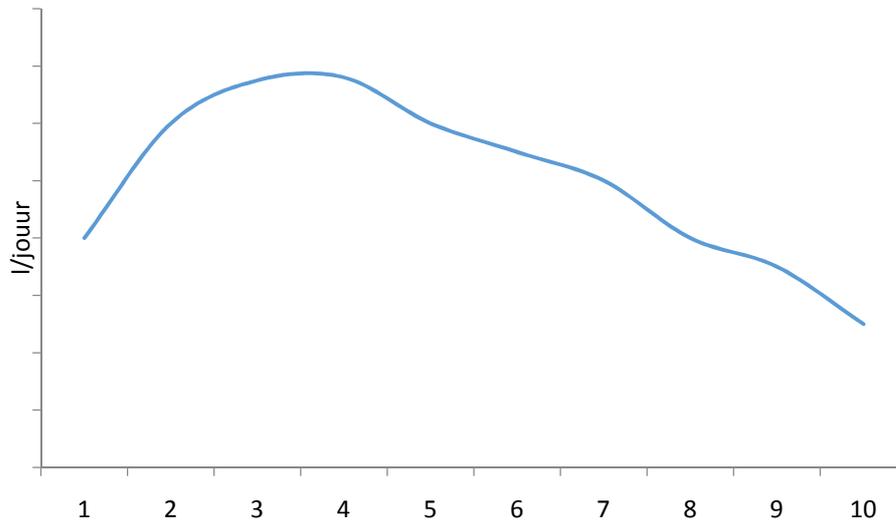


Figure 1. Evolution de la lactation (adapté de Pollot, 2004)

1.2.1. Matière Grasse :

Les matières grasses du lait (MG) est une fraction quantifiée couramment par le terme de taux butyreux (TB). Elle sous-entend l'ensemble des substances lipidiques; c'est-à-dire les produits qui donnent des acides gras. Mais la matière grasse inclut aussi entre 0,5 et 1% de produit non lipidique dont certains sont liposolubles et qui est entraîné avec la matière grasse lors de l'élaboration du lait. Le TB ne prend en compte que les lipides stricts, à savoir les esters d'acide gras. Il varie beaucoup en fonction des données zootechniques telles que l'espèce et la race (**Luquet, 1985**) La teneur en matière grasse du lait cru produit au moment de la traite est très variable, en gros entre 35 et 45 g/L ou 3,6 à 5,2 % de matière grasse, cette teneur dépendant de plusieurs facteurs liés à la race de la vache, à son âge, à la période de lactation (**Figure 2**) à son alimentation ou à la saison. La matière grasse présente la particularité de se trouver dans le lait sous la forme d'une émulsion de globules gras de 2 à 10 micromètre de diamètre. (**Jeantet et al, 2008**) Le taux de matière grasse et la matière azotée sont des critères pour le paiement du lait à la qualité (**Agabriel, 1991**)

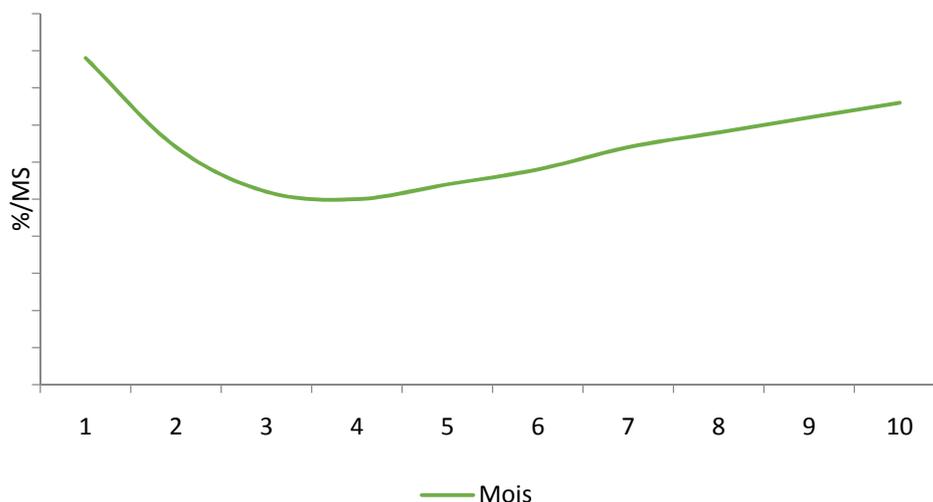


Figure 2. Évolution du taux butyreux (TB) au cours de la lactation (adapté de **Pollot, 2004**)

1.2.2. Protéines

Les matières azotées, protides ou protéines du lait constituent un ensemble complexe dont la teneur totale est voisine de 35g/l. Ce taux est élevé en comparaison avec les quantités présentes dans le lait humain (environ 12g/l). D'après (**Agabriel, 1990**) les protéines représentent 95% environ des matières azotées et sont constituées soit d'acides aminés seuls, soit d'acide aminé et d'acide phosphorique avec parfois une partie glucidique. C'est sur la base de précipitation à pH = 4,6 à une température de 20°C, dont on sépare deux constituants : les caséines (α , β , γ et κ) et les protéines solubles ou protéines de lactosérum. Lorsque les caséines sont coagulées, les autres protéines restent en solution en même temps que le lactose et les sels minéraux, constituant ce que l'on appelle le lactosérum.

Par rapport à la matière grasse, le taux protéique (TP) est relativement évolue dans le même sens que le TB (**Figure 3**) cependant ces variations sont moins importantes le facteur alimentaire n'intervient presque pas. Ce taux est donc lié à des facteurs génétiques: l'individu et la race.

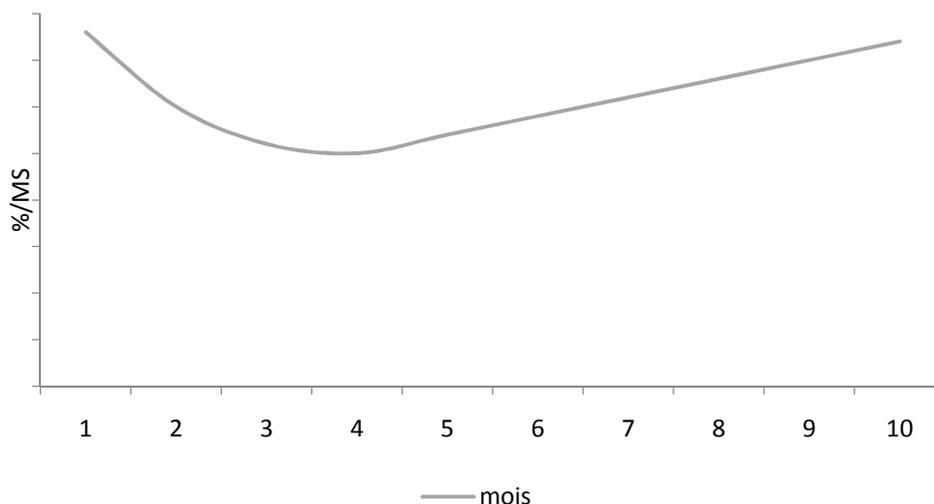


Figure 3. Évolution du taux protéiques (TP) au cours de la lactation (adapté de Polott, 2004)

1.2.3. Lactose

Mathieu (1999) évoque que le lait contient des glucides essentiellement représentés par le lactose, son constituant le plus abondant après l'eau. Sa molécule $C_{12}H_{22}O_{11}$, est constituée d'un résidu galactose uni à un résidu glucose. Le lactose est synthétisé dans les cellules des acini à partir du glucose sanguin. Celui-ci est en grande partie produit par le foie. Le lactose est quasiment le seul glucide du lait de vache, sa teneur est très stable entre 48 et 50 g/l dans le lait de vache (Figure 4). Cette teneur présente de faibles variations dans le sens inverse des variations du taux butyreux. Le lactose est un sucre spécifique du lait (Hoden et Coulon, 1991). La courbe de production du lactose et de la teneur en lactose au cours de la lactation ressemble à la courbe de lactation : un pic entre 30 à 60 jours de lactation (JEL), puis une diminution constante et régulière sur la suite de la lactation, expliquant une (Miglior et al, 2006 ; Malchiodi et al, 2014 ; Bleck et al, 2009).

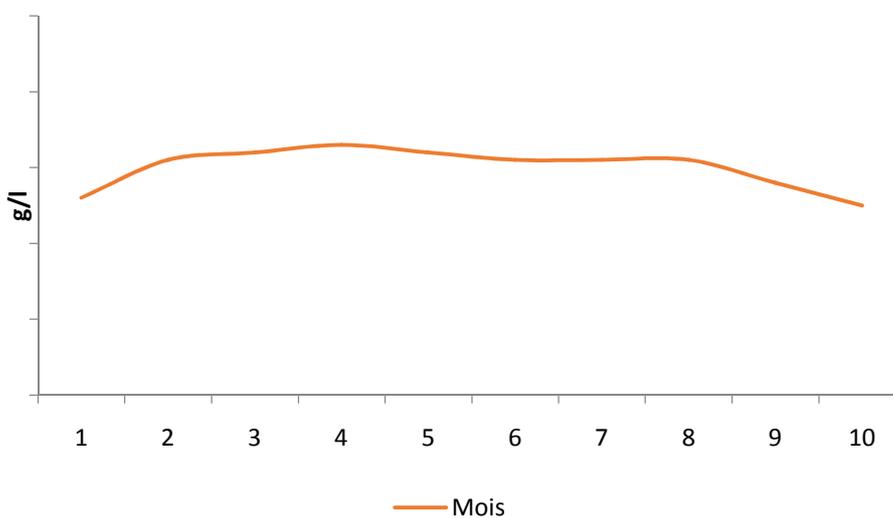


Figure 4. Évolution du Lactose au cours de la lactation (adapté de **Polott, 2004**)

1.2.4. Sels Minéraux :

Selon **Gaucheron (2004)** le lait contient des quantités importantes de différents minéraux. Les principaux minéraux sont calcium, magnésium, sodium et potassium pour les cations et phosphate, chlorure et citrate pour les anions.

Tableau 3. Composition minérale du lait de vache (**Jeantet et al, 2008**)

Eléments minéraux	Concentration (mg/kg ⁻¹)
Calcium	1043-1283
Magnésium	97-146
Phosphate inorganique	1805-2185
Citrate	1323-2079
Sodium	391-644
Potassium	1212-1681
Chlorure	772-1207

Le dosage des chlorures, est un moyen de détection des laits anormaux et la constante moléculaire simplifiée est calculée d'après la teneur en chlorures et en lactose (**Mathieu, 1985**)

1.2.5. Extrait Sec Dégraissé (ESD)

L'extrait sec ou matière sèche (MS) du lait correspond à la teneur en tous ces constituants à l'exclusion de l'eau. Il est exprimé en pourcentage et avoisine 13% dans le lait cru de mélange. L'extrait sec dégraissé (ESD) a donc une composition presque fixe car les matières grasses du lait en représentent le composant le plus variable (**Fredot, 2006**)

1.3. Facteurs de variation

1.3.1. Matières grasses

La sélection génétique

Elle offre la seule alternative réelle à l'alimentation comme moyen pour modifier la composition du lait (**Rode, 2006**)

Lactation

La MG diminue après le vêlage et atteint son minimum lorsque les vaches sont entre 40 à 60 jours post-partum, avec une légère augmentation journalière par la suite (**Walker et al, 2004**) Cette baisse peut être expliquée principalement par un effet de dilution puisque de la MG évolue de façon inverse à la production de lait (**Varga et Ishler, 2007**)

✚ Traite

Il y a aussi des variations journalières importantes dans la teneur des composants du lait. La durée du jour ainsi que la fréquence de la traite ont également un effet sur les composants du lait. En effet, le lait a une MG moins élevée le matin par rapport au soir lorsque la traite est effectuée deux fois par jour (**Quist et al, 2008**) Lorsque trois traites sont effectuées par jour, la MG augmente pendant la journée pour atteindre son maximum dans la traite de la nuit (**Quist et al, 2008**)

La MG du lait progresse au cours de la traite. Le lait au début de la traite, provient des citernes. Elle est 2,5 à 5 fois moins riche en MG que le lait de la fin de la traite, qui correspond aux sécrétions provenant des alvéoles (**Lollivier et al, 2002; Rulquin et al, 2007**). En effet, pendant la traite, les globules de gras du lait sont transférés de l'alvéole à la citerne sous le réflexe d'éjection via l'action de l'ocytocine (**Lollivier et al, 2002**).

De plus, le lait de la traite du soir est généralement plus riche en MG et en protéines que le lait de la traite du matin. **Quist et al, (2008)** ont évalué la relation entre la gestion de l'alimentation et variabilité de la MG du lait à court terme (sur 5 jours) sur 14 troupeaux et ils ont signalé que la MG du lait du matin est en moyenne 0,10% plus basse que le lait provenant de la traite du soir.

✚ Saison

Les pourcentages de gras et de protéines dans le lait sont plus élevés pendant l'hiver que pendant l'été (**Varga et Ishler, 2007; Heck et al, 2009; Bauman et al, 2011b**) 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 moyen (**Heck et al, 2009**) Cette variation est due aux changements dans la ration et aux conditions climatiques. Les effets spécifiques de la température, soit chaude ou froide, ne sont pas clairs.

✚ Température

Des vaches exposées à des températures au-dessous de -5 °C réduisent leur production de lait et, par conséquent, la TMG du lait augmente (**Bauman et al, 2011b**) En contrepartie, certains travaux suggèrent que le stress thermique en été peut entraîner des conditions semblables à l'acidose et donc une diminution de la TMG du lait (**Bauman et al, 2011b**) Aussi, les vaches hautes productrices sont plus vulnérables au stress thermique dû à leur production de chaleur métabolique plus élevée qui est fortement associée à la production laitière (**Renaudeau et al, 2012**)

Le stress thermique réduit la consommation de matière sèche (**MS**), qui à son tour réduit la consommation d'énergie. C'est cette diminution d'apport en énergie qui affecterait la teneur des composants du lait (**West, 2003; Renaudeau et al, 2012**) C'est

d'ailleurs pour cette raison que **West (2003)** a suggéré de modifier les besoins des animaux pendant la saison chaude.

Facteurs alimentaires

L'alimentation est à la fois un facteur prédominant qui affecte la TMG du lait et un outil pour la moduler (**Bauman et al, 2011a**) des changements alimentaires peuvent causer des chutes importantes de la MG du lait (**Rulquin et al, 2007**)

1.3.2. Matières protéiques

Génétique

La TP du lait est déterminée en grande partie par la génétique de la vache (**Forsbäck et al, 2010**) Cependant, sa teneur peut être aussi affectée par l'alimentation, le stade de lactation, la parité, les maladies et l'environnement. L'ampleur des changements dus à l'alimentation pour la TP par rapport à la MG du lait est plus limitée. Généralement, les races avec plus de protéines dans le lait ont aussi des teneurs plus élevées en MG.

Lactation

Le stade de lactation a aussi un effet sur la TP du lait (**Beever et al, 2001**) Après le vêlage, la TP du lait est la plus haute et descend pour atteindre un minimum entre 5 et 6 semaines de lactation et va augmenter à nouveau graduellement à la fin de la lactation. Il est généralement plus faible chez les vaches primipares que chez les multipares (**Brun-Lafleur et al, 2010**) Cette différence peut s'expliquer par la difficulté des vaches primipares à mobiliser leurs réserves de protéines puisqu'elles en ont aussi besoin pour leur croissance.

Santé

Wattiaux et Krag (2004) ont rapporté une corrélation négative entre l'urée du lait et le comptage de cellules somatiques. Cependant, il a été déterminé qu'indépendamment de l'espèce (vaches, brebis ou chèvres), il y a une augmentation des protéines du lactosérum, due aux réponses inflammatoires et aux réponses du système immunitaire lors d'une mammite (**Le Maréchal et al, 2011**) Selon ce même auteur le type de pathogène a un effet, par exemple, la mammite causée par *Streptococcus uberis* est associée à une augmentation de la MP et de la caséine du lait alors que la mammite de *Streptococcus dysgalactiae* n'affecte pas ces composantes.

Facteurs liés à l'alimentation

La production laitière peut être affectée par de nombreux facteurs liés à l'alimentation, dont l'énergie et la protéine sont les plus critiques (**Brun-Lafleur et al, 2010**) Les MG et les MP du lait sont modifiées par les infections intramammaires, dues principalement à une réduction de la production de lait (**Seegers et al, 2003**) La mammite, par exemple, réduit la teneur en caséine et en lactose, tandis qu'elle augmente les teneurs en protéines

totales et en protéines du lactosérum du lait (**Rode, 2006**) Tout comme pour la MG du lait, la MP du lait est plus faible pendant l'été.

II. Microbiologie du lait cru

Trois facteurs principaux conditionnent la croissance microbienne: le nombre initial de germes, la température et la durée conservation. A la sortie de la mamelle, le lait est à la température de l'animal (37 °C). Malgré cette condition favorable à la multiplication de nombreux germes, elle est inexistante pendant les quelques heures qui suivent la traite, en raison du pouvoir bactériostatique du lait frais. Le lait prélevé à partir d'un animal sain et dans de bonnes conditions contient peu de germe (moins de 1000 germes/l) il s'agit essentiellement de germes saprophytes du pis et des canaux galactophores, tels que les *Microcoques*, *Streptocoques lactiques* et *Lactobacilles*. Le lait cru est protégé vis-à-vis des germes de contamination par des substances inhibitrices appelées "lactenines", mais l'action de celles-ci est de courte durée (1 heure environ) (**Guiraud et Galzy, 1980**) Les mésophiles sont les genres essentiellement dominants (**Vignola, 2002**)

2.1. La Flore Mésophile Aérobie Totale (FMAT)

Ce terme est impropre, car la méthode la plus courante consiste à ne dénombrer que la flore aérobie mésophile par comptage des colonies après culture sur plaques de gélose PCAensemencées et incubées en aérobiose pendant 3 jours à 30 °C, excluant par conséquent certains germes. Cependant, elle est la méthode la plus courante et la plus pratique pour établir le niveau de contamination globale du lait.

Le **JORA (1998)** fixe le seuil de contamination en flore totale à 10^5 ufc/ml. Les charges tolérées par les réglementations françaises qui sont de $5 \cdot 10^5$ ufc/ml (**Alais, 1984**) Selon **Faye et Loiseau (2002)** le lait cru est produit par un animal sain, dont la traite effectuée dans de bonnes conditions d'hygiène, donne normalement un lait peu contaminé contenant une flore globale de 10^3 à 10^5 ufc/ml. Leur présence révèle un manque de respect des bonnes pratiques de production et de stockage du lait de la traite du soir qui va ensuite être mélangé avec le lait de la traite du lendemain matin, et au niveau de la multitude des transvasements. Les travaux réalisés en Algérie par **Hamiroune et al, (2014)** et **Aggad et al, (2009)** ont révélé des niveaux de contamination moyen avoisine $7,2 \cdot 10^5$ ufc/ml et $8,3 \cdot 10^5$ ufc/ml, respectivement.

Dans la mesure où l'on dispose des moyens nécessaires, il est hautement souhaitable de profiter de cette période pour refroidir le lait afin de ralentir la prolifération des micro-organismes dès la phase bactériostatique passée

Le **Tableau 4** montre l'influence des facteurs précités sur la croissance des bactéries aérobies mésophiles (improprement appelées «flore totale») à différentes températures. En prenant, par exemple, les valeurs de ce tableau, et si l'on admet qu'un lait de qualité moyenne ne doit pas contenir plus de un million de germes par ml au moment de son traitement, on voit que lorsque sa population initiale est faible, il peut se conserver 4 jours à 4,5 °C, un peu plus de 3 jours à 10 °C et moins de 24 heures à 15,5 °C et à 25 °C. Lorsque la contamination est importante, il supporte une conservation de 4 jours à 4,5 °C mais, lorsque la température atteint 10 °C, il n'est déjà plus conforme en 24 heures. Or, dans la pratique, la charge microbienne pouvant être plus forte et les normes choisies plus sévères, on observe que, même à la température de 4,5 °C, le refroidissement est insuffisant. Il importe donc d'obtenir à la production un lait très peu chargé en micro-organismes (si possible moins de 100000 germes/ml) et de refroidir ce lait le plus rapidement possible après la traite, à une température la plus proche de 0 °C et jamais supérieure à 4 °C (en pratique de 2 °C à 4 °C).

Tableau 4. Multiplication de la flore aérobie mésophile en fonction de la température et de la durée de conservation

T° de conservation (°C)	Nombre de bactéries par ml	Facteurs de multiplication			
		24 heures	48 heures	72 heures	96 heures
4,5	4200	1	1,1	2	4,7
	137000	2	3,9	5,5	6,2
10	4200	33	30	1 36	9400
	137000	8 5	98	182	300
15,5	4 200	380	7860	77800	229000
	137000	175	4600	17 500	386 000
25	4200	7000	1 5600	88 500	240000
	137000	4 900	11 200	21 000	23300

Le temps de conservation reste de toute façon étroitement lié à la charge microbienne du lait mis en refroidissement. Aussi convient-il de respecter le barème indiqué au **Tableau 5**.

Pendant le refroidissement, même à +4°C n'empêche pas certains microorganismes psychrophiles de se multiplier et de provoquer de graves défauts dans la qualité des produits pouvant même les rendre inconsommables. Il est donc

indispensable de limiter au maximum, dès la production, le nombre de ces germes par une excellente hygiène.

Tableau 5. Durée maximale de conservation en fonction du nombre de bactéries à l'origine

Nombre de bactéries aérobies mésophiles du lait à l'origine N à 30°C	Lait refroidi rapidement dès la traite entre 2°C et 4°C
N ³ 10 000	4 jours
N ³ 100 000	3 jours
N ³ 500 000	2 jours
N ³ 500 000	1 jour ou moins

Enfin, bactéries, virus, levures et moisissures peuvent être présents dans le lait. Les bactéries ont une place prédominante dans l'ensemble des problèmes microbiologiques et des produits laitiers, les levures et les moisissures intéressant surtout la fromagerie.

Les Bactéries lactiques ont une grande importance en laiterie. Leur principale propriété est de produire de l'acide lactique par fermentation du lactose; certaines produisent en outre du gaz carbonique et divers composés, dont certains contribuent à l'arôme des produits laitiers. Par leur production d'enzymes protéolytiques, elles contribuent à l'affinage des fromages. Dans du lait non réfrigéré, elles tendent à prédominer, donnant à celui-ci une certaine protection vis-à-vis de germes indésirables.

Cependant, la production d'acide lactique, en faisant baisser le pH, provoque une déstabilisation progressive de la dispersion micellaire, ce qui rend le lait de moins en moins stable aux traitements thermiques et peut entraîner sa coagulation, même à température ambiante.

Tableau 6. Stabilité du lait à différentes températures en fonction de l'acidité titrable et du pH

pH	Acidité titrable (°D)	Température (°C)	Etat du lait
6,6-6,8	16-18	0-150	Normal
6,4	20	110-120	Floculation
6,3	22	100	Floculation
6,1	24	72-75	Floculation
5,2	55-60	20	Floculation

Le **Tableau 6** montre l'influence de l'acidité sur la stabilité du lait à différentes températures. La flore acidifiante du lait n'est pas uniquement constituée de bactéries lactiques. Des bifidobactéries et des entérobactéries interviennent aussi dans l'acidification.

2.2. Les Coliformes

Presque toujours présentes dans le lait cru, elles ont une grande importance en laiterie (**Lamontaigne et al, 2002 ; Giannino et al, 2009 ; Davidson et al, 2004, Giraud, 2003**) D'un point de vue technologique, certaines assurent la fermentation du lactose, produisant, outre des acides, des gaz (hydrogène et gaz carbonique) qui font gonfler les fromages. Cependant, lorsque ses coliformes sont en nombre très élevé, ils peuvent provoquer des intoxications alimentaires. Leur dénombrement a longtemps été considéré comme un indice de contamination fécale. Comme les entérobactéries totales, ils constituent un bon indicateur de qualité hygiénique. (**Guiraud, 2003**) *Escherichia coli* est actuellement l'indicateur de coliformes et donc de salubrité. Sa présence permet de soupçonner une contamination du lait avec de l'eau polluée, des matières fécales, du fumier ou de la matière en décomposition (**Davidson et al, 2004**)

La norme algérienne pour ces germes est de 10^3 ufc/ ml (**JORA, 1998**) Dans plusieurs études réalisées au Maghreb, plusieurs auteurs (en Algérie : **Aggad et al, 2010 ; Hamiroune et al, 2014 ; Ghazi et Niar, 2011** ; au Maroc : **El marnissi et al, 2013, Ounine et al, 2004 ; Afif et al, 2008**) rapportent la présence de coliformes en quantités importantes dans le lait cru de mélange.

D'un point de vue hygiénique, un grand nombre d'entre elles étant les hôtes habituels de l'intestin des mammifères, leur présence dans le lait (comme dans l'eau) est l'indice d'une contamination fécale. *Enterobacter spp.*, *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, *E. hiriae* et *E. durans* sont quelques espèces regroupées sous la dénomination des coliformes. Ainsi, l'atmosphère des étables est souvent chargée de germes provenant des excréments, de la paille et des aliments.

L'état de l'animal : Les saletés se trouvant dans le lait proviennent le plus souvent de la chute, au moment de la traite, de particules d'excréments, de terre, de végétaux ou de litière, attachées à la peau de l'animal et aussi des poils et des cellules épithéliales.

L'état d'hygiène du trayeur : La contamination du lait par ces bactéries est souvent due à une mauvaise hygiène de la traite.

Les ustensiles et les machines sont habituellement la source de contamination la plus importante. Ce sont des milliards de germes qui peuvent exister sur les parois d'ustensiles laitiers mal lavés et mal séchés. (Heuchel et al, 2003)

2.3. Les bactéries pathogènes

Le lait cru et les produits laitiers avec lequel ils sont fabriqués, de même parfois que ceux ayant subi un traitement d'assainissement, peuvent contenir des germes pathogènes pour l'homme. L'animal, l'environnement et l'homme peuvent être à l'origine de cette contamination. Différentes espèces bactériennes sont capables de pénétrer dans la mamelle par le canal du trayon et sont excrétées avec le lait. En se développant dans la mamelle, certains de ces germes, en particulier les staphylocoques, les streptocoques et les entérobactéries, provoquent des mammites avec contamination du lait.

L'animal peut aussi contaminer indirectement le lait par des particules d'excréments, d'expectorations, et d'autres rejets, ou par le voisinage avec des animaux malades de même espèce ou d'espèces différentes (chèvre, par exemple). Le sol, les eaux, les litières, les poussières, le matériel mal nettoyé, etc., sont d'importantes sources de contamination du lait au cours de la traite et des diverses manipulations qu'il subit. Par ses mains, ses expectorations, ses vêtements souillés, etc., l'homme malade ou porteur sain ou infecté peut être également une cause de contamination de l'animal ou de son environnement et du lait.

Les germes pathogènes auxquels on accorde une importance particulière, ils peuvent être divisés en deux groupes : bactéries infectieuses qui doivent être vivante lors de leur ingestion pour agir et provoquer des dérèglements dans le système digestif. Et des bactéries toxigènes qui vont produire des toxines dans l'aliment et peuvent être responsable d'intoxication, en raison de la gravité ou de la fréquence des risques qu'ils présentent.

2.3.1. Les bactéries infectieuses

Les salmonelles sont responsables de toxi-infections. Des épidémies de fièvre typhoïde et paratyphoïde ont pour origine la consommation de lait, crème, beurre, crème glacée, etc., n'ayant pas subi de traitement d'assainissement ou recontaminés. Elles se développent dans une gamme de température variant entre 4°C et 47°C. Elles survivent aux basses températures et résistent à la réfrigération et à la congélation. En revanche,

elles sont détruites par la pasteurisation (72°C pendant 15 secs). Elles sont capables de se multiplier dans une gamme de pH de 5 à 9 (Guy, 2006)

Brucella :

Les *Brucella* sont des bactéries pathogènes responsables de la brucellose. La brucellose humaine survient surtout dans les professions exposées : vétérinaires, éleveurs, employés d'abattoir, personnel de laboratoire, etc. La contamination s'effectue soit par contact direct ou indirect avec les animaux ou leurs produits (voie cutanéomuqueuse) soit par ingestion d'aliments contaminés (produits laitiers frais notamment) (Philippon, 1971) L'homme est sensible à *B. abortus*, *B. melitensis* et *B. suis*, ces deux dernières espèces entraînant généralement les infections les plus sévères. L'infection persistante de la mamelle et des ganglions lymphatiques rétromammaires chez la femelle domestique est fréquente et se traduit par une dissémination intermittente ou continue des *Brucella* dans le lait. Le véhicule le plus fréquent de l'infection humaine par ingestion est ainsi le lait cru, ou l'un de ses dérivés, en particulier la crème et, dans de nombreux pays, les fromages frais, qui constituent parfois la source de protéines la moins chère et la plus disponible (FAO, 1986)

Les mycobactéries

Le genre *Mycobacterium*, créé par Neumann comptait, d'une part, les bacilles responsables des tuberculoses humaine, bovine et aviaire et, d'autre part, de nombreux bacilles ubiquistes appartenant à ce genre, (Streeter et al, 1995) *Mycobacterium bovis*, agent de la tuberculose bovine, est capable d'infecter l'homme et certaines espèces animales, notamment la chèvre, le chien et le chat. Du point de vue de la médecine vétérinaire et de la santé publique, ce germe est la cause la plus importante des maladies mycobactériennes chez l'animal. Les bovins atteints de tuberculose sont la source principale de *M. bovis*. *M. bovis* qui se transmet des bovins vers l'homme principalement de deux manières : par voie aérienne (aérosols) et par voie digestive après consommation de lait cru infecté) (Sinha, 1994) L'homme atteint de tuberculose pulmonaire à *M. bovis* est également source d'infection pour d'autres sujets et éventuellement pour les bovins. Avant que la pasteurisation du lait ne soit généralisée, on considérait que *M. bovis* était responsable d'environ 10 % de l'ensemble des cas de tuberculose humaine et de 0,5 % à 1 % des tuberculoses pulmonaires (Thorel, 1994)

2.3.2. Bactérie toxinogènes

Les principaux micro-organismes toxinogènes :

Listeria

Les bactéries du genre *Listeria* se présentent sous la forme de petits bacilles. Elles sont à Gram positif (**Seelinger et Jones, 1986**) Leur croissance est possible entre 0 °C et 45°C, pour des pH compris entre 4,5 et 9,6. *L. monocytogenes* peut être considérée comme un agent pathogène alimentaire « parfait » car elle est ubiquiste, qu'en raison de la résistance de ce germe aux traitements thermiques (**Ikonomov, 1969 ; Stajner et al, 1979**) et de sa capacité de multiplication aux températures de réfrigération (**Shahmat et Woodbine, 1979**) Des souches de *Listeria* les plus dangereuses peuvent produire une toxine spécifique : la *listériolysine S*.

En outre la consommation de produits laitiers tels que fromages ou beurre peut présenter aussi un danger, surtout quand ceux-ci sont fabriqués avec de lait cru (**Liebe, 1976**) à cet égard (**Sipka et al, 1973**) ont pu démontrer la persistance, et même la multiplication de *L. monocytogenes* pendant la période de maturation de certains fromages frais préparés avec du lait contaminé par ce microorganisme.

Deux voies de contamination sont généralement décrites:

- la contamination par la vache (mammite) est peu fréquente mais le niveau de contamination est souvent élevé (1 000 à 100 000 *L. monocytogenes*/ ml dans le lait de quartier).
- la contamination par l'environnement est plus fréquente, mais les niveaux de contamination sont aussi plus faibles. Les ensilages de mauvaise qualité sont de ce fait une source significative de contamination puisque la présence de *L. monocytogenes* dans ceux-ci multiplie par vingt le risque de contamination du lait de tank (**Saana, 1994**)

Staphylocoques

Le genre *Staphylococcus* appartient à la famille des *Staphylococaccae*. Ceux sont des coques à Gram positif. (**Leyral et Vierling, 2007**) Ils se trouvent assez fréquemment dans le lait et parfois, en nombre important. L'origine de la contamination est l'infection mammaire et peut être plus fréquemment, l'Homme. Leur fréquence tend à augmenter du fait de leur antibiorésistance, ils provoquent par leur production de toxines thermostables, des intoxications de gravité variable pouvant être redoutable chez

l'enfant. Les produits laitiers responsables sont le plus souvent des laits concentrés et en poudre ainsi que des crèmes glacées. Une fermentation lactique suffisamment active les inhibe. Au cours de l'affinage des fromages, ils disparaissent progressivement, mais le risque subsiste s'il y a eu accumulation préalable de toxines en quantité suffisante.

La norme concernant le *Staphylococcus aureus* est l'absence du germe dans le lait cru (JORA, 1998) Selon Booth et Dodd (2000) *Staphylococcus aureus* est considéré comme une bactérie pathogène majeure, causant des infections mammaires, ces dernières s'accompagnent d'une augmentation de la perméabilité entre le compartiment sanguin et le lait qui a pour conséquence des modifications de la composition du lait. *S. aureus* peuvent avoir aussi une origine intra-mammaire due aux mammites subcliniques des vaches. Les infections mammaires à *S. aureus* constituent la principale source de contamination du lait à la production. Les quantités de *S. aureus* excrétées dans le lait des quartiers infectés peuvent être considérables, de 10^3 à 10^5 ufc/ml en moyenne, mais peuvent atteindre 10^6 ufc/ml en cas d'infection sub-clinique et jusqu'à 10^8 bactéries/ mL^{-1} en cas d'infection clinique (Bassa et al, 2010)

Par ailleurs, Srairi et Hamama (2006) ont démontré que les pratiques de tétée préalables à la traite, auraient pour incidence une chute de la contamination par les staphylocoques dans le lait, car les premiers jets de lait sont les plus fortement contaminés en microorganismes présumés pathogènes, surtout en cas de mammites.

Clostridiiums sulfito-réducteurs (ASR)

Ces bactéries anaérobies sulfito- réductrices sont des hôtes normaux de l'intestin de l'homme et des animaux, mais on les rencontre fréquemment dans la nature et en particulier dans le sol (bactéries telluriques). Ces germes sont très résistants en raison de leur caractère sporulé, leurs pouvoir pathogène est dû à la synthèse des toxines (Lamontagne et al, 2002)

L'absence des *Clostridium* sulfito-réducteurs dans les laits crus de vache testés a une qualité microbiologique bonne et sont acceptables du point de vue hygiénique qui est dû à une bonne santé des vaches des étables et une bonne hygiène de la traite (Labioui et al, 2009)

Selon une étude au nord de l'Algérie par (Hamiroune et al, 2013) la charge moyenne des laits crus analysés en clostridiiums sulfito-réducteurs est de $2,7.10^1$ ufc/ml. Le critère algérien concernant ces bactéries étant fixée à 50 ufc/ml, de même leur

présence est signalée par **Aggad et al. (2009)** dans l'ouest algérien avec un taux de contamination de 29,4 %. D'autres travaux rapportent leur présence dans le lait cru avec une moyenne de $0,4 \cdot 10^1$ ufc/ ml (**Farougou et al, 2011**) et 72 % des laits contiennent moins de 180 spores de *Clostridium* par litre **Michel et al. (2001)**

2.4. Les Levures et Moisissures

Bien que souvent présentes dans le lait, elles s'y manifestent rarement. Peu d'entre elles sont capables de fermenter le lactose. Certaines sont utilisées dans la production de laits fermentés (comme le kéfir et le koumis) des levures alimentaires et de l'éthanol.

En fromagerie, de nombreuses levures participent à l'affinage des fromages. C'est ainsi qu'en se développant à la surface de certains fromages contribuent à leur désacidification. Par leurs enzymes protéolytiques et lipolytiques, elles jouent un rôle dans la formation de l'arôme.

Les levures peuvent aussi être néfastes. Des *Torulopsis*, productrices de gaz à partir du lactose, supportent des pressions osmotiques élevées et sont capables de faire gonfler des boîtes de lait concentré sucré. Certaines sont responsables de fermentations gazeuses dans les crèmes fermières et les caillés frais. La présence de levures à la surface des yaourts, fromages à pâte fraîche, crème et beurre sont l'indice d'une pollution qui déprécie l'aspect et le goût des produits.

Sans importance dans le lait liquide, elles intéressent un grand nombre d'autres produits laitiers. Elles se développent en surface ou dans les parties internes aérées. Elles sont productrices de lipases et de protéases. Des penicilliums sont utilisés pour recouvrir la croûte des fromages à pâte molle d'une «fleur» blanche et pour former des veines de couleur bleue dans les fromages à pâte persillée. Les levures peuvent aussi participer à la désacidification de la pâte de divers fromages en début d'affinage. Ils peuvent être véhiculées par l'environnement et se retrouver dans le lait et les produits laitiers. Bien que les levures ne causent pas d'intoxication alimentaire, elles peuvent provoquer une altération organoleptique de l'aliment (**Deak, 2008**)

Un très grand nombre de moisissures produisent des substances toxiques dites mycotoxines, et dont certains sont reconnues comme étant les plus puissants cancérigènes naturels chez l'homme (**Creppy, 2002**)

Les mêmes moisissures peuvent aussi être indésirables, par exemple quand un développement excessif de *Geotrichum* à la surface des fromages à pâte molle rend celle-ci glaireuse et coulante ou quand des veines bleues apparaissent dans la «fleur» blanche des camemberts, ce qui les déprécie fortement.

L'apparition, à la surface des fromages à pâte molle moisie, de spores de couleur brun-noir dues à d'autres moisissures rend leur commercialisation difficile ou impossible. D'autres moisissures, souvent colorées, peuvent se développer sur divers produits (crème, beurre, fromage, yaourt, poudre de lait). Elles diminuent leur qualité organoleptique. Bien que très généralement sans danger du fait de l'absence de mycotoxines, les produits sur lesquels elles prolifèrent sont le plus souvent considérés comme impropres à la consommation.

Leur présence est rapportée dans des études sur le lait cru réalisées au Maroc par **Mennane et al, (2007)** et **Labioui et al, (2009)** et en Turquie par **Tasci (2011)** a aussi signalé des valeurs élevées de levures et moisissures ($7,8 \cdot 10^3$ et $1,0 \cdot 10^3$ ufc/ ml respectivement) pour une étude sur les propriétés microbiologiques du lait cru consommés en Turquie en France par **(Lavoie, 2011)**

*Etude
expérimentale*

Introduction

En Algérie le marché du lait produit en zones montagneuses échappe aux systèmes de contrôle, aussi bien sur le plan quantitatif que qualitatif. En effet le système de paiement du lait est basé sur la quantité, la rémunération des composants est absente. La multitude de primes allouées par l'état, à la production, à la collecte et à la transformation rendent ce créneau attractif.

Le lait cru fait l'objet de toutes les convoitises, il est produit dans des conditions très diversifiées. Beaucoup de facteurs influencent sa composition physicochimique et microbiologique. Des facteurs tels que le mois de l'année, la race, le mode de production et l'emplacement géographique de l'élevage laitier.

Parmi les composants physicochimiques, les taux de matières utiles (MG et MP) ont fait l'objet de nombreuses études. Pour les composants microbiologiques on recherche la quantité de bactéries mésophiles, la quantité de coliformes, de Staphylocoques et la quantité de levures et moisissures. Dans le cas des laits crus produits en zones de montagne, fief du bovin laitier local, très peu d'études ont été réalisées. Le mode de production traditionnel dans ces zones, pourrait influencer, la composition et la qualité du lait et son aptitude à la transformation fromagère.

I. Matériels et méthodes :

1.1. Délimitation et des zones d'étude

Les zones de montagne s'étalant sur plus de 100 km ont été retenues (**Figure 5 et Tableau 7**) elles restent prédisposées pour l'élevage du bovin local. Une forte concentration de petits éleveurs (3 à 6vaches en moyennes) continue d'exploiter ces zones difficiles en système sylvo-pastorale. Ces élevages familiaux subsistent et sont périodiquement confrontés à un surplus de lait dont la valorisation reste marginale et génère peu de revenu. Dans ces zones le réseau de collecte reste facultatif, son activité apparait durant la période d'abondance du lait, qui coïncide avec le printemps. La commercialisation de l'excès de lait de ces élevages dépend du bon vouloir des collecteurs ambulants et prend souvent un caractère informel. Les fréquences de passage sont variables et dépendent des quantités de lait produites dans chaque élevage. La collecte se limite souvent à un passage après la traite du matin.

Dans ces conditions difficiles de production et de collecte du lait cru, une bonne partie échappe au circuit de collecte d'une part, d'autre part la qualité hygiénique et nutritionnelle des quantités de lait acheminées vers les circuits commerciaux peuvent être altérés.

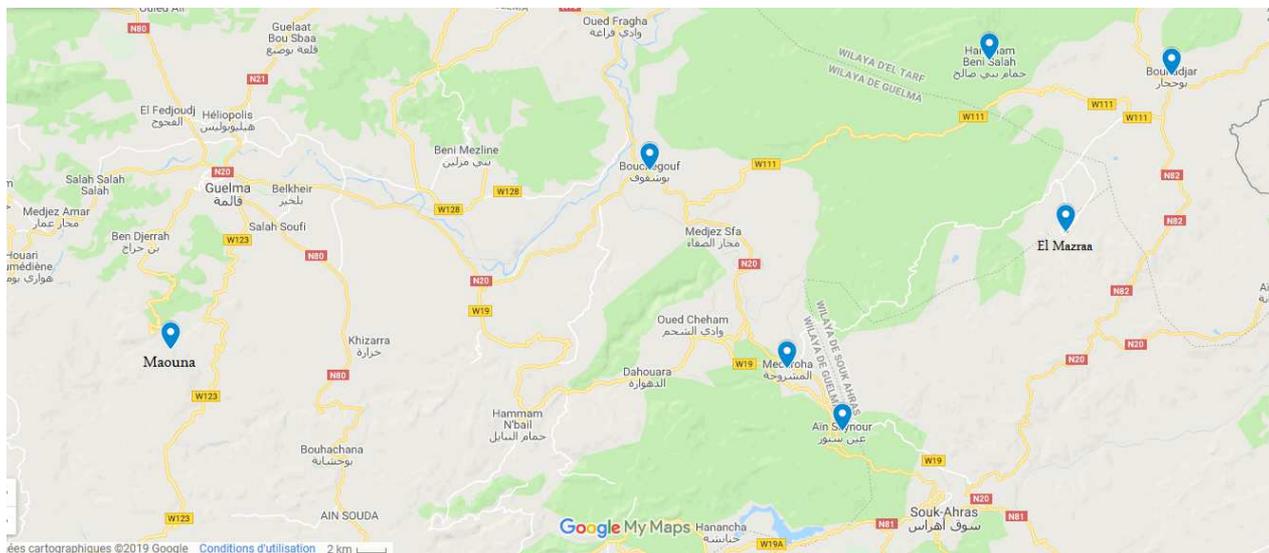


Figure 5. Répartition géographique des zones d'élevage retenues

Tableau 7. Coordonnées GPS des zones d'élevages

Zones	Coordonnées
Bouhadjar	36°26'30.9"N 8°06'22.7"E
Hammam Beni Salah	36°27'34.2"N 7°57'36.5"E
Ain Seynour	36°18'43.5"N 7°52'24.9"E
Mechrouha	36°14'14.2"N 7°52'25.2"E
Mezraa	36°21'52.3"N 8°04'09.0"E
Maouna	36°22'45.1"N 7°22'49.3"E
Ben Smih	36°22'35.3"N 7°31'39.4"E
Bouchegouf	36°26'58.0"N 7°43'57.6"E

1.2. Caractéristiques climatiques des zones d'études

La température moyenne annuelle à El Tarf est de 18.3°C. La moyenne des précipitations annuelles atteints 694 mm. Souk Ahras le climat y est chaud et tempéré. L'hiver à Souk Ahras se caractérise par des précipitations bien plus importantes qu'en été. Souk Ahras affiche 14.5°C de température en moyenne sur toute l'année. Sur l'année, la précipitation moyenne est de 735 mm.

Le territoire de la Wilaya se caractérise par un climat sub-humide au centre et au Nord et semi-aride vers le Sud. Ce climat est doux et pluvieux en hiver et chaud en été. Cette pluviométrie varie de 400 à 500 mm/an au Sud jusqu'à près de 1000 mm/an au Nord. Près de 57% de cette pluviométrie est enregistrée pendant la saison humide (Octobre à Mai).

1.3. Choix des élevages

Les élevages retenus sont effectués en systèmes extensifs en mode traditionnel, ou l'alimentation est basée sur le pâturage durant la période de collecte (du 15 Février- au 15 Mai). Cette période a été retenue, car elle caractérise la période de pleine

lactation, vu que les mises bas ont eu lieu en majorité en janvier-Février. Les animaux élevés sont des écotypes locaux, la traite est manuelle, et tous les éleveurs ont donné leurs laits à titre gracieux, vu les quantités demandées, les prélèvements ont été effectués après la traite du matin, ils sont acheminés vers le Labo, en conditions d'hygiène et de froid, dans un intervalle de temps variant entre 2h et 3h au maximum.

1.4. Prélèvements

L'échantillonnage est un point clef pour obtenir des résultats analytiques valides. Evidemment, sa bonne mise en œuvre nous permettra d'obtenir une bonne représentativité de l'échantillon prélevé. Les prélèvements sont effectués dans flacons stériles sur le lait de mélange issus d'une traite manuelle. Ils ont été acheminés au laboratoire à une température variant entre 4 et 8°C, dans une glacière, le temps maximal entre les prélèvements et les analyses ont été réalisés dans des délais ne dépassant pas 3 heures.

Avant et pendant les manipulations au Laboratoire, les règles suivantes ont été respectées pour éviter, l'hétérogénéité de l'échantillon lors des analyses physicochimique et le transfert de germes d'un récipient à un autre.

Pour les analyses physicochimiques : homogénéiser par une légère agitation dans le but d'obtenir une composition uniforme.

Pour les analyses microbiologiques :

- Se laver les mains avant et après manipulation ;
- Nettoyer et aseptiser les paillasse avant et après manipulation ;
- Travailler le plus près possible du bec bunsen avec ustensiles stériles ;
- Travailler de façon absolument aseptique ;
- Toutes les boîtes de pétri, bouillonsensemencés, ainsi que les ustensiles souillés (Pipettes, tube...) devront être décontaminés en autoclave.

1.5. Analyses physicochimiques

L'appareil utilisé est un Analyseur de lait (Lactoscan SP) qui permet de mesurer rapidement divers paramètres de la qualité du lait. La mesure s'effectue en 50 secondes environ, le **tableau 8** indique les paramètres avec une précision très acceptable :

Tableau 8. Précision des paramètres mesurés avec l'automate « Lactoscan SP »

Paramètres	Plage	ETM
Matières grasses	0.01 à 25%	±0.1%
Solides non gras (SNG)	3 à 15%	±0.15%

Densité	1015 à 1040 kg/m ³	±0.3kg/m ³
Protéines	2% à 7%	±0.15%
Lactose	0.01% à 6%	±0.2%
Addition d'eau	0% à 70%	±3 %
Température de l'échantillon	1°C à 40 °C	±1%
Point de congélation	-0.4°C à 0.7°C	±0.001%
Sels	0.4% à 1.5%	±0.05%
pH	0 à 14	±0.05
Conductivité	3 à 14 mS/cm	±0.05

1.6. Analyses microbiologiques

Notre analyse microbiologique s'est limitée au dénombrement de germes couramment recherchés dans le lait cru de mélange qui sont :

- La flore mésophile aérobie totale (FMAT)
- Les coliformes totaux (CT)
- Les coliformes fécaux (CF)
- Les staphylocoques
- Les levures et moisissures
- Les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)

1.6.1. Préparation des dilutions

Les dilutions sont réalisées au 1/10 en série à partir d'une suspension mère homogène. Le transvasement est effectué à l'aide d'une pipette, en prélevant 1 mL de la suspension mère dans un tube contenant 9 mL de diluant stérile à la température appropriée en évitant d'introduire la pipette dans la suspension mère de plus de 1 cm. Eviter tout contact entre la pipette contenant l'inoculum et le diluant stérile. On mélange soigneusement la prise d'essai et le diluant, en utilisant un agitateur mécanique durant 5 s à 10 s. Pour les dilutions suivantes on répète l'opération en utilisant une pipette stérile pour chaque nouvelle dilution.

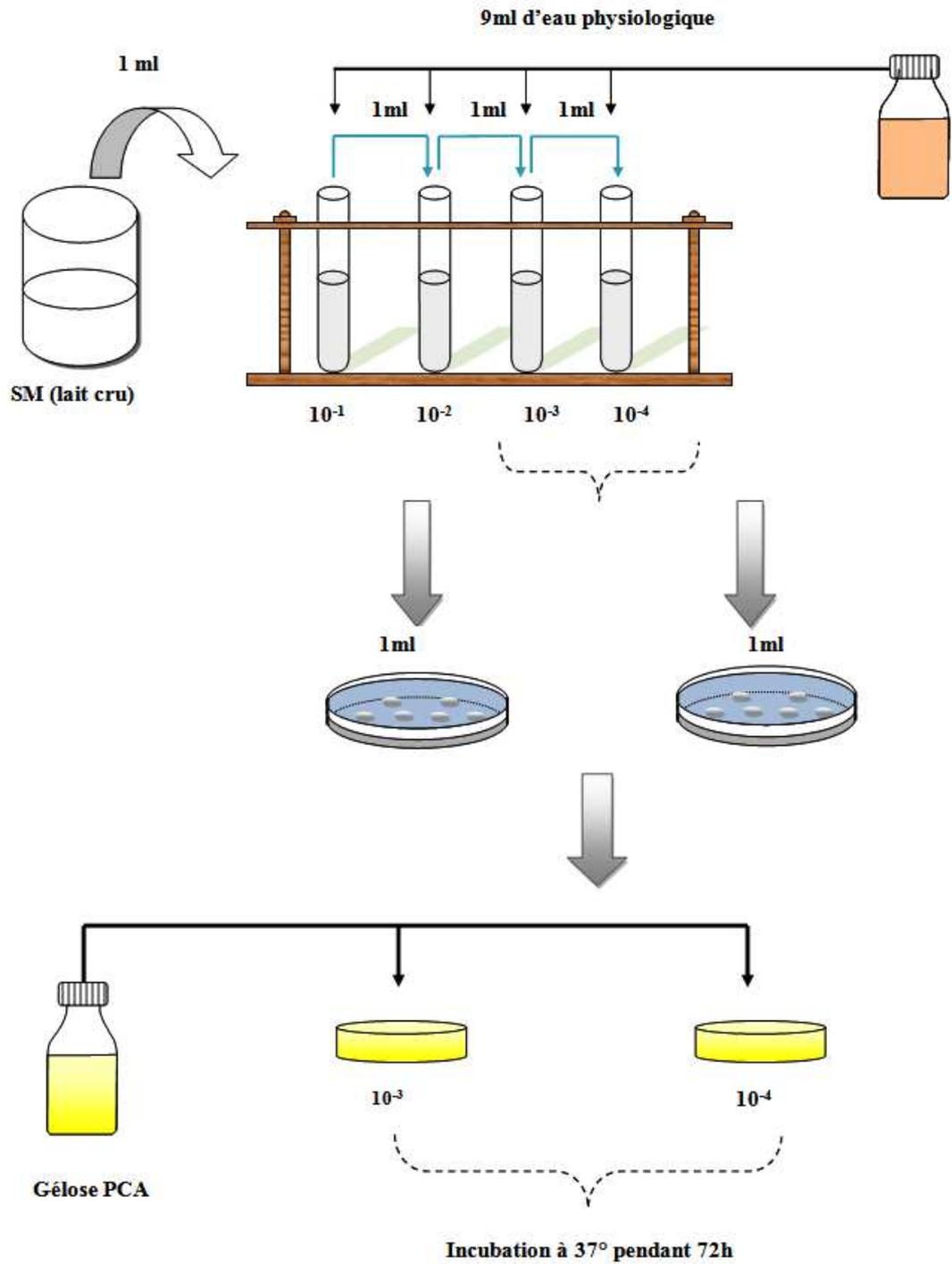
1.6.2. Réalisation de l'ensemencement

Un ensemencement en masse a été réalisé, un volume de 1 ml d'inoculum est dispersé dans le fond d'une boîte de Pétri, et le milieu de culture est ensuite coulé par-dessus. Les microorganismes se développent dans la masse du milieu gélosé, on obtient donc des Unités Formant Colonies (UFC).

La technique d'ensemencement en masse s'est effectuée comme suit après identification des boîtes de Pétri vides (exemple : 10^{-3} ; 10^{-4}). À l'aide d'une pipette stérile de 1 ml, on transfère aseptiquement, 1 ml de la dilution 10^{-4} sous forme de gouttes dans le fond d'une boîte de Pétri vide. Avec cette même pipette, on procède identiquement pour la dilution 10^{-3} . Dans la zone d'asepsie on coule 12 à 16 ml de

milieu gélosé maintenu à 47°C dans chaque boîte de Pétri selon la flore recherchée; cette addition doit avoir lieu dans les 15 minutes après le dépôt des gouttes.

Le mélange est homogénéisé par des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de (8) pour permettre à l'échantillon de se mélanger à la gélose, on laisse le milieu prendre en masse : les boîtes sont sur une surface plane, non chaude, dans la zone de stérilité, le couvercle légèrement déplacé (ne pas excéder 10 mm). Une fois le milieu



Dénombrement de La Flore Mésophile Aérobie Totale

Figure 6. Technique de démembrement de la FMAT

solidifié, on retourne les boîtes et on les incube dans l'étuve à la température convenable pendant le temps indiqué.

Remarque : Pour la flore mésophile aérobie totale (FMAT), les Coliformes Totaux, Coliformes Fécaux, Une fois le milieu solidifié on rajoutera une deuxième couche d'environ 4ml.

1.6.3. Le dénombrement des colonies

Pour que le calcul soit valable, il est nécessaire de compter sur au moins une boîte contenant au moins 15 colonies à 300 colonies. On utilise l'équation suivante.

$$N = \frac{\Sigma C}{(n_1 + 0.1n_2) d}$$

ΣC : est la somme des colonies dénombrées sur les boites.

d: est la dilution à partir de laquelle les premiers dénombrements ont pu être obtenus.

n_1 : est le nombre de boites dénombrées pour la première dilution

n_2 : est le nombre de boites dénombrées pour la deuxième dilution

Soit pour une boîte/dilution :

$$N = \frac{\Sigma C}{1.1.d}$$

Ou :

ΣC est la somme des colonies dénombrées sur les deux boites retenues ;

D est le taux de dilution correspondant à la première dilution.

Les résultats calculés sont arrondis à deux chiffres significatifs.

a. Dénombrement de la flore mésophile aérobie totale (FMAT)

Milieu de culture utilisé

La gélose glucosée à l'extrait de levure, appelée "Plate Count Agar" ou PCA, est utilisée en bactériologie alimentaire pour le dénombrement des bactéries aérobies mésophiles dans le lait (**Figure 6**).

Incubation

Les boîtes sont retournées puis incubées à 37°C pendant 24 à 72 h

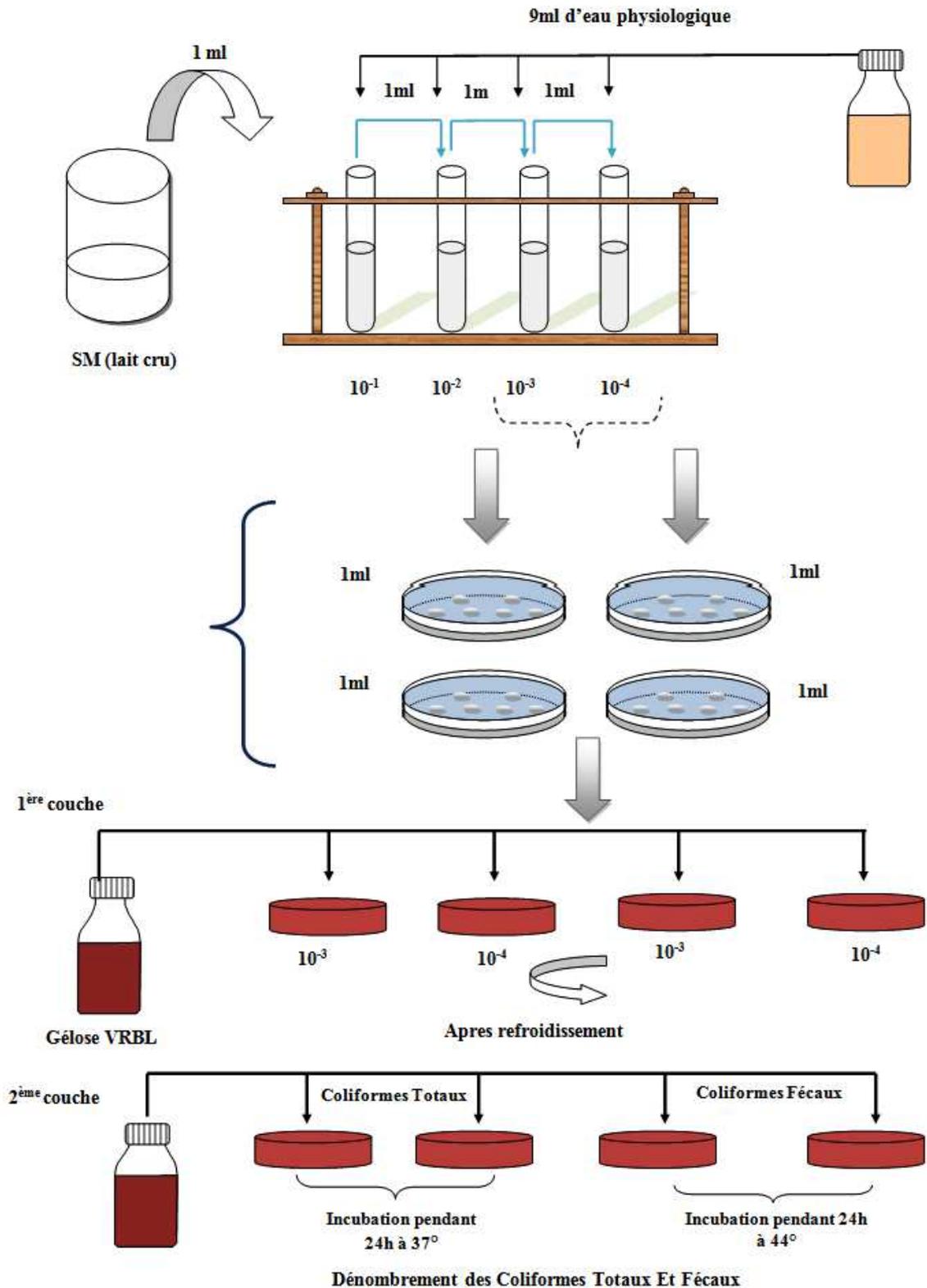


Figure 7. Technique de dénombrement des CT et CF

🚦 Lecture des résultats

La flore totale apparaît sous forme de colonies blanchâtres de tailles et de formes différentes.

b. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Milieu de culture utilisé

La gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre (VRBL) est un milieu sélectif utilisé pour la recherche et dénombrement des coliformes dans le lait (**Figure 7**).

Incubation

L'incubation a lieu pendant 24h à 37°C pour les coliformes « totaux » et à 44°C pour les coliformes fécaux (thermotolérants) ; boîtes retournées

Lecture des résultats

Les coliformes présentent des colonies violacées de diamètre égal ou supérieur à 0,5 mm après 24 heures d'incubation. Les entérobactéries lactose-négatif sont incolores.

c. Recherche et dénombrement de *Staphylocoques*

Milieu de culture utilisé

La gélose de Chapman au mannitol permet l'isolement sélectif, la recherche et le dénombrement des staphylocoques pathogènes dans le lait (**Figure 8**).

Incubation

- Les boîtes sont incubées à 37°C durant 24h

Lecture des résultats

Les staphylocoques pathogènes forment des colonies luxuriantes, pigmentées, entourées d'une auréole jaune due à la fermentation du mannitol

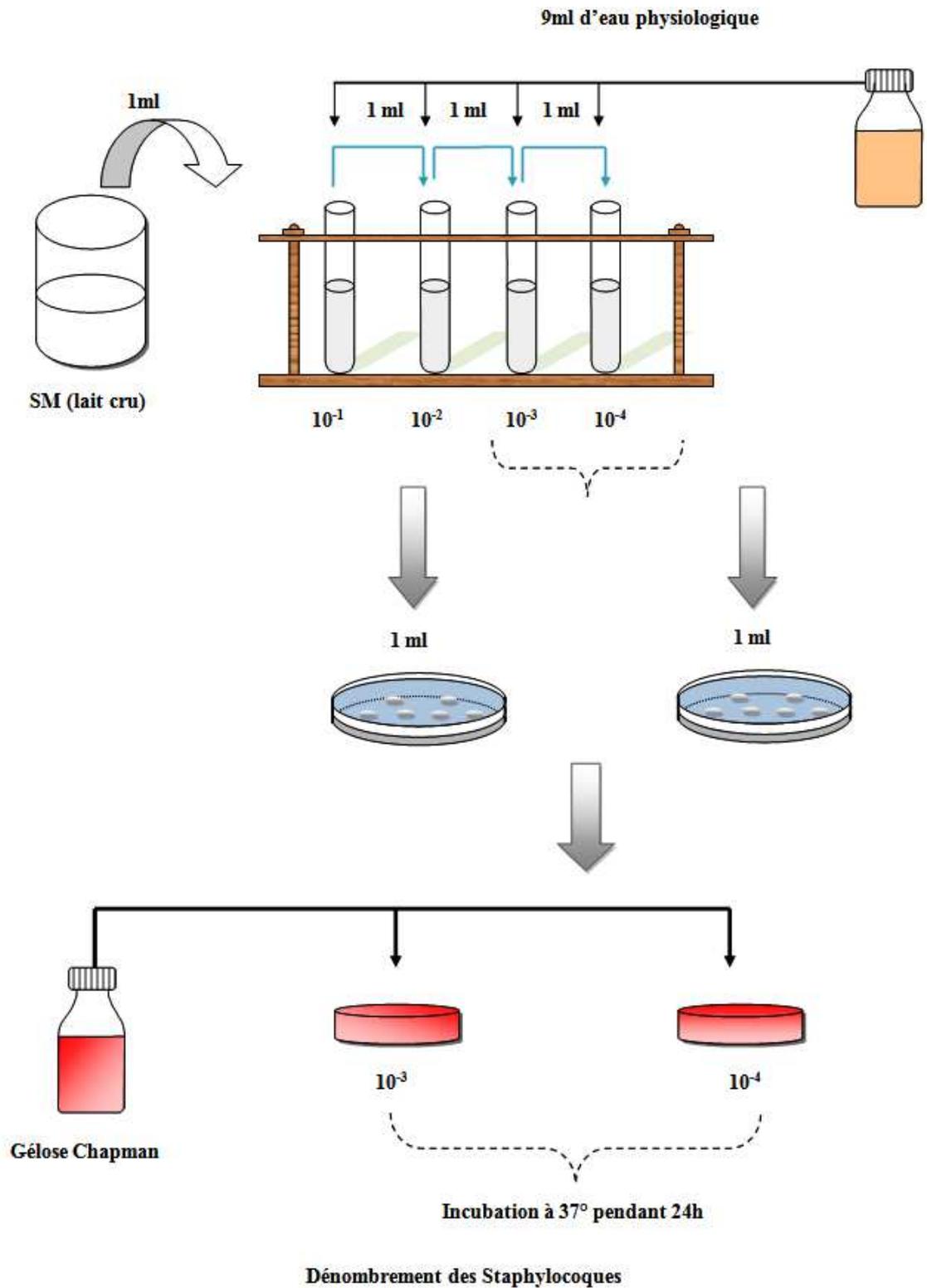


Figure 8. Technique de dénombrement des Staphylocoques

d. Recherche des levures et moisissures

✚ Milieu de culture utilisé

La gélose sabouroud constitue un milieu classique pour la culture, isolement et identification des levures et moisissures. Dans les cas de prélèvements fortement contaminés, il est préférable d'utiliser la gélose de sabouroud au chloramphénicol (**Figure 9**).

Expression des résultats

Les boîtes sont incubées pendant 5 jours entre 20-25°C, elles sont examinées au bout de 3 j et le nombre de colonies est noté, cette double numérotation est indispensable lorsque les moisissures se développent rapidement car elles risquent d'envahir le milieu.

e. Recherche et dénombrement des Anaérobies Sulfito-Réducteurs (ASR)

Milieu utilisé

La gélose glucosée viande-foie est utilisée pour le dénombrement des spores de Clostridia sulfito-réducteurs dans les produits laitiers (selon le cadre normatif NF T 90-415).

Principe

A partir de la suspension mère, on prend 25 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80°C pendant 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des ASR. Après chauffage, on refroidit immédiatement le tube en question, sous l'eau de robinet. On répartit ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube. On ajoute environ 18 à 20 ml de gélose Viande foie, fondue puis refroidie à 45°C additionnée d'alun de fer (4 gouttes) et de sulfite de sodium (0.5ml) puis on mélange doucement le milieu et l'inoculum en évitant les bulles d'air et en évitant l'introduction d'oxygène (**Figure 10**).

Incubation

On laisse solidifier sur une paille pendant 30 minutes environ, puis on incube à 37°C, pendant 24 à 48 heures. La première lecture doit absolument être faite à 16 heures car très

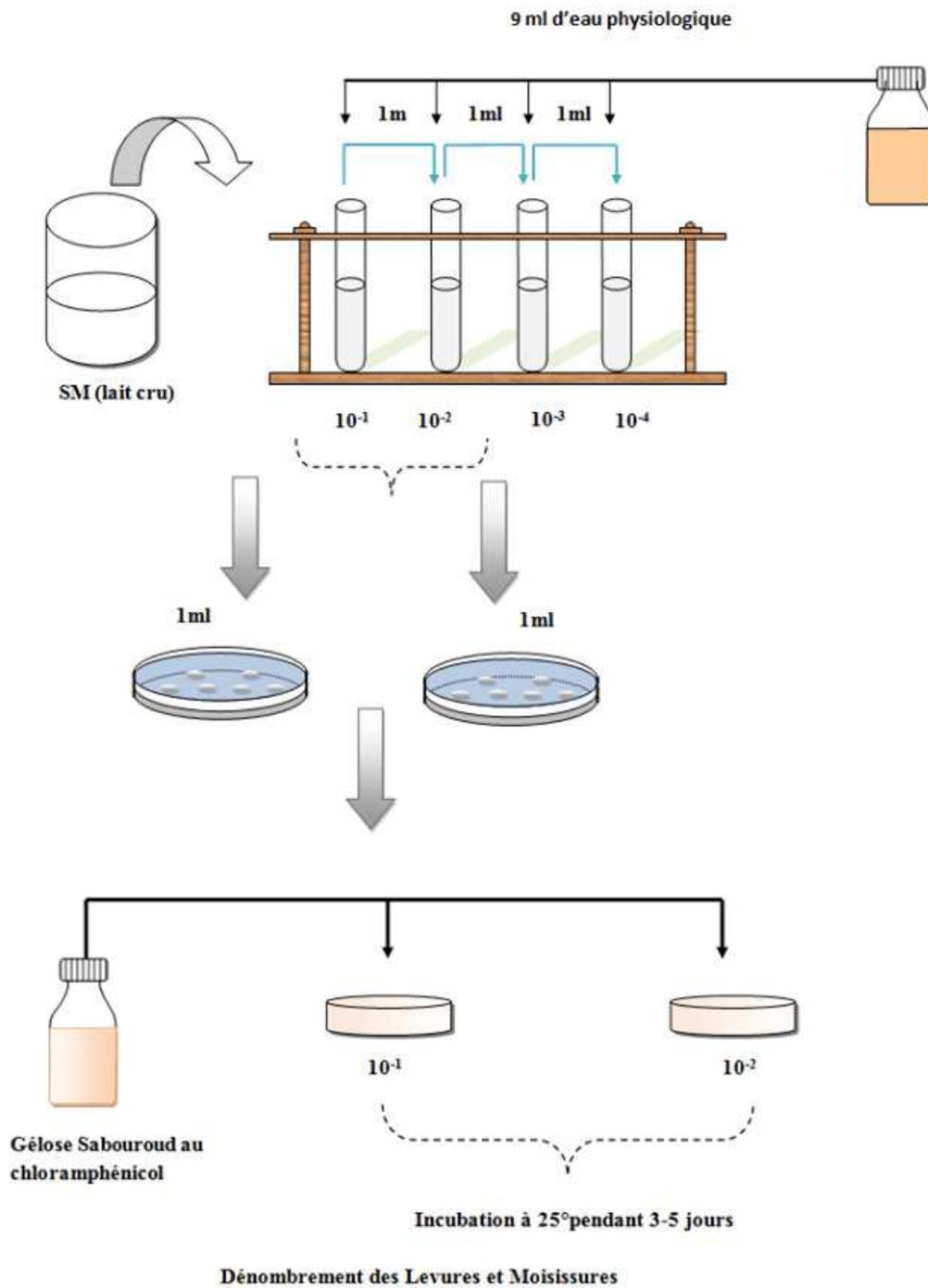


Figure 9. Technique de dénombrement des Levures et Moisissures

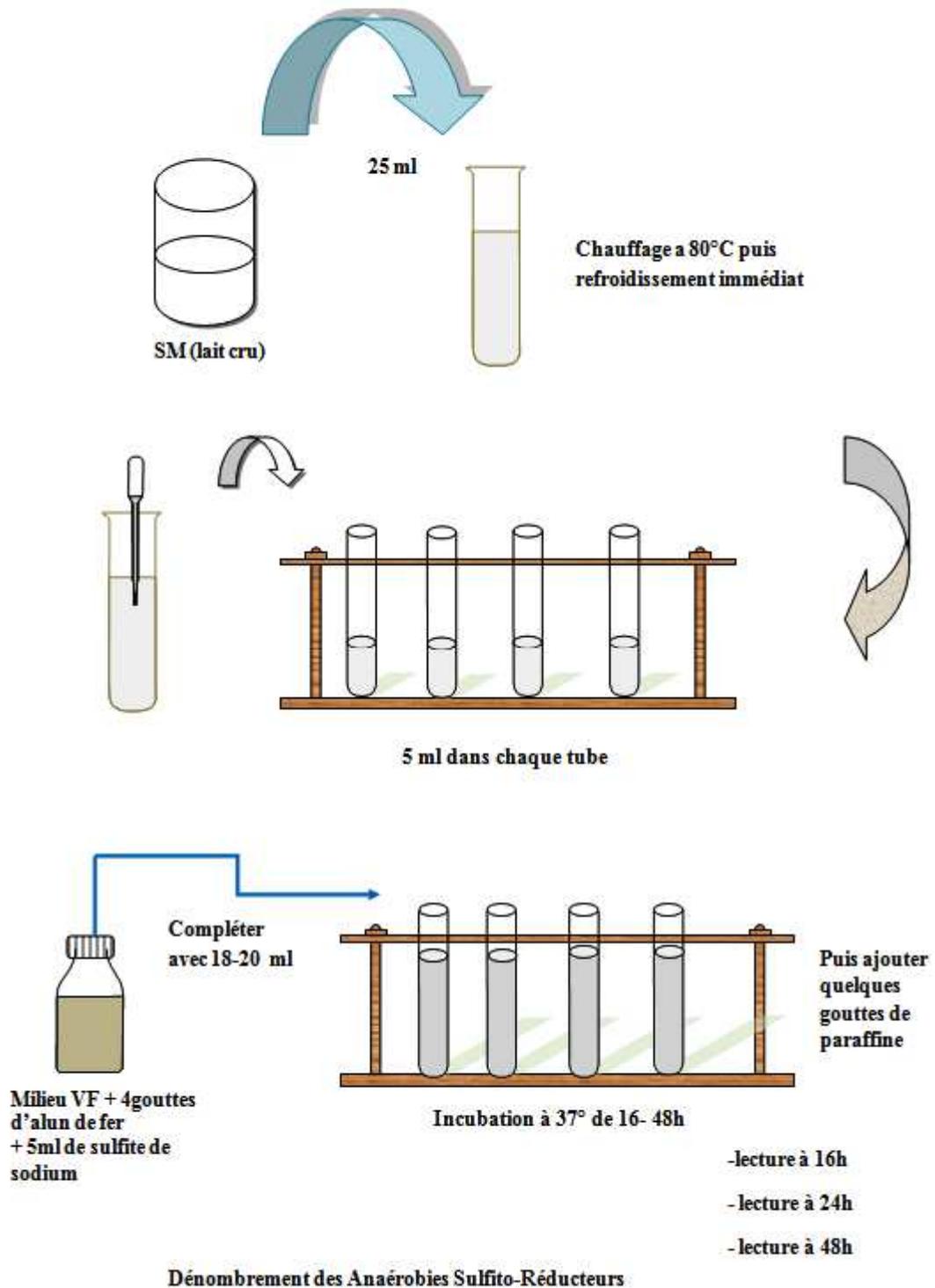


Figure 10. Technique de démembrement des ASR

souvent les colonies des ASR sont envahissantes auquel cas on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile, la deuxième lecture se fera à 24 heures et la troisième à 48 heures.

Expression des résultats

On dénombre toute les colonies noires de 0.5mm de diamètre, poussant en masse *Clostridium perfringens* produit des colonies de grande taille noire de 3 à 5 mm de diamètre.

1.7. Aptitude fromagère du lait cru

1.7.1. Méthode

Le lait cru produit en zones de montagne est partiellement transformé avec des procédés traditionnels pour prolonger sa durée de conservation. En complément de sa caractérisation physicochimique et microbiologique, il nous a paru intéressant de déterminer l'aptitude du lait nonensemencé avec du lactosérum à s'acidifier naturellement. Cette mesure permet d'apprécier indirectement sa richesse originelle en flore lactique (flore acidifiante).

Le pH est mesuré à l'aide du lactoscan, décrit précédemment. Pour le dosage de l'acidité Dornic, on introduit 10 ml de l'échantillon dans un bécher de 100 ml, on rajoute 4 gouttes de solution de phénolphtaléine. Le titrage est effectué par la solution d'hydroxyde de sodium à 0.1 N jusqu'au début du virage au Rose. On considère que le virage est atteint lorsque la coloration rose persiste pendant une dizaine de secondes.

1.7.2. Aptitude fermentaire naturelle du lait cru

Pour cette partie nous avons retenu seulement 3 zones d'élevage, à savoir (Beni salah, Ain Seynour et Maouna), l'opération de prélèvement a été effectuée après la traite du matin dans des flacons stérilisés et acheminés au laboratoire.

Pour chaque lait, on prélève 50 ml dans un flacon stérile préalablement identifié. On mesure le pH et l'acidité Dornic et on note l'heure. Les flacons sont entreposés à température ambiante (22°C), le lendemain matin à la même heure on refait les mêmes mesures.

1.7.3. Pouvoir acidifiant du lactosérum

Du lactosérum, préalablement récolter sur un caillé de bonne qualité (une acidité Dornic >45°D, **Laithier et al, 2004**) est utilisé pour mesurer son pouvoir acidifiant en comparaison avec l'acidité du lait nonensemencé avec du lactosérum. Pour chaque prélèvement on procède comme suit :

Flacon n°1: on met 50 ml de lait seul

Flacon n°2: on met 50 ml de lait, puis on ensemence avec 2,5 % de lactosérum (soit l'équivalent de 1,25 ml avec seringue)

Les flacons sont placés dans le bain-marie à 30°C, on note l'acidité Dornic °D0 du lait de départ et du laitensemencé. Quatre heures après la mise au bain marie, on mesure l'acidité Dornic °D1 pour le lait seul (LS) et °D2 pour le laitensemencé (LE). On calcule le pouvoir acidifiant du lactosérum par rapport à l'aptitude d'acidification du lait seul.

$$^{\circ}\text{D LS} = ^{\circ}\text{D1} - ^{\circ}\text{D0}$$

$$^{\circ}\text{D LE} = ^{\circ}\text{D2} - ^{\circ}\text{D0}$$

Calculer le pouvoir acidifiant (P.A) du lactosérum

$$\text{PA} = ^{\circ}\text{DLE} - ^{\circ}\text{DLS}$$

Tableau 9. Grille d'analyse

Pouvoir acidifiant	Qualité du lactosérum
> 21,5°D	Très bon
entre 16,5°D et 21,5°D	Bon
entre 12°D et 16°D	Moyen
entre 7°D et 12°D	Faible
< 7°D	Très faible

1.8. Traitement statistiques

Les résultats physicochimiques et microbiologiques ont été soumis à une analyse de variance et comparées avec le logiciel XLS.

*Résultats et
discussions*

II. Résultats et discussion

2.1. Résultats des paramètres physicochimiques

2.1.1. Résultats moyens des paramètres nutritionnels

Pour l'ensemble des données des 52 élevages, les résultats moyens des données quantitatives des paramètres nutritionnels (**Tableau 10**) montrent des valeurs moyennes assez proches des normes standards du lait cru de vache. Cependant, bien qu'ils soient normaux, les moyennes des TB et TP présentent de grandes variations (TB : Min 1,42 vs Max 5,40% et TP : Min 1,2 vs Max 5,05%) avec des CV de 31% et 20%, respectivement.

Tableau 10. Résultats statistiques moyens des composants nutritionnels en % de la matière sèche (MS) dans les laits crus de mélange de la race locale (n= élevages)

Variable	n	Min	Max	Moy	ETM	CV
MS	52	8,88	15,66	12,10	0,12	1
ESD	52	7,46	10,26	8,97	0,54	6,0
TB	52	1,42	5,40	3,3	1,02	31,0
TP	52	1,20	5,05	3,2	0,66	20,0
Lactose	52	4,01	5,86	4,9	0,36	7,3
MM	52	0,63	0,82	0,73	0,04	5,4

La comparaison des moyennes entre zones d'élevage (**Tableau 11**) révèle des différences significatives pour les principaux paramètres nutritionnels (MS, ESD, TB, TP, Lactose) avec des différences significatives et des similitudes entre zones géographiques qui s'étalent sur plus de 100 km sur la zone montagneuse du Nord-Est (voir carte GPS).

Tableau 11. Comparaison des résultats moyens des compositions nutritionnels en % de la matière sèche (MS) dans les laits crus de mélange par zones d'élevage (n=élevages)

Zones	n	MS	ET M	ESD	ET M	TB	ET M	TP	ET M	Lact	ET M	MM	ET M
Beni Salah	6	11,43c	0,17	9,24a	0,21	2,19c	0,30	3,74a	0,22	4,91a b	0,12	0,74a	0,01
Bouhadjar	6	11,62bc	0,17	8,93a	0,21	2,69bc	0,30	3,26a	0,22	4,89a b	0,12	0,74a	0,01
Mezraa	6	13,12ab	0,16	9,20a	0,18	3,92ab	0,30	3,48a	0,20	4,80b	0,10	0,73a	0,01
Mechrouha	7	12,50ab c	0,17	9,08a	0,21	2,99ab c	0,28	3,22a	0,22	4,79b	0,11	0,73a	0,01
Ain Seymour	7	11,01c	0,17	8,58a	0,19	2,44c	0,30	3,33a	0,22	4,49b	0,11	0,69a	0,01
Bouhegouf	6	12,92a	0,17	8,73a	0,21	4,19a	0,30	2,20b	0,20	5,39a	0,12	0,74a	0,01
Maouna	6	13,33ab	0,15	9,29a	0,19	4,04ab	0,26	2,81a b	0,19	4,97a b	0,12	0,75a	0,01
Bensmih	8	12,70ab	0,17	8,81a	0,21	3,89ab	0,28	3,28a	0,22	4,79b	0,12	0,71a	0,01
Pr> F		0,000		0,153n s		0,000		0,001		0,001		0,04 7	

Les résultats de la même colonne suivi de lettres distinctes (a, b, c...) sont différents au seuil de p>0,05

La MS a variée de 11,01 à 13,33% avec une moyenne de 12,1% ; L'ESD de 8,58 à 9,29% et une moyenne de 8,97% ; Le TB de 2,19 a 4,19% et une moyenne de 3,3/% ;

Le TP de 2,20 à 3,74% et une moyenne de 3,2% ; le Lactose de 4,79 à 5,39% et une moyenne de 4,9%.

En regroupant les zones par région, la comparaison des moyennes (**Tableau 12**) révèle des différences significatives pour les principaux paramètres nutritionnels (TB, TP, Lactose). Le TB du lait cru de la région de Guelma est plus élevé ($P>0,000$) que ceux de Souk-Ahras et El-Tarf (4,02% vs 3,08% et 2,44% et, respectivement). Par contre le TP est plus élevé ($p>0,004$) dans les régions d'El-Tarf et Souk-Ahras par rapport à celui de Guelma (3,50% et 3,34% vs 2,81%).

Le taux moyen de Lactose de la région de Guelma est différent ($P>0,01$) celui de Souk-Ahras (5,02% vs 4,70%).

Tableau 12. Résultats moyens des composants nutritionnels en % de la matière sèche (MS) dans les laits crus de mélange de la race locale par région (n=élevages)

Régions	n	MS	ET M	ESD	ET M	TB	ET M	TP	ET M	Lact.	ET M	MM	ETM
El-Tarf	12	11,52 b	0,10	9,09a	0,12	2,44 b	0,18	3,50 b	0,13	4,90a b	0,09	0,743a	0,00 8
S/ahras)	20	12,22 b	0,12	8,94a	0,12	3,08 b	0,23	3,34 b	0,13	4,70b	0,07	0,720a	0,00 8
Guelma	20	12,98 a	0,11	8,93a	0,16	4,02 a	0,18	2,81 a	0,17	5,02a	0,07	0,734a	0,01 1
	Pr> F	0,000		0,704n s		0,00 0		0,00 4		0,010		0,192n s	

Les résultats de la même colonne suivi de lettres distinctes (a, b, c...) sont différents au seuil de $p>0,05$

2.1.2. Résultats moyens des constantes physicochimiques

Pour l'ensemble des données des 52 élevages, les résultats moyens des constantes physicochimiques (**Tableau 13**) montrent des valeurs moyennes assez proches des normes standards du lait cru de vache.

Tableau 13. Résultats statistiques moyens des constantes physicochimiques dans les laits crus de mélange de la race locale (n=élevages)

Variable	n	Min	Max	Moy	ETM	CV
Densité	52	1,019	1,044	1,031	0,011	1,0
PC	52	0,455	0,696	0,561	0,048	8,5
Ph	52	6,200	7,710	6,858	0,328	4,8
CE	52	0,488	8,030	4,962	0,840	16,9

La comparaison des moyennes entre zones d'élevage (**Tableau 14**) révèle des différences significatives et des similitudes entre zones géographiques pour les constantes physicochimiques (PC et pH). Le PC a varié de -0,525 à -0,632 avec une moyenne de -0,561 et le pH de 6,4 à 7,2 avec une moyenne de 6,8. Les résultats moyens

n'ont pas été significatifs pour la Densité : 1,029 à 1,033g/ml et une moyenne de 1,031g/ml et pour la CE : 4,57 à 5,42 mS/cm et une moyenne de 4,9 mS/cm.

Tableau 14. Comparaison des résultats moyens des constantes physicochimiques dans les laits crus de mélange de la race locale par zones d'élevage (n=élevages)

Zones	n	PC	ETM	Densité	ETM	pH	ETM	CE	ETM
Beni Salah	6	0,550a	0,015	1,033a	0,04	6,9abc	0,014	5,15a	0,30
Bouhadjar	6	0,525a	0,015	1,031a	0,04	6,8abc	0,014	4,94a	0,35
Mezraa	6	0,550ab	0,015	1,032a	0,03	6,8abc	0,014	4,88a	0,32
Mechrouha	7	0,527a	0,014	1,031a	0,04	6,4c	0,012	5,13a	0,34
Ain Seynour	7	0,562a	0,015	1,030a	0,03	6,7bc	0,013	4,76a	0,35
Bouchegouf	6	0,632b	0,015	1,027a	0,04	7,0ab	0,014	4,57a	0,32
Maouna	6	0,593ab	0,013	1,032a	0,04	6,7bc	0,014	4,68a	0,34
Bensmih	8	0,556a	0,014	1,029a	0,03	7,2a	0,013	5,42a	0,35
Pr > F		0,02		0,59ns		0,00		0,63ns	

Les résultats de la même colonne suivi de lettres distinctes (a, b, c...) sont différents au seuil de p>0,05

En regroupant les zones par région, la comparaison des moyennes entre zones (**Tableau 15**) montrent des valeurs significatives pour le PC et le pH. Le PC a varié significativement ($p>0,001$) entre la moyenne de Guelma et celles d'El-Tarf et Souk-Ahras (0,570 vs 0,537 et 0,547°C, respectivement). Le pH de la région de Guelma est significativement plus élevé ($p>0,001$) que celui de la région de Souk-Ahras (7,0 vs 6,7, respectivement).

Tableaux 15. Résultats moyens des constantes physicochimiques dans les laits crus de mélange par région

Régions	n	PC	ETM	Densité	ETM	pH	ETM	CE	ETM
El-Tarf	12	0,537b	0,009	1,032a	0,019	6,9ab	0,08	5,05a	0,19
Souk-Ahras	20	0,547b	0,012	1,031a	0,019	6,7b	0,06	4,92 a	0,19
Guelma	20	0,570a	0,009	1,030a	0,021	7,0a	0,06	4,95a	0,25
Pr > F		0,001		0,807ns		0,001		0,918ns	

Les résultats de la même colonne suivi de lettres distinctes (a, b, c...) sont différents au seuil de 0,05%

2.1.3. Discussion

2.1.3.1. Paramètres nutritionnels

✚ Matière sèche (MS) et extrait sec dégraissé (ESD)

Dans notre étude la composition du lait cru de mélange pour les 52 élevages a varié entre 88,8 et 156,6g/L avec une moyenne de 121g/L pour la MS et entre 74,6 et 102,6g/L et une moyenne de 89,7g/L pour l'ESD ((**Figure 11**)).

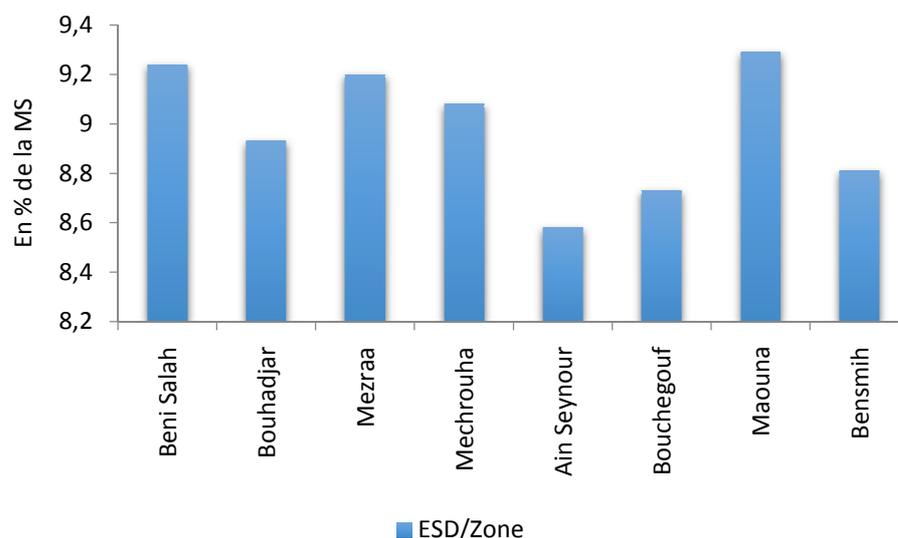


Figure 11. Variation de l'ESD par zone d'élevage

Nos résultats sont proches des normes de MS : 130g/L et ESD : 90g/L dans le lait cru de mélange (**Fredot, 2006**). Ils sont en accord avec ceux obtenus dans d'autres pays (**Tableau 16**).

Tableau 16. Synthèse d'auteurs pour la MS et l'ESD

Pays	Auteurs	MS g/L	ESD g/L
Maroc	Taybi et al, 2014	122,9	-
	Labioui et al, 2009	117,5	-
Tunisie	Sboui et al, 2009	104,8	-
	Kamoun, 2011	-	84,8
Turquie	Tasci, 2011	-	84,2
Togo	Seme et al, 2015	133	-
France	Fredot, 2006	130	90g
Sénégal	Kalandi et al, 2015	134,2	-

Au Maroc par **Taybi et al, (2014)** entre 114,2 et 126,8g/L et une valeur moyenne de 122,9g/L et par **Labioui et al, (2009)** entre 113,1 et 121,7g/L et une moyenne de 117,5g/L. Ils sont différents de ceux obtenus par **Seme et al, (2015)** au sud du Togo : 133g/L, par **Kalandi et al, (2015)** au Sénégal : 134,2g/L et supérieur à celui de **Sboui et al, (2009)** en Tunisie : 104,8g/L. L'ESD a une composition presque fixe car c'est la MG du lait cru qui est le composant le plus variable (**Fredot, 2006**) Nos résultats sont comparables à ceux de **kamoun : 84,8g/L (2011)** et **Tasci : 84,2g/L (2011)**.

✚ **Matières grasses (MG)**

Les moyennes de MG obtenues dans notre étude (**Figure 12**) sont dans l'intervalle de 28,5 à 32,5g/L avancé par l'AFNOR (2001) l'ampleur des variations entre élevages est plus grande.

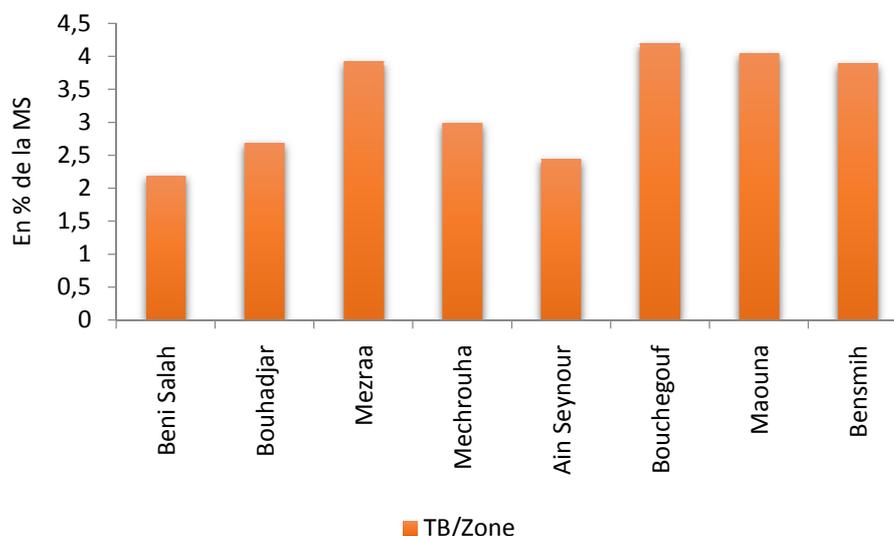


Figure12. Variation du TB par zone d'élevage

En effet, nos résultats ont varié entre 14,2 et 54g/L avec une moyenne de 33g/L, ce qui est en accord avec les résultats de **Jenkins et McGuire (2006)** qui rapportent des changements allant jusqu'à 30g pour ce paramètre. Nos résultats concordent avec ceux obtenus dans d'autres pays (**Tableau 17**) au Maroc par **labioui et al, (2009)** 31,5g/L, en Tunisie : 39,6 g/L par **kamoun (2011)** et 32,5g/L par **Sboui et al, (2009)**, au Sud du Togo : 31,64g/L par **Seme et al, (2015)** et inférieur à celui de **Kalandi et al, (2015)** au Sénégal : 44,97g/L

Tableau 17. Synthèse d'auteurs pour les matières utiles (MG, MP et Lactose)

Pays	Auteurs	MG g/L	MP g/L	Lactose g/L
France	AFNOR, 2001	28,5 à 32,5	-	-
Maroc	Labioui et al, 2009	31.5	-	43,5
Tunisie	Kamoun, 2011	39,6	33,1	44,7
	Sboui et al, 2009	32.5	30.5	40,2
Togo	Seme et al, 2015	31.6	33.4	45,9
Sénégal	Kalandi et al, 2015	44.97	35,1	45,7
France	Jenkins et McGuire, 2006	30	-	-

Différents facteurs peuvent influencer la MG du lait. Il est bien connu que la race a un impact sur la concentration de ce composant. Dans notre étude la grande variabilité des résultats s'explique par le grand brassage génétique, non contrôlé, opéré sur le bovin laitier local.

La fréquence de la traite a également un effet sur les composants du lait. En effet, le lait a une MG moins élevée le matin par rapport au soir lorsque la traite est

effectuée deux fois par jour (**Quist et al, 2008**) La quantité de MG est inversement proportionnelle à la quantité de lait, dans les niveaux sont variable entre 5 et 10 kg/j.

Dans notre étude, les prélèvements ont eu lieu après la traite du matin. La méthode de traite, manuelle dans notre étude, aurait put avoir un effet sur la grande variabilité de ce paramètre entre les élevages. En effet, selon certains auteurs (**Lollivier et al, 2002; Rulquin et al, 2007**) la MG du lait progresse au cours de la traite, le lait au début est 2,5 à 5 fois moins riche en MG que le lait de la fin de la traite.

La variation des résultats de MG peut être expliquée par le fait qu'en zones de montagne, la production laitière est traditionnellement répartie, en fonction des quantités produites (5 à 10 kg/vache/j), entre l'allaitement, la consommation familiale et la commercialisation. Certains éleveurs optent pour l'allaitement artificiel pour commercialiser le lait cru. En plus, dans ce milieu étudié, le veau est parfois utilisé en début et en fin de traite.

✚ **Matières protéiques (MP)**

En général la production de MP varie dans le même sens que la MG, en effet nos résultats (**Figure 13**) confirment cette tendance allant de 12 à 50,5g/L avec une moyenne de 32g/L, ce qui est en accord avec ceux obtenus en Tunisie : 33,1 g/L par **kamoun (2011)** et 30.5g/L par **Sboui et al, (2009)**, de **Kalandi et al, (2015)** 35,1g/L au Sénégal et **Seme et al, (2015)** 33.38g/L au sud du Togo.

La mammite, par exemple, augmente les teneurs en protéines totales et en protéines du lactosérum du lait (**Rode, 2006**). Les productions de MG et de MP du lait peuvent être modifiées par les infections intramammaires, dues principalement à une réduction de la production de lait (**Seegers et al, 2003**)

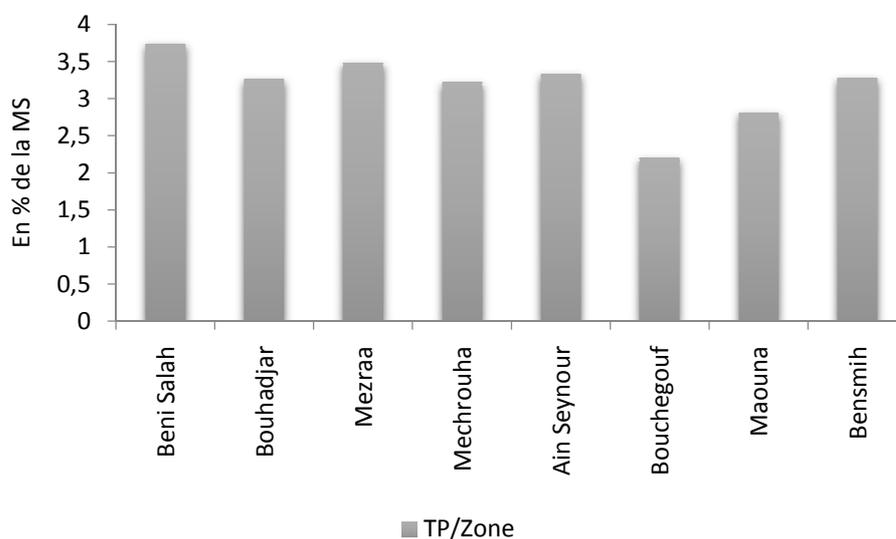


Figure 13. Variation du TP par zone d'élevage

Lactose

La moyenne du Lactose entre élevages a varié entre 40,1 et 50,5 g/L avec une moyenne de 49g/L (**Figure 14**), La teneur en Lactose est généralement très stable entre 48 et 50 g/L dans le lait de vache. Cette teneur présente de faibles variations qui vont dans le sens inverse des variations de MG (**Mathieu 1999**) Il varie beaucoup en fonction des données zootechniques telle que la race (**Luquet, 1985**) Nos résultats sont supérieurs à ceux obtenus au Maroc : 43,5g/L par **Labioui et al, (2009)** en Tunisie : 44,7g/L par **Kamoun, (2011)** 40,2g/L par **Sboui et al, (2009)** au Sénégal : 45,7 g/L par **Kalandi et al, (2015)** et 45,9 g/L par **Seme et al, (2015)** au Sud du Togo.

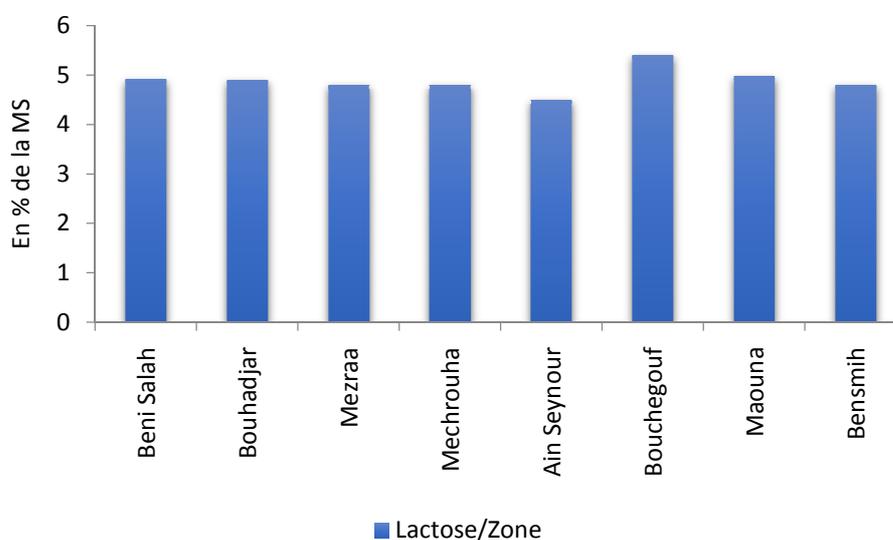


Figure 14. Variation de taux de Lactose par zone d'élevage

La mammite, par exemple, réduit la teneur en caséine et en lactose du lait (**Rode, 2006**) Par exemple, la mammite causée par *Streptococcus uberis* est associée à une augmentation des MP et de la caséine du lait alors que la mammite de *Streptococcus dysgalactiae* n'affecte pas ces composantes (**Le Maréchal et al, 2011**)

Le lactose, principal sucre présent dans le lait, est le substrat de fermentation pour les bactéries lactiques (*Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Leuconostoc* et *Aerococcus*). D'ailleurs le pH a varié dans le même sens. La transformation du lactose en acide lactique permet d'avoir un indicateur du degré de conservation.

2.1.3.2. Constantes physicochimiques

Densité

La densité du lait cru a varié entre 1,027 et 1,033g/ mL avec une moyenne de 1,031g/ mL, ces résultats sont comparables aux moyennes rapportées (**Tableau 18**) en Algérie : 1,029g/ mL par **Aggad et al**, (2010), au Maroc : 1,030g/ mL par **Labioui et al**, (2009) et 10,29 g/ mL par **Taybi et al**, (2014), en Tunisie : 1,028 g/ mL par **Sboui et al**, (2009), au Sénégal 1,029 g/ mL par **Kalandi et al**, (2015), en Turquie : 1,027 g/ mL par **Tasci** (2015) et au Sud du Togo : 1,036 g/ mL par **Seme et al**, (2015)

Tableau 18. Synthèse d'auteurs pour la densité

Pays	Auteurs	Densité g/ mL
Algérie	Aggad et al, 2010	1,029
Maroc	Labioui et al, 2009	1,030
	Taybi et al, 2014	10,29
Tunisie	Sboui et al, 2009	1,028
Turquie	Tasci, 2015	1,027
Sénégal	Kalandi et al, 2015	1,029
Togo	Seme et al, 2015	1,036

La valeur normale de la densité à 20 °C est comprise entre 1,020 et 1,038g/mL pour le lait cru de mélange. En effet, la densité diminue en cas de mouillage du lait, ce qui n'est pas le cas dans cette étude, car les prélèvements ont été effectués chez les éleveurs. Elle varie selon la richesse en matière sèche et elle est inversement proportionnelle au taux de matière grasse, (**Luquet, 1985**). Un échantillon de lait contenant 3% de matière grasse a une densité de 1,0295 g/ mL à 4°C. Si la matière grasse dans le lait augmente à 4,5%, sa densité diminue légèrement 1,0277g/ mL à la même température (**Veisseyre, 1979**).

Le potentiel Hydrogène (pH)

Les valeurs du pH varient entre 6,2 et 7,7 avec une moyenne de 6,86, ce qui est en accord avec les résultats rapportés (**Figure 15, Tableau 19**) en Algérie ; 6,6 par **Aggad et al**, (2010) au Maroc : 6,5 par **Labioui et al**, (2009) et 6,26 par **Taybi et al**, (2014) en Tunisie : 6,26 par **Sboui et al**, (2009) et en Turquie : 6,74 par **Tasci et al**, (2011)

Tableau 19. Synthèse d'auteurs pour le pH

Pays	Auteurs	pH
Algérie	Aggad et al, 2010	6,6
Maroc	Labioui et al, 2009	6,5
	Taybi et al, 2014	6,26
Tunisie	Sboui et al, 2009	6,26
Turquie	Tasci et al, 2011	6,74

Le lait cru est légèrement acide (pH compris entre 6,4 et 6,8 pour le lait de vache). L'acidité du lait augmente avec le temps et la charge microbienne. Selon (Alais, 1984) le lait de vache dont les valeurs du pH sont inférieures à 6,5 ou supérieures à 6,9 sont considérées comme anormales. L'acidité faible du lait de vache comprise entre 6,6 et 6,8 résulte de la présence en excès de phosphates et de caséines.

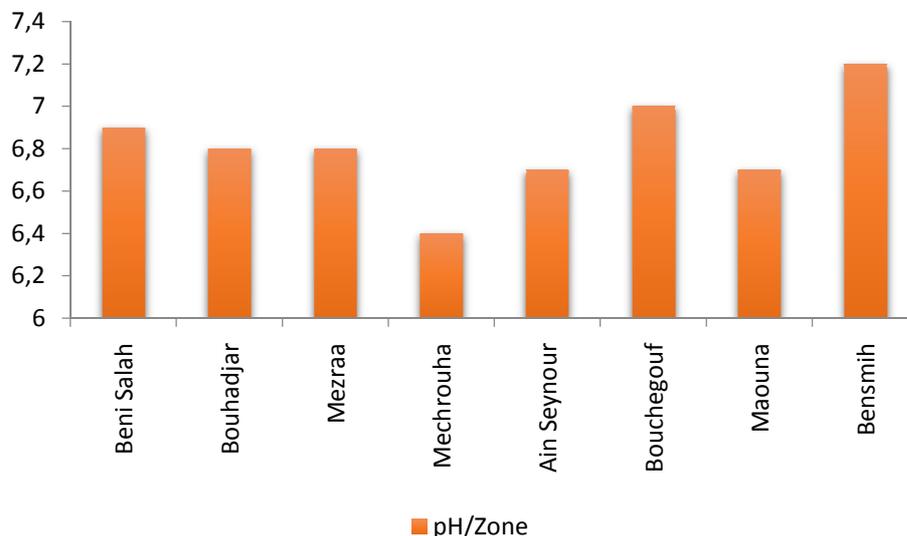


Figure 15. Variation pH par zone d'élevage

✚ Le point de congélation (PC)

Pour un lait normal le PC varie entre -0,520 et -0,560°C (Figure 16).

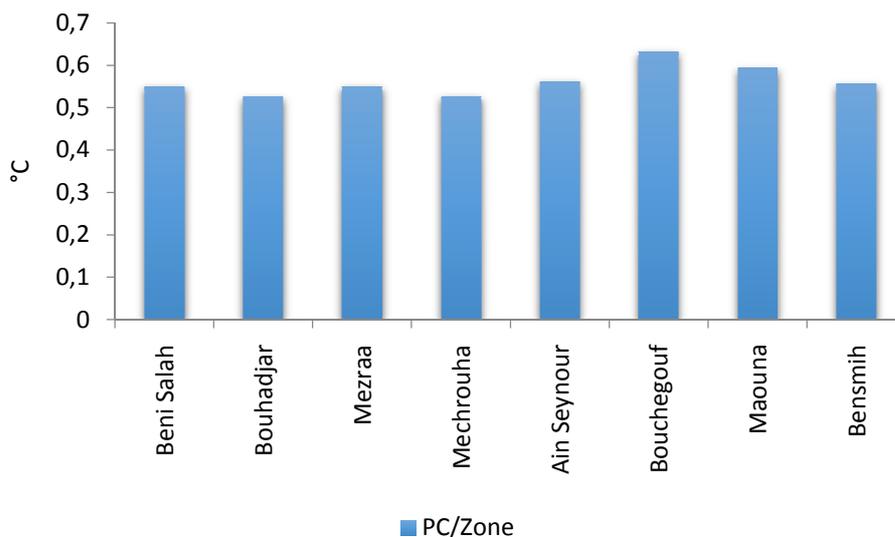


Figure 16. Variation du point de congélation (PC) par zone d'élevage

Le point de congélation est corrélé négativement avec l'Extrait Sec Dégraissé (ESD élevé correspond à un point de congélation bas et inversement) (Veisseyre, 1979) Nos résultats varient entre -0,455°C et -0,696°C avec une moyenne de -0,561°C. Le point de congélation du lait est l'une de ses caractéristiques physiques les plus constantes. Sa

valeur moyenne, si l'on considère des productions individuelles de vache, est entre -0,54 °C et -0,55°C (**Mathieu, 1998**)

La mesure de ce paramètre permet l'appréciation de la quantité d'eau éventuellement ajoutée au lait. Un mouillage de 1% entraîne une augmentation du point de congélation d'environ 0,0055°C (**Goursaud, 1985**) Le mouillage rapproche le point de congélation de 0°C, l'écémage ne modifie pas le point de congélation. Cependant, l'acidification lactique et l'addition des sels solubles l'abaissent (**Alais, 1984**)

La conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique du lait est déterminée par sa concentration en anions et en cations, essentiellement Na⁺, K⁺ et Cl⁻. La conductivité du lait d'une vache saine à 38 °C varie généralement entre 5,5 à 6,5 mS/cm. Nos résultats ont varié de 0,488 à 8,03 mS/cm avec une moyenne de 4,96 mS/cm pour l'ensemble des régions et de 4,88 à 5,42mS/cm entre zones d'élevage. Lors d'infection intra mammaire, les concentrations en Na⁺ et Cl⁻ augmentent tandis que celles en K⁺ et en lactose diminuent.

La CE peut être utilisé dans la détection des mammites subcliniques. Les variations observées des valeurs de la CE du lait sont dues essentiellement aux agents pathogènes responsables des mammites. Ainsi, dans le cas d'infections dues à *Staphylococcus aureus* et *Streptococcus agalactiae*. **Hamann et Zecconi (1998)** ont rapporté que la CE du lait varie considérablement entre races, entre individus de la même race, selon le régime alimentaire, le stade de lactation, la température du lait, la teneur en matière grasse, la durée de l'intervalle entre deux traites et du troupeau. Cependant, une légère augmentation de la CE a été observée quand le nombre de lactation augmente, et ce pour les quartiers infectés (**Syridion et al, 2012**)

2.2. Résultats des paramètres microbiologiques

2.2.1. Résultats du démembrement de la flore

Pour l'ensemble des 52 élevages étudiées, les résultats moyens des données quantitatives du démembrement (**Tableau 20**) montrent des valeurs moyennes (ASR, FMAT, CT, CF, STAPH, LM), assez loin des normes standards du lait de vache, comme le stipule la réglementation algérienne (**JORA, 1998**) Dans leur ensemble ils présentent de grandes variations (CV: 84 à 308%). Les résultats obtenus sont comme suit : ASR de 0 à 33 et une moyenne 30,58 ufc/ml, FMAT de 1,81 à $4,63.10^3$ ufc/ml et une moyenne de $1,59.10^5$ ufc/ml; CT de 0 à $3,73.10^5$ ufc/ml et une moyenne de $9,39.10^4$ ufc/ml, CF de 0 à $3,60.10^5$ ufc/ml et une moyenne de $2,36.10^4$ ufc/ml; STAPH de $0,91.10^3$ à $5,10.10^4$ ufc/ml et une moyenne de $1,44.10^4$ ufc/ml: LM de 0 à 16.10^2 ufc/ml et une moyenne de $2,62.10^3$ ufc/ml.

Tableau 20. Résultats statistiques moyens du démembrement de la flore en UFC/ml des laits crus de mélange de la race locale (n=élevages)

Variable	n	Min	Max	Moy	ETM	CV
ASR	52	0,00	33,00	30,58	55,78	182
FMAT	52	$1,81.10^3$	$4,63.10^5$	$1,59.10^5$	1,34	84
CT	52	0,00	$3,73.10^5$	$9,39.10^4$	10,00	106
CF	52	0,00	$3,60.10^5$	$2,36.10^4$	7,29	308
STAPH	52	$0,91.10^3$	$5,10.10^4$	$1,44.10^4$	1,25	86
LM	52	0,00	$16,00.10^2$	$2,62.10^3$	3,26	124

La comparaison des moyennes entre zones (**Tableau 21**) révèle des différences significatives pour toute la flore démembrée.

Tableau 21. Comparaison des résultats du démembrement de la flore en UFC/ml des laits crus de mélange par zones d'élevage (n=élevages)

zones	n	FMAT	ET M	CT	ET M	CF	ET M	STAPH	ET M	LM	ET M	ASR	ET M
Beni Salah	6	2.10^5 ab	0,48	$7,5.10^4$ a b	3,2	$1,2.10^3$ a	22,5	$1,910^4$ ab	0,36	$4,5.10^3$ ab c	0,9	16,7a	19,3
Bouhadjar	8	$1,8.10^5$ a b	0,48	$6,0.10^4$ a b	3,5	$1,5.10^3$ a b	22,5	$1,010^4$ b	0,36	$9,1.10^2$ c	9,4	13,3a	19,3
Ain Sanour	6	$2,6.10^5$ a	0,45	$1,9.10^5$ a	0,3	$3,3.10^3$ a	20,9	$3,3.10^4$ a	0,33	$6,5.10^3$ a	0,8	$24,39$ a	17,8
Mezraa	6	$1,7.10^5$ a b	0,48	$1,6.10^5$ a b	0,3	$1,7.10^4$ b	2,3	$1,4.10^4$ b	0,36	$2,0.10^3$ bc	0,9	$33,3a$ b	19,3
Mechrouha	6	$1,8.10^5$ a b	0,45	$1,1.10^5$ a b	0,3	$1,5.10^4$ b	2,1	$1,9.10^4$ a b	0,33	$5,5.10^3$ ab	0,8	10,0a	17,8
Maouna	6	$1,9.10^5$ a b	0,48	$1,2.10^5$ a b	0,3	$4,5.10^2$ a	2,3	$8,9.10^3$ b	3,6	$2,6.10^1$ c	9,4	17,0a	19,3
Bensmih	7	$4,9.10^4$ b	4,20	$2,4.10^4$ b	3,0	$4,5.10^2$ a	2,2	$5,3.10^3$ b	3,1	5.10^1 c	8,2	$106,2$ b	19,3
Bouhegou f	7	$3,3.10^4$ b	4,80	$1,4.10^4$ b	3,5	$1,9.10^2$ a	1,9	$3,0.10^3$ b	3,6	$2,710^1$ c	9,4	$30,0a$ b	19,3
	Pr> F	0,011		0,004		0,000		0,000		0,000		0,002	

Les résultats de la même colonne suivi de lettres distinctes (a, b, c...) sont différents au seuil de $p>0,05$

Les moyennes ont varié comme suit : FMAT de $3,3.10^4$ à $2,6.10^5$ ufc/ml, CT de $1,4.10^4$ à $1,9.10^5$ ufc/ml, CF de $1,9.10^2$ à $1,7.10^4$ ufc/ml, STAPH de 3.10^3 à $3,3.10^4$

ufc/ml, LM de $2,6.10^1$ à $6,5.10^3$, ASR de 10 à 106,2 ufc/ml. Des différences significatives et des similitudes ceux sont révélées entre zones géographiques.

En comparant les moyennes par région (**Tableau 22**) nous constatons qu'ils existent des différences significatives et des similitudes dans les niveaux de contamination entre régions. La charge microbienne (FMAT) du lait cru de la région de Souk-Ahras est plus élevée que celles d'El-Tarf et Guelma ($P>0,000$: $2,1.10^5$ vs $1,9.10^5$ ufc/ml et $8,7.10^4$ ufc/ml, respectivement). On observe la même tendance pour les CF ($P>0,016$: $5,97.10^4$ vs $1,36.10^3$ et $9,10.10^2$ ufc/ml) et les LM ($P>0,000$: $4,8.10^3$ vs $2,7.10^3$ ufc/ml et $3,6.10^2$ ufc/ml, respectivement)

Tableau 22. Résultats du démembrement de la flore en UFC/ml des laits crus de mélange par région de prélèvement (n=élevages)

Régions	n	FMAT	ETM	CT	ETM	CF	ETM	STAPH	ETM	LM	ETM	ASR	ETM
El-Tarf	12	$1,9.10^5$ ab	0,4	$6,610^4$ b	2,5	$1,36.10^3$ ab	19,0	$1,5.10^4$ a	29,0	$2,7.10^3$ ab	0,76	15,0a	12,1
S/ahras	20	$2,1.10^5$ a	0,2	$1,5.10^5$ a	0,2	$5,97.10^4$ a	1,5	$2,3.10^4$ a	23,0	$4,8.10^3$ a	0,59	18,5a	12,1
Guelma	20	$8,7.10^4$ b	0,3	$5,010^4$ b	2	$9,10.10^2$ b	9,1	$5,7.10^3$ b	23,0	$3,6.10^2$ b	0,59	52,0a	15,6
Pr > F		0,006		0,002		0,016		0,000		0,000		0,088ns	

Les résultats de la même colonne suivi de lettres distinctes (a, b, c...) sont différents au seuil de $p>0,05$

Ils existent aussi des différences significatives dans les moyennes des CT, elles sont plus élevées à Souk-Ahras par rapport à Guelma et El-Tarf ($P>0,002$: $1,5.10^5$ vs $6,6.10^4$ ufc/ml et $5,010^4$ ufc/ml respectivement). Les moyennes des STAPH dans la région de Guelma sont inférieures à ceux d'El-Tarf et Souk-Ahras ($p<0,000$: $5,7.10^3$ vs 2,3 et $1,5.10^4$ ufc/ml). Seule la contamination par les ASR n'a pas révélé de différences significatives

2.2.2. Discussion

2.2.2.1. Flore mésophile anaérobie totale (FMAT)

Nos résultats (**Figure 17**) en FMAT dépassent la norme fixée par le **JORA (1998)** à 10^5 ufc/ml. Nos résultats sont comparés à ceux rapportés en Algérie, au Maghreb et dans d'autres pays **Tableau 23**.

Tableau 23. Synthèse d'auteurs pour la FMAT

Pays	Auteurs	UFC /mL
Algérie	Hamiroune et al, (2014)	$6,5.10^5$ à $8,1.10^5$
	Ghazi et Niar, (2011)	$81,2\% \geq 10^5$
	Aggad et al, (2010)	$1,63.10^5$
Maroc	Taybie et al, (2014)	$2,15.10^7$
	Labioui et al, (2009)	$7,4.10^6$
	El Marnissi et al, (2013)	$4,5.10^5$

Tunisie	Kamoun, (2011)	239.10^6
Malaysia	Cheye et al, (2004)	12.10^6
Togo	Seme et al, (2015)	$5,9.10^5$
Turquie	Tasci, (2011)	$3.9.10^6$
France	Michel, (2001)	$5,8.10^3$

Le lait de mélange a une charge microbienne plus importante que le lait individuel, d'où leurs degré de contamination supérieur (**Lamontagne et al, 2002**) Par contre, la microflore indigène du lait, c'est-à-dire les microorganismes provenant directement du pis, est principalement mésophile et ne devrait pas dépasser 5.10^3 UFC/ml (**Lamontagne et al, 2002**)

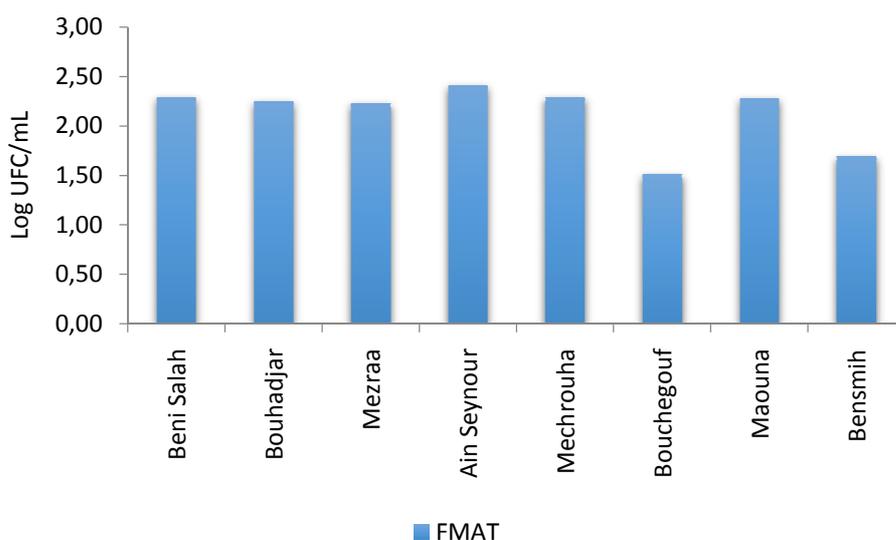


Figure 17. Variations de la FMAT par zone d'élevage

La FMAT est un bon indicateur de contamination globale, elle renseigne sur la qualité hygiénique du lait cru. La détermination de la charge de la FMAT est utilisée pour estimer la population des bactéries viables dans le lait et reflète les pratiques d'hygiène utilisées dans la production et la manipulation du lait. Des valeurs élevées de la FMAT peuvent signifier le non respect des règles d'hygiène générale et une contamination lors de la traite (contamination du pis et des équipements de traite par de la terre et de la poussière). En zones de montagne, le manque d'eau courante est omniprésent, généralement l'usage de puits et d'eau stockée en citernes sont assez répandu. Les ustensiles utilisés pour la traite, souvent en matière plastique, rendent le nettoyage et la désinfection peu efficaces, ce qui crée des milieux favorables pour la prolifération de la flore du lait. Nos résultats nous permettent de dire que la qualité des laits analysés est médiocre.

2.2.2.2. Coliformes Totaux (CT) et Coliformes Fécaux (CF)

La moyenne des CT et CF est de $9,39.10^4$ et $2,36.10^4$ ufc/ml, respectivement. La charge en CF est supérieure à la norme de 10^3 ufc/ml du **JORA (1998)** Nos résultats (**Figures 18 et 19**) sont comparables à ceux rapportés en Algérie, au Maroc et dans d'autres pays (**Tableau 24**)

Tableau 24. Synthèse d'auteurs pour les Coliformes

Pays	Auteurs	CT UFC /mL	CF UFC /mL
Algérie	Aggad et al, 2010	8.3	-
	Aggad et al, 2009	-	9,7
	Taybie et al, 2014	$3,02.10^5$	-
	Hamiroune et al, 2014	-	2,4 à $6,2 .10^4$
	Ghazie et Niar, 2011	-	$1,7.10$
Maroc	El Marnissi et al, 2013	5.10^3	$8,6.10^2$
	Labioui et al, 2009	2.10^4	$5,2.10^3$
Tunisie	Kamoun, 2011	6.10^3	-
Turquie	Tasci, 2011	2.10^4	-
Togo	Seme et al, 2015	$2,75.10^3$	$4,36.10^2$

Selon **Larpent (1997)** la présence des coliformes 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.

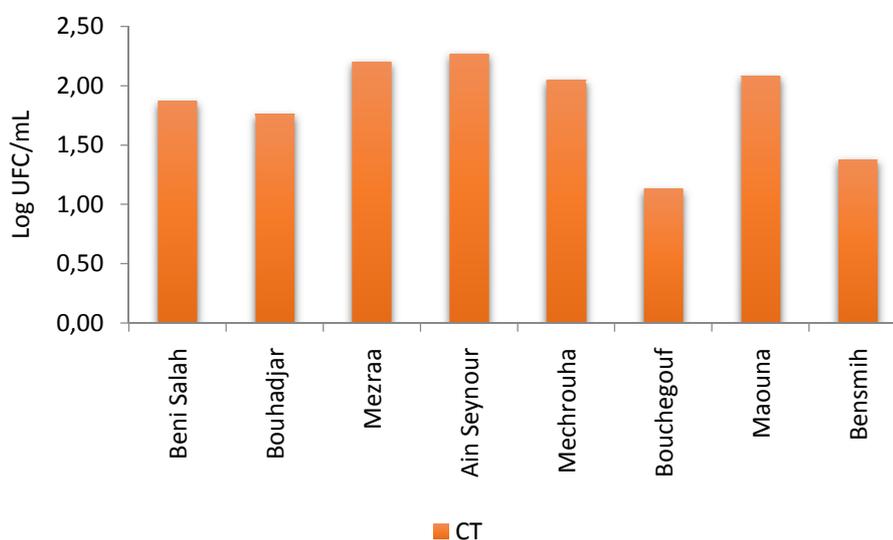


Figure 18. Variations des CT par zone d'élevage

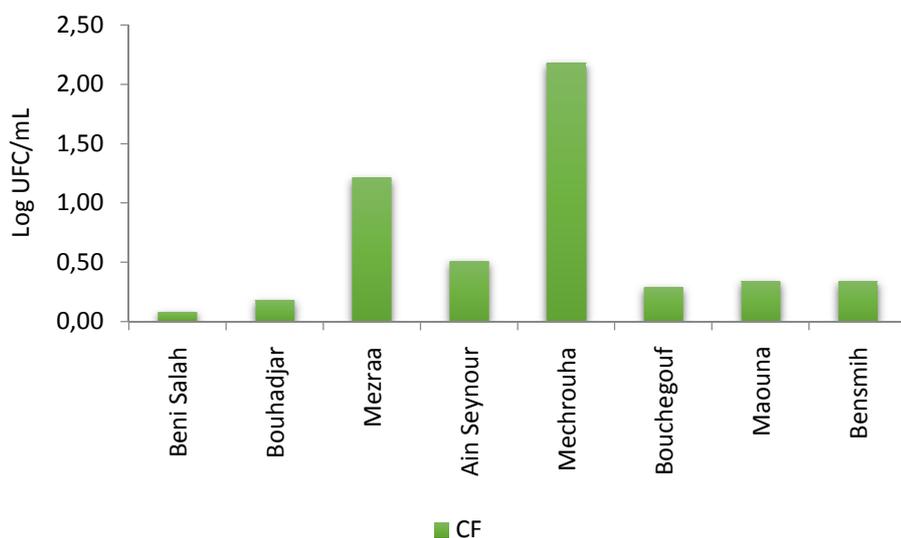


Figure 19. Variations des CF par zone d'élevage

La contamination du lait en coliformes est spécifiquement liée à l'hygiène de la traite et aussi un très bon indicateur dans la procédure de nettoyage des ustensiles de traite. *Escherichia coli* est actuellement l'indicateur de coliformes fécaux et donc de salubrité. Sa présence permet de soupçonner une contamination du lait avec de l'eau polluée, des matières fécales, Quelques mg suffisent à contaminer le lait lors de la traite et des transvasements, du fumier ou de la matière organique en décomposition. De plus, un lien entre la consistance des fèces, la contamination du pis, la digestion et l'alimentation a aussi pu être constaté, s'expliquant par le fait que des fèces plus liquides contaminent davantage le pis (Ward et al, 2002) Dans notre étude les prélèvements ont eu lieu de février à Avril, période durant laquelle la disponibilité d'herbe au pâturage est maximale, ce qui peut réduire la consistance des fèces est favoriser les contaminations fécales.

D'après Magnusson et al, (2007) les litières fortement souillées contiennent plus de coliformes et la prévalence de mammites, dans ce cas, augmente, suggérant une contamination des trayons et du lait plus importante.

2.2.2.3. Staphylocoques (STAPH)

L'absence du germe est la norme fixée par le JORA (1998), dans nos résultats (Figure 20) la présence des STAPH : $1,44 \cdot 10^4$ ufc/ml est très élevée par comparaison aux résultats obtenus en Algérie et dans d'autres pays (Tableau 25)

Pays	Auteurs	UFC /mL
Algérie	Hamiroune et al, 2014	0,1 à $2,2 \cdot 10^3$
	Ghazi et Niar, 2011	$2 \cdot 10^2$
	Aggad et al, 2009	$35 \cdot 10^2$

Maroc	Taybie et al, 2014	2,15.10 ⁴
	El Marnissi et al, 2013	3,9
	Srairi et Hamama 2006	10 ² à 10 ³
Malaysia	Cheye et al, 2004	61% 1,2.10 ⁴
Nouvelle Zélande	Hill et al, 2012	60% <10 ² 30% 10 ² -10 ³
Togo	Seme et al, 2015	<10 ²
Turquie	Tasci, 2011	2,45.10 ⁴
France	Desmasures et al, 1997	4,0.10 ²

Staphylococcus aureus est considéré comme l'un des agents responsables de mammite dans les troupeaux laitiers. Cette maladie implique une inflammation des glandes mammaires et une excrétion sporadique de *S. aureus* résultante dans le lait cru (Barkema et al, 2006) Elle est normalement retrouvée dans le nez et sur la peau des humains et des mammifères, mais peut aussi être la cause de mammites bovines (Prescott et al, 2003) Ces dernières s'accompagnent d'une augmentation de la perméabilité entre le compartiment sanguin et le lait qui a pour conséquence des modifications de la composition du lait. Les quantités de *S. aureus* excrétées dans le lait des quartiers infectés peuvent être considérables, de 10³ à 10⁵ ufc/ml en moyenne, mais peuvent atteindre 10⁶ ufc/ml en cas d'infection sub-clinique, et jusqu'à 10⁸ ufc/ml en cas d'infection clinique (Bassa et al, 2010)

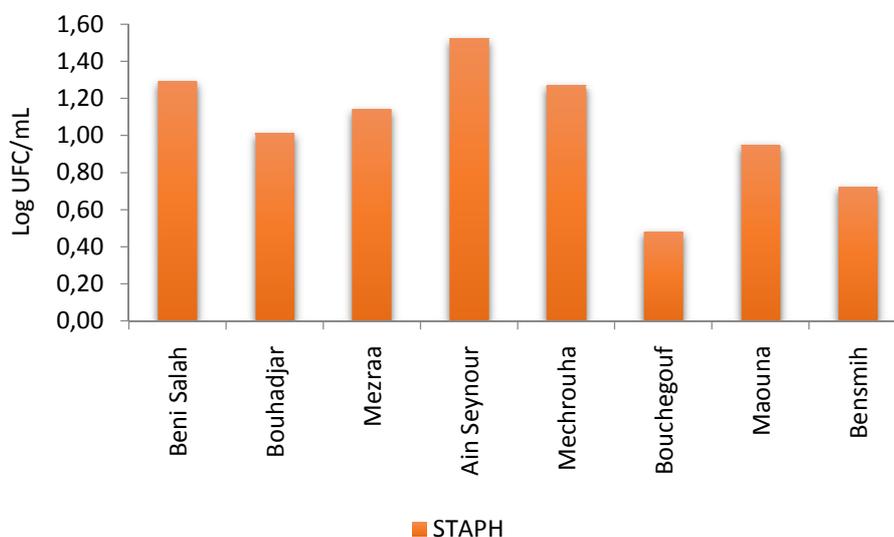


Figure 20. Variations des staphylocoques par zone d'élevage

Par ailleurs, Srairi et Hamama (2006) ont démontré que les pratiques de tétée préalables à la traite, auraient pour incidence une chute de la contamination par les staphylocoques dans le lait, car les premiers jets de lait sont les plus fortement contaminés en microorganismes présumés pathogènes, surtout en cas de mammites

Du point de vue de la sécurité alimentaire, il est reconnu que *S. aureus* est un agent pathogène produisant une entérotoxine thermostables mais que la concentration doit dépasser 10⁵ ufc/ml pour que suffisamment de toxine soit produite provoquer une

maladie humaine. La dose infectieuse induisant un empoisonnement alimentaire chez l'humain est d'environ 0,1 ug (Le Loir et al, 2003).

2.2.2.4. Clostridiums sulfito-réducteurs (ASR)

Nos résultats (Figure 21) montrent que nos échantillons sont contaminés par des spores de clostridies mais reste inférieur à la norme algérienne qui fixe le taux de contamination à 50 ufc/ml. Ils sont inférieurs aux résultats obtenus en Algérie et en Tunisie (Tableau 26).

La présence des anaérobies reflète un manque d'hygiène, elles sont d'origine tellurique (répondu dans le sol, aliments, l'environnement des étables et l'eau contaminé), qui peuvent persister sous forme latente dans le lait et germer des que les conditions sont favorables et secréter des substances toxiques, *Clostridium perfringens* qui est parfois responsable d'infection.

Pays	Auteurs	UFC /ml
Algérie	Hamiroune et al, 2014	10 à 60
	Aggad et al, 2009	2,7 10 ¹
Tunisie	Kamoun, 2011	4.10 ⁵
France	Michel, 2001	72% moins de 180 spores

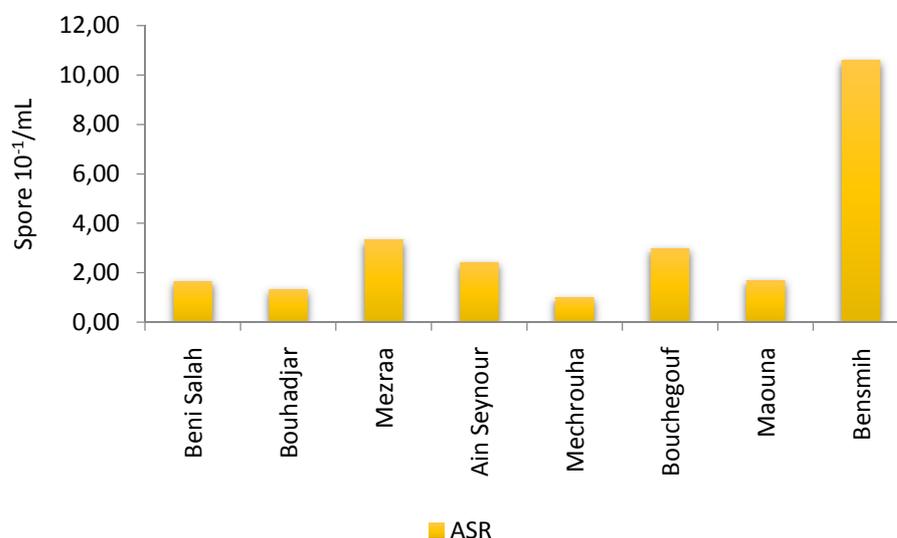


Figure 21. Variations des ASR par zone d'élevage

2.2.2.5. Levures et Moisissures (LM)

Dans notre étude la moyenne pour les levures et moisissures été de 2,62.10³ ufc/ml. Elle est inférieure à celle obtenue dans la région du Maghreb et dans d'autres pays (Tableau 27).

Tableau 27. Synthèse d'auteurs pour les levures et moisissures		
Pays	Auteurs	UFC /ml
Maroc	Taybie et al, 2014	$1,5.10^4$ ufc/ml
	El Marnissi et al, 2013	Levures : $4,9.10^3$ Moississures : 2,2
	Labioui et al, 2009	$1,2.10^4$
France	Michel et al, 2001	10
Turquie	Tasci, 2011	$7,8.10^3$ 1.10^3
Togo	Seme et al, 2015	Levures : $3,36.10^4$ Moississures : $2,94.10^3$

En effet, les levures et moisissures sont des contaminants courant des aliments. Ils peuvent être véhiculées par l'environnement et se retrouver dans le lait et les produits laitiers. La présence massive des levures et moisissures dans le lait cru peut être dues à une forte contamination extérieure et une mauvaise hygiène des ustensiles.

Bien que les levures ne causent pas d'intoxication alimentaire, elles peuvent provoquer une altération organoleptique de l'aliment (**Deak, 2008**)

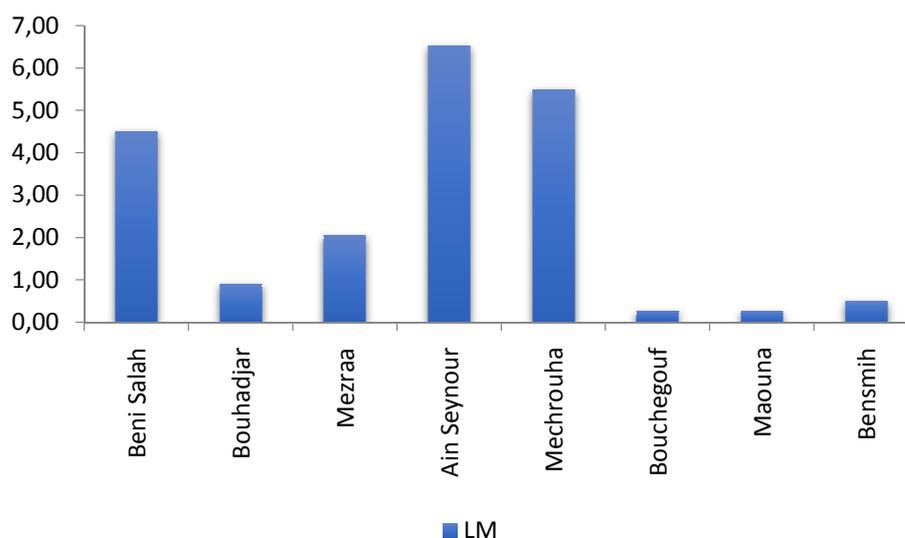


Figure 22. Variations des Levures et moisissures par zone d'élevage

Un très grand nombre de moisissures produisent des substances toxiques dites mycotoxines, et dont certains sont reconnues comme étant les plus puissants cancérigènes naturels chez l'homme (**Creppy, 2002**)

2.3. Résultats et discussion

2.3.1. Variation du pH

Les résultats de variation du pH (**Figure 23**) du lait cru entreposé à T° ambiante, montrent que pour les zones de Beni salah et Maouna l'acidification est lente, par contre celle de Ain Seynour est plutôt modérée.

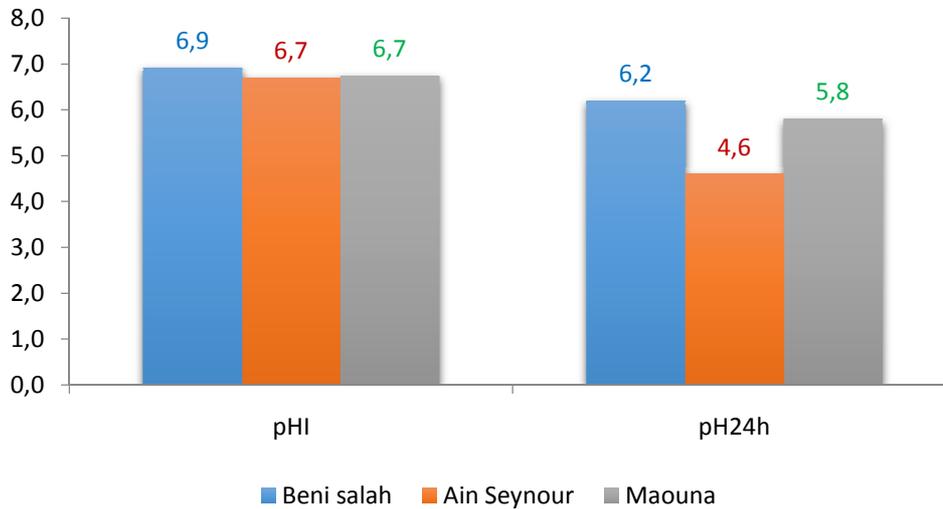


Figure 23. Variation du pH du lait cru, conservé à T° ambiante (22°C)

2.3.2. Variation de l'acidité Dornic

L'aptitude fermentaire des laits testés dans l'ensemble est relativement assez variable (**Figure 24**) les niveaux obtenus restent en dessous du seuil de 45°D, généralement recherché pour un lait de bonne aptitude fermentaire (**Laithier et al, 2004**) pour le lait seul. Seul le lait de la zone de Ain Seynour a une aptitude fermentaire acceptable >30°D.

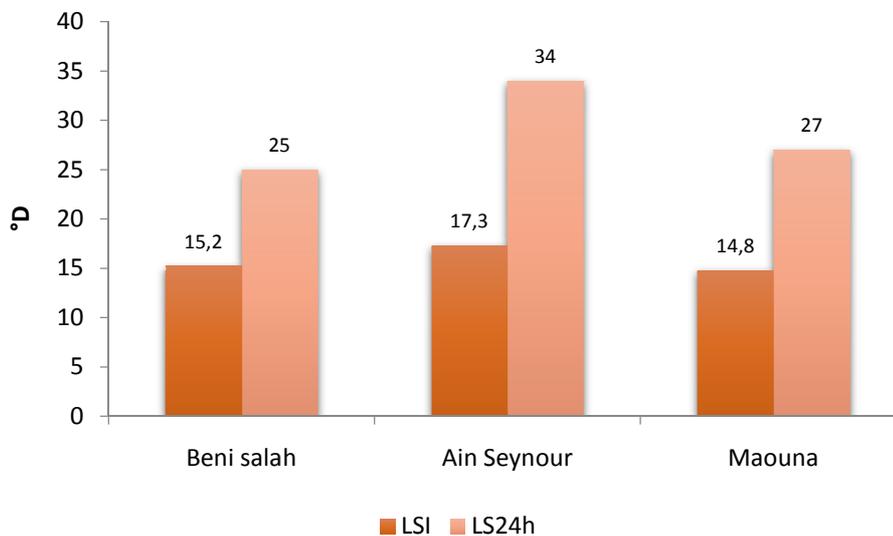


Figure 24. Evolution de l'acidité Dornic du lait seul (LS) conservé à température ambiante (22°C)

Si on se réfère à la grille proposée par les mêmes auteurs (Laithier et al, 2004), le pouvoir acidifiant du lactosérum de la zone Ain Seynour est bon, celui de Maouna moyen alors celui de Beni Salah est faible (Figure 25).

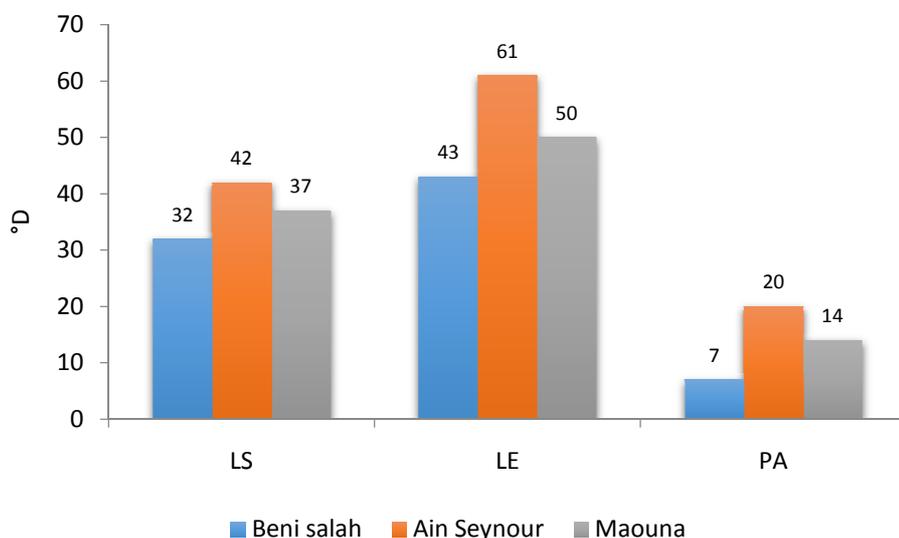


Figure 25. Evolution de l'acidité Dornic du lait seul (LS) et du lait ensemencé (LE) avec du lactosérum et pouvoir acidifiant (PA), incubés à 30°C pendant 4 heures

2.3.3. Discussion

L'aptitude acidifiante du lait cru et par conséquent, celle du lactosérum sont en relation directe avec leurs qualités bactériologiques. Dans notre étude la flore a été appréciée sur le plan quantitatif, et seulement sur le lait cru de mélange. Nous avons tenté de relier les résultats de fermentation avec les résultats microbiologiques repris au **Tableau 28**.

Tableau 28. Charges microbiennes moyennes dans le lait cru par zone

Zones	FMAT	CT	CF	LM
Beni Salah	2.10^5	$0,75.10^5$	$1,2.10^3$	$4,5.10^3$
Ain Sanour	$2,6.10^5$	$1,9.10^5$	$3,3.10^3$	$6,5. 10^3$
Maouna	$1,9.10^5$	$1,2.10^5$	$0,45.10^3$	$2,6.10^1$

Dans leur étude **Laithier et al (2004)** rapportent que l'activité acidifiante dépend également de la composition microbiologique des laits. En présence d'une flore de *leuconostocs* plus importante, l'acidification est ralentie et moins importante (pH finaux plus élevés). Elle est également ralentie en présence d'une forte quantité de coliformes dans le lait. Selon **Masle et Gobin (2001)** les coliformes ont un rôle acidifiant, ce qui

est le cas dans notre étude (**Tableau 28**). Ceci s'explique par le fait qu'ils rentrent en compétition avec les lactocoques plus acidifiants, même si ces derniers restent majoritaires.

En revanche, plus la flore acidifiante totale est forte, plus l'acidification est rapide et importante (pH finaux plus faibles) ce qui probablement le cas du lait de Ain Seynour, qui d'une part une aptitude fermentaire acceptable, et dont le lactosérum a révélé un bon pouvoir acidifiant. La flore acidifiante joue un rôle contraire à ces deux flores, ce qui est bien connu par ailleurs (**Biancho Salvadori, 1996**)

Les levures et moisissures en quantité plus importante tendent à faire diminuer les pH finaux. Cet effet est certainement indirect, les levures et moisissures ayant comme propriété de stimuler la croissance des lactocoques (**Hermier et al, 1992**)

Conclusions

La production du lait cru est une priorité nationale, elle est encouragée par la multitude de primes accordées par l'état à tous les acteurs de la filière, à l'élevage laitier, à la production, à la collecte et à la transformation du lait cru. Malheureusement, ces encouragements restent axés sur la quantité au détriment des aspects :

- Nutritionnel : Teneurs en matières utiles, notamment la MG et la MP
- Technologique : Aptitude fermentaire et flore d'intérêt technologique en fromagerie
- Hygiénique : contamination et altération, résidus

La contamination du lait provient de plusieurs sources comme l'air, l'équipement, les aliments, le sol, les déjections et l'herbe. Les différences entre les techniques de production engendrées par l'élevage en zones de montagne influencent le type de contamination microbiologique. Le type d'alimentation influence la contamination du lait, car le pâturage ne contient pas la même microflore qu'une alimentation basée sur le foin, il influence la qualité des fèces.

La caractérisation microbiologique du lait cru de mélange en zones de montagne a permis de déceler des caractéristiques spécifiques à la zone et de son emplacement géographique, il s'agit de tendances générales. Il faut tenir compte de l'influence des techniques de gestion individuelles adoptées par les éleveurs, c'est l'ensemble de tous ces paramètres qui forme la microflore unique de microorganismes d'un élevage laitier.

Recommandations

Les diverses primes actuellement attribués par l'état aux divers acteurs de la production de lait cru se font sur les quantités produites, collectées et transformées. Elles se font de manière systématique pour le lait cru indépendamment du mode de production, qu'il soit conventionnel ou traditionnel, et des races productrices, importées ou locales. Pour promouvoir une production de lait diversifiée, certains facteurs doivent être pris en considération, comme :

- L'Identification des animaux, la rendre obligatoire
- Le prix du lait se fera en fonction de la teneur en matières utiles (MG et MP) et de la qualité hygiénique.

Repenser le mode d'attribution des primes en favorisant :

- Primer le Maintien et l'augmentation de l'effectif des vaches laitière en zones de la montagne
- Distinguer la collecte en zone de montagne vu la complexité du relief et des conditions et faciliter l'acquisition d'équipement spécifique. Les citernes compartimentées (double cuve et double pompage) qui sont nécessaires pour limiter les coûts de collecte et éviter le mélange des laits.
- Encourager la production de lait biologique : L'engouement du consommateur pour le lait issu des zones de montagnes, peut offrir des perspectives pour la filière laitière de montagne ou le lait conventionnel conditionné est plutôt mal valorisé.
- Conforter les fabrications au lait cru, si l'utilisation du lait cru constitue un gage de qualité et donne tout son sens à la notion de terroir, elle présente cependant un risque sanitaire certain.
- Favoriser la transmission dans le cadre familial et assurer un renouvellement suffisant des exploitations et limiter la restructuration.
- Enfin l'accompagnement des recherches scientifiques et travaux menés est vivement souhaité tant pour mettre en avant les bienfaits du lait cru que pour sécuriser les transformations.

Références

- Afif A., Faid M., Najimi M., 2008.** Qualité microbiologique du lait cru produit dans la région de Tadla au Maroc. *Reviews in Biology and Biotechnology.*, 7 : 2-7 p.
- Agabriel C., Coulon J. B. et Marty G. 1991.** Facteurs de variations du rapport des teneurs en matières grasses et protéiques du lait de vache : étude dans les exploitations des Alpes du Nord. *INRA Prod, Anim.*, 4(2), 141-149 p.
- Agabriel G., Coulon J.B., Marty G., et Cheneau N. 1990.** Facteurs de variation du taux protéique du lait de vache Etude dans des exploitations du Puy-de-Dôme. *INRA Prod, Anim.*, 3(3), 137-150 p.
- Aggad H., Bridja M., Bouhai Aek, Benaouali M. and Djebli A. 2010.** Some Quality Aspects of Pasteurized Milk in Algeria, *World Journal of Dairy & Food Sciences* 5 (1): 21-24p.
- Aggad H., Mahouz F., Ahmed Ammar Y., Kihal M., 2009.** Evaluation de la qualité hygiénique du lait dans l'Ouest algérien. *Rev. Med. Vet.*, 160, 590-595 p.
- Alais C., 1984.** Sciences du lait : principes et techniques laitiers. 4ème édition.- Paris: Edition SEPAIC.-814 p.
- Barkema H.W., Schukken Y.H., Zadoks, R. N., 2006.** Invited review: the role of cow, pathogen, and treatment regimen in the therapeutic success of bovine *Staphylococcus aureus* mastitis. *Journal of Dairy Science* 89, 1877–1895 p.
- Bassa A., Bonfoh B., Dadié K, Dje M., Grace D., Kouamé-Sina S.M. et Makita K., 2010.** Analyse des risques microbiens du lait cru local a Abidjan (Cote d'Ivoire). *Revue Africaine de Santé et de Productions Animales. E.I.S.M.V, Dakar.* 35-42 p.
- Bauman D. E., Harvatine K.j., Lock A. L, 2011a.** Nutrigenomics, rumen-derived bioactive fatty acids, and the regulation of milk fat synthesis. *Annu. Rev. Nutr.* 31:299-319 p. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.nutr.012809.104648>.
- Bauman D. E., McGuire M. A., et Harvatine K. J, 2011b.** Mammary gland, milk biosynthesis and secretion: Milk fat. Pages 352-358 in *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 2nd ed. J.W. Fuquay, P.F. Fox and L.H McSweeney, ed. Academic Press, San Diego, CA.
- Beever D.E., Sutton J.D., et Reynolds C.K, 2001.** Increasing the protein content of cow's milk. *Aust.J Dairy Technol.* 56:138.-149 p.
- Bianchi Salvadori B., 1996.** *Ann. Microbiol. Enzimol.*, 46, 79-95.
- Bleck G.T., Wheeler M.B., Hansen L.B., Chester-Jones H., Miller D.J., 2009.** Lactose synthase components in milk : concentrations of α -lactalbumin and β 1,4-galactosyltransferase in milk of cows from several breeds at various stages of lactation *Reprod. Dom. Anim.*, 44, 241-247 p.
- Booth J., Dodd F.H., 2000.** Mastitis and milk production. Dans the healthy of dairy cattle. Edition Andrews. London. 213-255 p.
- Brun-Lafleur L., Delaby L., Husson F., et Faverdin P, 2010.** Predicting energy×protein interaction on milk yield and milk composition in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93:4128- 4143 p. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2009-2669>.

- Cheye FY., Abdullah A., Khan M., 2004.** bacteriological quality and safety of raw milk in Malaysia food microbiology 21 :535-541p.
- Creppy E. E., 2002.** Update of survey, regulation and toxic effects of mycotoxins in Europe. *Toxicology Letters.*, 127: 19–28 p.
- Davidson P.M., Roth LA., Gambrel-Lenarz S.A., 2004.** Coliform and other indicator bacteria in Standard Methods for the Examination of Dairy Products. Sous la dir. de H. Michael Wehr et Joseph F. Frank, 17th edition. American Public Health Association. Washington DC. 187-226 p.
- Deak T., 2008.** Yeast in specific types of foods. In : Handbook of food spoilage Yeasts, Deak, T. (ED.). 2nd Edn., CRC Press, Taylor and francis Group, Boca Raton.
- El Marnissi B., Belkhou R., Ialami E.O., Bennani L., 2013.** Caractérisation Microbiologique Et Physicochimique Du Lait Cru Et De Ses Dérivés Traditionnels Marocains (*Lben Et Jben*) Les Technologies De Laboratoire, Volume 8, N°33, 104-106 p.
- FAO/OMS 1986.** Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture/Organisation mondiale de la santé. Sixth report of the joint FAO/World Health Organisation (WHO) Expert Committee on brucellosis. Technical Report Series No. 740, OMS, Genève, 132 p.
- Farougou S., Kpodekon T.M., Sessou P., Youssao I., Boko C., Yehouenou B., Sohounhloue D., 2011.** Qualité microbiologique du lait cru de vache élevée en milieu extensif au Bénin. In : Université d'Abomey- Calavi, Acte du 3e colloque des sciences, cultures et technologies de l'UAC-Bénin, Akassato, 323-336 p.
- Faye B., Loiseau G., 2002.** Sources de contamination dans les filières laitières et exemples de démarches qualité. Edition : CIRAD-FAO, Montpellier, France, 1-5 p.
- Fredot E., 2006.** Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Tec et Doc, Lavoisier: 25 397 p.
- Forsbäck L., Lindmark-Månsson H., Andrén A., Åkerstedt M., Andrée L., et Svennersten-Sjaunja K., 2010.** Day-to-day variation in milk yield and milk composition at the udder-quarter level. *J. Dairy Sci.* 93:3569-3577p. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2009-3015>.
- Gaucheron F., 2004.** Minéraux et produits laitiers, Tec et Doc, Lavoisier:783, 922 p.
- Ghazi K., Niar A., 2011.** Qualité hygiénique du lait cru de vache dans les différents élevages de la wilaya de Tiaret (Algérie). *Tropicultura*, 29, 193-196 p.
- Giannino M. L., Marzotto M., Dellaglio F., Feligini M. 2009.** Study of microbial diversity in raw milk and fresh curd used for Fontina cheese production by culture-independent methods. *International Journal of Food Microbiology.* 130: 188-195 p.
- Goursaud J., 1985.** Coagulation enzymatique du lait. *In* : biotechnologie, Lavoisier édition, Paris, 301-339 p.

- Guiraud J. P., 2003.** Microbiologie Alimentaire. Edition Dunod. Paris. 136-139 p.
- Guiraud J. P., Galzy P., 1980.** L'analyse microbiologique dans les industries alimentaires. Edition l'usine. 119 p.
- Guy F. I., 2006.** Elaboration d'un guide méthodologique d'intervention lors de contaminations par les salmonelles de produits laitiers au lait cru en zone de productions fromagères AOC du massif central. Thèse de doctorat d'état, université Paul-Sabatier de Toulouse, France. 17 p.
- Hamann J., Zecconi A., 1998.** Evaluation of the electrical conductivity of milk as a mastitis indicator. *Bulletin of the IDF*, 334: 26 p.
- Hamiroune M., Berber A., Boubekour S., 2014.** Qualité bactériologique du lait cru de vaches locales et améliorées vendu dans les régions de Jijel et de Blida (Algérie) et impact sur la santé publique Ann. Méd. Vét. 158, 137-144 p.
- Heck J. M. L., van Valenberg H. J. F., Dijkstra J., et van Hooijdonk A. C. M., 2009.** Seasonal variation in the Dutch bovine raw milk composition. *J. Dairy Sci.* 92:4745-4755 p. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2009-2146>.
- Hermier J., Lenoir J., Weber F., 1992.** Les groupes microbiens d'intérêt laitier. CEPIL, 184-185
- Heuchel V., Chatelin Y. M., Breau S., Sobolewski F., Blancard N., Baraton Y., Ayerbe A., 2003.** Lipolyse du lait de vache et qualité organoleptique des produits laitiers. *Renc. Tech. Ruminant* n°10. 223-226 p.
- Hill B., Smythe B., Lindsay D., Shepherd J., 2012** Microbiology of raw milk in New Zealand *international journal of food microbiology* 157 : 305–308 p.
- Hoden P., et Coulon H., 1991.** Composition chimique du lait, <http://www.2.vet.lyon.fr>
<http://www.mcser.org/journal/index.php/mjss/article/view/1282/1311>
- Ikomonov L., 1969.** Microbiological studies of the pasteurization of ewe's milk. VI. Comparison of effects of H.T.S.T. pasteurization at different temperatures. *Vet. Med. Nauki*, 6: 71 -76 p.
- J.O.R.A. N° 35 1998.** Critères microbiologiques des laits et des produits laitiers
- Jeantet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P. et Brule G. 2008.** Les produits laitiers, 2ème édition, Tec et Doc, Lavoisier 14-17, 185 p.
- Jenkins T. C., et McGuire M. A., 2006.** Major advances in nutrition: Impact on milk composition. *J. Dairy Sci.* 89 :1302-1310 p. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72198-1](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72198-1).
- Kacimi -El Hassani S., (2013).** La Dépendance Alimentaire en Algérie : Importation de Lait en Poudre versus Production Locale, Quelle Evolution ? *Mediterranean Journal of Social Sciences MC SER Publishing, Rome-Italy*. Vol 4 No 11 October 2013. 152- 158.
<http://www.mcser.org/journal/index.php/mjss/article/view/1282/1311>

- Kalandi M., Sow A., Guigma W. V. H., Zabre M. Z., Bathily A., Sawadogo G. J., 2015.** Evaluation de la qualité nutritionnelle du lait cru dans les élevages traditionnels de Kaolackau Sénégal *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9(2): 901-909 p.
- Kamoun M., 2011.** Caractéristiques physicochimiques et microbiologiques du lait, Rapport IRESA
- La voie K., 2011.** Caractérisation microbiologique des laits du terroir québécois servant à la production de fromages de spécialité Université Laval Québec. 66 p.
- Labioui H., Elmoualdi L., Benzakour A., El Yachioui M., Berny E., Ouhssine M., 2009.** Étude physicochimique et microbiologique de laits crus. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux.*, 148 : 7-16 p.
- Laithier C., 2011.** Maîtrise de l'acidification en technologie lactique fermière au lait cru. Communication, Diagnostic pérennité, journées PLF.
- Laithier C., Chatelin Y.M., David V., Tormo H., Lefrileux Y., Gauzere Y. 2004.** Facteurs de maîtrise de l'acidification dans les technologies fromagères fermières (caillés lactiques) utilisant du lactosérum comme ferment. *Renc. Rech. Ruminants*, 11, p 95-98.
- Lamontagne M. C. P., Champagne J., Reitz A., Sylvain M., Nancy G., Marysel J., Ismail F., 2002.** Microbiologie de lait. Science et technologie de lait École polytechnique de Montréal
- Lamontagne M., Champagne C. P., Reitz-Ausseau J., Moineau S., Gardner N., Lamoureux M., Jean J., Fliss I., 2002.** «Microbiologie du lait» in Science et technologie du lait - Transformation du lait. Sous la dir. de Carole L. Vignola, Presses Internationales Polytechnique 75-151 p.
- Larpent J. P., 1997.** Microbiologie alimentaire, technique de laboratoire. 464 p.
- Le Loir Y., Baron F., Gautier M., 2003.** Staphylococcus aureus and food poisoning. *Genetics and Molecular Research.* 2: 63-76 p.
- Le Maréchal C., Thiéry R., Vautor E., et Le Loir Y., 2011.** Mastitis impact on technological properties of milk and quality of milk products-a review. *Dairy Sci. Technol.* 91:247-282 p. <http://dx.doi.org/10.1007/s13594-011-0009-6>.
- Leyral G., Vierling E., 2007.** Microbiologie et toxicologie des aliments : Hygiène et sécurité alimentaires. 4^{ème} éd Rueil-Malmaison : Doin ; Bordeaux : CRDP d'Aquitaine. 290 p.
- Liebe S., 1976.** Enfermedades infecciosas. Listeriosis. *Prac. Diar. I:* 38-50 p.
- Lollivier V., Guinard-Flament J., Ollivier-Bousquet M., et Marnet P. G., 2002.** Oxytocin and milk removal: Two important sources of variation in milk production and milk quality during and between milkings. *Reprod.Nutr. Dev.* 42:173-186p. <http://dx.doi.org/10.1051/rnd:2002016>.
- Luquet F. M., 1985.** Lait et produits laitiers (vache, brebis, chèvre). Tome 1: les laits de la mamelle à la laiterie. Technique et documentation Lavoisier, 217-261p.

- Machioldi F., Cecchinato A., Penasa M., Cipolat-Gotet C., Bittante G., 2014.** Milk quality, coagulation properties, and curd firmness modeling of purebred Holsteins and first- and second-generation crossbred cows from Swedish Red, Montbéliarde, and Brown Swiss bulls J. Dairy Sci., 97, 4530-4541
- Magnusson M., Christiansson et Svensson B., 2007.** Bacillus cereus spores during housing of dairy cows: factor affecting contamination of raw milk. Journal of dairy science. N° 90. 2745-2754 p.
- Masle I., Gobin F., 2001.** Aptitude à l'acidification et caractérisation des laits et des sérums mis en oeuvre dans la fabrication des Sainte Maure de Touraine. ITPLC, rapport d'étude.
- Mathieu H. 1985.** Facteur de variation de la composition du lait et produits laitiers vaches, brebis, chèvre. Ed .tec & Doc Lavoisier .Paris. PP. 119-169.
- Mathieu J., 1999.** Initiation à la physicochimie du lait, Tec et Doc, Lavoisier, Paris: 3-190 220 p.
- Mennane Z., Ouhssine M., Khedid K., EL Yachioui M., 2007.** Hygienic quality of raw cow's milk feeding from domestic waste in two regions in Morocco. *International Journal of Agriculture and Biology*, 9, 46–48.
- Michel V., Hauwuy A., Chamba J. F., 2001.** La flore microbienne de laits crus de vache : diversité et influence des conditions de production. Lait 81 575-592 p.
- Michel V., Hauwuy A., Chamba J. F., 2001.** La flore microbienne de laits crus de vache : diversité et influence des conditions de production. Lait 81 :575-592 p.
- Miglior F., Sewalem A., Jamrozik J., Lefebvre D.M., Moore R.K., 2006.** Analysis of milk urea nitrogen and lactose and their effect on longevity in Canadian dairy cattle J. Dairy Sci., 89, 4886-4894
- Ounine, K., Rhoutaise, A., El Halou, N.E., 2004.** Caractérisation bactériologique du lait cru produit dans les étables de la région du Gharb. *Al awamia.*, 187-204. pp : 1-4.
- Philippon A., Renoux G., Plommet M., 1971.** Brucellose bovine expérimentale. V. Excrétion de *Brucella abortus* par le colostrum et le lait. Ann. Rech. vét., 2 (1), 59-67 p.
- Pirisi A., 1994.** Composition et coagulation du lait de brebis. Lait.425-442 p.
- Pollot G. E., 2004.** Deconstructing milk yield and composition during lactation using biologically based lactation models J. Dairy Sci., 87, 2375-2387
- Pougheon S., et Goursaud J., 2001.** Le lait : caractéristiques physicochimiques. In Lait, Nutrition, Santé, DEBRY G (éd). Tec et Doc : Paris ; 2-42 p.
- Prescott L.M., Harley J.P., Klein DA., 2003.** Microbiologie. 2ème édition française. Traduction de la 5ème édition américaine, de Boeck. 1137 p.
- Quist M. A., LeBlanc S. J., Hand K. J., Lazenby D., Miglior F. et Kelton D. F., 2008.** Milking-to-milking variability for milk yield, fat and protein percentage,

and somatic cell count. *J. Dairy Sci.* 91:3412-3423 p.
<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2007-0184>.

Renaudeau D., Collin A, Yahav S., de Basilio V., Gourdine J. L. et Collier R. J. 2012. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal.* 6:707-728 p.
<http://dx.doi.org/10.1017/S1751731111002448>.

Rode L., 2006. Formulating dairy cow diets for milk composition. in Proc. 41st Pacific Northwest Anim. Nutr. Conf. Vancouver, BC, Canada.

Rulquin H., Hurtaud C., Lemosquet S. et Peyraud J. L., 2007. Effet des nutriments énergétiques sur la production et la teneur en matière grasse du lait de vache. *INRA Prod. Anim.* 20:163-176 p.

Saana M., 1994. Listériose et contamination du lait et des produits dérivés du lait. *Point vét.*, 26, 69-78 p.

Sboui A., Khorchani T., Djegham M., Belhadj O., 2009. Comparaison de la composition physicochimique du lait camelin et bovin du Sud tunisien; variation du pH et de l'acidité à différentes températures. *Afr. Sci.*, 05(2): 293 – 304 p.

Seegers H., Fourichon C. et Beaudeau F., 2003. Production effects related to mastitis and mastitis economics in dairy cattle herds. *Vet. Res.* 34:475-491p.
<http://dx.doi.org/10.1051/vetres:2003027>.

Seelinger H. P. R. et Jones D., 1986. *Listeria*. In Bergey's Manual of systematic bacteriology, Vol.2 (P.H.A. Sneath,Edit.). Williams &Wilkins, Baltimore, 1235-1245 p.

Seme K., Pitala W., Osseyi G. E., 2015. Qualité Nutritionnelle Et Hygiénique De Laits Crus De Vaches Allaitantes Dans La Région Maritime Au Sud-Togo. *European Scientific Journal* edition vol.11, No.36 360-376 p.

Seydi M., 2004. Caractéristiques du lait cru. EISMV, laboratoire HIDAOA, 12 p.

Shahamamt., Woodbine M., 1979. Synergic control of *Listeria monocytogenes*. Proceedings of the Seventh International Symposium on the Problems of Listeriosis, Varna, 1977. Editeur: I. Ivanov. N.A.U. Center for Scientific Information, Sofia.

Sinha R. N., 1994. *Mycobacterium bovis*. In The significance of pathogenic microorganisms in raw milk (G. Hahn, édité.). Monographie, Document n° 9405, Fédération internationale de laiterie, Bruxelles, 159-188 p.

Sipkam., Stajne B., Zakula S., 1973. Listeriosis. Demostración de la presencia de listerias en leche. *Revista Encicloptdica de Veterinaria Social Science*, MCSER Publishing, Rome-Italy Volume 4 (11), pp 152-158.

Soukehal A., 2013. Dossier filière lait : Comment atteindre l'autosuffisance en 10 ans ! *Revue Perspectives N9- 3eme trimestre 2013.* pp : 22- 29.
<http://www.pixalcommunication.com/perspectives/revue/n9.pdf>

- Srairi M. T. et Hamama A. 2006.** Qualité globale du lait cru de vache au Maroc, concepts, état des lieux et perspectives d'amélioration. Transfert de technologie en agriculture, 137 : 1-4 p.
- Stajner B., Zakulai S., Kovin I. M. C., Galic., 1979.** Thermoresistance of *Listeria monocytogenes* and its maintenance in the productions prepared from nonpasteurized milk. Vet. Glas. 33: 102- 112 p.
- Streeter R. N., Hoffsis G. F., Bech-Nielsen S., Shulaw W. P., Rings D. M., 1995.** Isolation of *Mycobacterium paratuberculosis* from colostrum and milk of subclinically infected cows. *Am. J. vet. Res.*, 56, 1322-1324 p.
- Syridion D., Layek S. S., Behera K., Mohanty T. K., Kumaresan A., Manimaran A., Dang A. K., Prasad S. 2012.** Effects of parity, season, stage of lactation and milk yield on milk somatic cell count, pH and electrical conductivity in crossbred cows reared under subtropical climatic conditions, *Milchwissenschaft*, 67: 362-65p.
- Tasci F., 2011.** Microbiological and chemical properties of raw milk consumed in Burdur. *Journal of animal and Veterinary Advances.*, 10 : 635-641 p.
- Taybi N. O., Amine Arfaoui A., and Mohamed Fadli M., 2014.** Evaluation of microbiological quality of raw milk in the region of Gharb, Morocco. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 9 No. 2 Sep., 487-493 pp. <http://www.ijisr.issr-journals.org>
- Thorel M. F., 1994.** Les mycobactérioses. *Point vét*, 26, 859-864 p.
- Varga G. A. et Ishler V. A. 2007.** Managing nutrition for optimal milk components. 1-14 p, in Proc. Western Dairy Manag. Conf. Reno, NV.
- Veisseyre R., 1979.** Technologie du lait constitution, récolte, traitement et transformation du lait. 3^{ème} édition. Edition la maison rustique, Paris.
- Vignola C., 2002.** Science et Technologie du Lait Transformation du Lait. Edition Presses Internationales Polytechnique, Canada. 3-75 p.
- Walker G. P., Dunshea F. R. et Doyle P. T. 2004.** Effects of nutrition and management on the production and composition of milk fat and protein: A review. *Aust. J. Agric. Res.* 55:1009-1028 p. <http://dx.doi.org/10.1071/AR03173>.
- Ward W. R., Hughes J. W., Faull W. B., Cripps P. J., Sutherland J. P., Sutherst J. E. 2002.** Observational study of temperature, moisture, pH and bacteria in straw bedding, and faecal consistency, cleanliness, and mastitis in cows in four dairy herds, *The veterinary Record*. 151: 199-206 p.
- Wattiaux M. A. et Karg K. L. 2004.** Protein level for alfalfa and corn silage-based diets: II. Nitrogen balance and manure characteristics. *J. Dairy Sci.* 87:3492-3502p. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73484-0](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73484-0) .
- West J. W., 2003.** Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 86:2131- 2144 p. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73803-X](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X)