



Institut des Sciences
Vétérinaires- Blida

Université Saad
Dahlab-Blida 1-



Projet de fin d'études en vue de l'obtention du
Diplôme de Master Complémentaire

**DETERMINATION DU STATUT SANITAIRE D'ELEVAGE BOVIN PAR CMT DANS
QUELQUES EXPLOITATIONS LAITIERES DE LA REGION DE BORDJ BOU ARRERIDJ**

Présenté par
Benkherouf Assia

Devant le jury

Président :	AIT BELKACEM A.	MCB	ISV
Examinatrice :	HADJ OMAR K.	MCB	ISV
Promotrice :	BAAZIZE-AMMI D.	MCA	ISV
Co-promoteur :	KEBBAL S.	MCA	ISV

Année : 2021/2022

REMERCIEMENTS

En premier lieu, je remercie le Bon Dieu. Elhamdulillah, pour ce succès et cette bénédiction.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements **Madame Baazize – Ammi Djamila** et à mon Co-promoteur **Monsieur Kebbal Sedik**, qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions, je tiens à vous remercier ainsi pour le temps que vous avez consacré pour me recevoir ou m'accompagner et pour répondre à mes nombreuses sollicitations.

Je remets un vif remerciement aux membres du jury, le président de jury **Monsieur Ait Belkacem A.** et l'examinatrice de ce travail **Madame Hadj Omar K.**, Je leur exprime ma profonde gratitude.

Je profite l'occasion pour exprimer mes sentiments de gratitude envers tous les enseignants qui ont contribué à enrichir mes connaissances.

Je remercie **Monsieur Aziz** et **Mme Habiba**, qui ont accepté de me recevoir au sein de leur centre de collecte et qui m'ont accompagné à chaque visite sur terrain. Je vous en suis pleinement reconnaissante.

Je remercie tous les élèves qui ont aimablement accepté de participer à ce travail.

Je désire adresser mes plus vifs remerciements à tous ceux qui ont participé à la réalisation de ce projet.

DÉDICACES

A ma mère, pour son amour, ses encouragements et ses sacrifices.

A mon père, pour son soutien, son affection et la confiance qu'il m'a accordé.

A mes frères et sœurs, Fouzy, Sara, Mahdi, Yasmine, Issam et Mouna, en gage de ma profonde estime pour l'aide que vous m'avez apporté, le soutien et la reconforte.

Aux petites Serine et Rania, qui ont fait naître dans notre famille une joie immense, je vous aime.

A mes grand-mères et ma tante pour leur Douas.

A mes sœurs, Ismahane et Nadia, en témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

A ma chère amie Nissa, a son grand cœur et sa générosité.

A toute ma famille, je vous dédie ce travail en reconnaissance de l'amour que vous m'offrez quotidiennement et votre bonté exceptionnelle.

Et enfin, à l'âme de mon oncle Zahir, Je prie que de là où tu es, tu sois fier de moi.

RESUME

L'ensemble de cellules présentes dans le lait est appelé cellules somatique, la mesure de la concentration de ces cellules dans le lait de tank constitue un moyen d'évaluation du statut sanitaire d'un troupeau. La présente étude a pour objectif la détermination du statut sanitaire des exploitations par numération cellulaire de tank (NCT) au moyen du California Mastitis Test (CMT). Pour répondre à cet objectif, 25 élevages situés dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj avec un effectif global de 188 vaches en production ont été visités. Des fiches de renseignement ont été utilisées pour la collecte des données au niveau de ces derniers. 25 échantillons de lait ont été prélevés pour un comptage cellulaire et analyse chimique du lait au moyen d'un Lactoscan.

Le traitement des données concernant les caractéristiques d'élevage a montré que 96 % des exploitations avaient un effectif ≤ 15 vaches dominé par la race Montbéliard (80 %) avec 74% de vaches multipares. 43,6% des vaches étudiées étaient en milieu de lactation et environ 32% étaient en stade de fin de lactation avec un niveau de production laitière entre 10 à 20 litres/vache/ jour pour 76% des vaches. Les résultats de la numération cellulaire du lait de tank ont montré que 60 % des élevages étudiés avaient un statut sanitaire considéré Bon ou satisfaisant. 40 % des élevages ont présenté un statut sanitaire insatisfaisant (préoccupant à alarmant) avec un comptage cellulaire supérieur à 500 000 Cell/ml de lait, pour lesquels le pourcentage de quartiers infectés est estimé entre 26 % et 48 %. La composition du lait a montré une variation du taux de matière grasse trop élevé par rapport aux normes dans 36 % des échantillons, la teneur en protéine aussi à présenter une élévation pour 36% des élevages alors que le mouillage dans 84% des exploitations a été inférieur à 8%. La situation sanitaire du pis des élevages étudiés est loin d'être critique. Ni au moins une politique de vulgarisation et de sensibilisation sur la technique du CMT et la détermination du statut sanitaire du pis est plus que nécessaire.

Mots clés : Cellules somatiques ; CMT ; élevages ; lait, statut sanitaire ; Tank.

الملخص

تسمى مجموعة الخلايا الموجودة في الحليب الخلايا الجسدية ، وقياس تركيز هذه الخلايا في حليب الخزان هو وسيلة لتقييم الحالة الصحية للقطيع. الهدف من هذه الدراسة هو تحديد الحالة الصحية للمزارع عن طريق عدد خلايا الخزان (NCT) باستخدام اختبار كاليفورنيا ماستيتيس تيس (CMT). ولتحقيق هذا الهدف، تمت زيارة 25 مزرعة تقع في ولاية برج بوغريج ويبلغ مجموع الأبقار فيها 188 بقرة. بغرض جمع بيانات تخص هذه المزارع تم استخدام بطاقات المعلومات. لقد تم جمع 25 عينة حليب موجهة الى عمليتي احصاء الخلايا و التحليل الكيميائي باستخدام اللاكتوسكان. بعد معالجة البيانات المتعلقة بخصائص المزارع موضوع هذه الدراسة، تبين أن 96% من المزارع مكونة من عدد ابقار ≥ 15 بقرة، اغلبها تنتمي الى سلالة مونيليارد (80%) اضافة الى ذلك 74% من الأبقار متعددة الولادات. 43.6% من الأبقار التي تمت دراستها كانت في منتصف فترة انتاج الحليب وحوالي 32% كانت في مرحلتها النهائية مع مستوى إنتاجي محصور بين 10 إلى 20 لترا / بقرة / يوم عند 76% من الأبقار. أظهرت نتائج احصاء خلايا الحليب على مستوى الخزان أن 60% من المزارع التي تمت دراستها لديها حالة صحية تعتبر جيدة أو مرضية بينما 40% من المزارع لديها حالة صحية غير مرضية (مثيرة للقلق بشكل يندرج بالخطر) مع عدد خلايا أكبر من 500000 خلية / مل من الحليب ، والتي تقدر النسبة المئوية للأرباع المصابة بين 26% و 48%.

وأظهرت نتائج تحليل مكونات الحليب تباينا، حيث يظهر ان نسبة الدهون مرتفعة جدا مقارنة بالمعايير في 36% من العينات، كما أظهر محتوى البروتين زيادة في 36% من المزارع بينما كان نسبة التمييه في 84% من المزارع أقل من 8%. يعتبر الوضع الصحي للضرع في المزارع التي تمت دراستها أبعد ما يكون عن الحرج. لكن هذا لا يمنع ضرورة تجسيد سياسة التعميم و التوعية حول تقنية الكشف عن الوضع الصحي للضرع عن طريق كاليفورنيا ماستيتيس تيس.

الكلمات المفتاحية: الخلايا الجسدية. كاليفورنيا ماستيتيس تيس. الثروة الحيوانية. الحليب والحالة الصحية ؛ الخزان.

ABSTRACT

The set of cells present in milk is called somatic cells, and measuring the concentration of these cells in tank milk is a method of evaluating the sanitary status of a herd. The objective of the present study was to determine the sanitary status of the dairy farms by using the California Mastitis Test (CMT) for tank cell count (TCC). For this purpose, 25 farms located in the wilaya of Bordj Bou Arreridj with a total of 188 cows in production were visited. Information sheets were used to collect data from these farms. 25 milk samples were collected for cell counting and chemical analysis of the milk using a Lactoscan.

Data processing concerning breeding characteristics showed that 96% of the farms had a population ≤ 15 cows, dominated by the Montbéliard breed (80%) and including 74% of multiparous cows. 43.6% of the cows studied were in mid-lactation and about 32% were in late lactation with a milk production level between 10 and 20 litres/cow/day for 76% of the cattle. The results of the tank milk cell count showed that 60% of the farms studied had a health status which was considered good or satisfying.

40% of the farms presented an unsatisfactory sanitary status (worrying to alarming) having a cell count higher than 500,000 cells/ml of milk, for which the percentage of infected quarters is estimated between 26% and 48%. The composition of the milk showed a variation of fat content too high compared to the norms in 36% of the samples, the protein content also showed an elevation in 36% of the farms while the wetting in 84% of the farms was lower than 8%. The udder health situation of the farms studied is far from being critical. However, a policy of vulgarisation and sensitisation on the CMT technique and the determination of the health status of the udder is more than necessary.

Key words: CMT; farms; milk; sanitary status; Somatic cells; Tank.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

DEDICACES

RESUME

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

LISTE DES ABRÉVIATIONS

PREMIERE PARTIE : PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Introduction 1

CHAPITRE 1 : Les cellules somatique

1. Cellules épithéliales..... 2

1.1. Description des cellules épithéliales mammaires..... 3

1.2. Rôle des cellules épithéliales 3

2. Leucocytes 4

2.1. Macrophages 4

2.1.1. Description des macrophages 4

2.1.2. Rôle des macrophages 5

2.2. Lymphocytes 5

2.2.1. Description des lymphocytes 5

2.2.2. Rôle des lymphocytes..... 6

2.3. Granulocytes neutrophiles..... 7

2.3.1. Description des granulocytes neutrophiles 7

2.3.2. Rôle des granulocytes neutrophiles..... 8

3. Distribution des cellules somatique dans le lait..... 9

CHAPITRE 2 : Facteurs de variation du comptage des cellules somatiques du lait

1. Variation du CCS lors d'infection..... 11

2. Variation du CCS hors de l'infection..... 13

2.1. Facteurs liés à l'animal..... 13

2.1.1. Age et parité.....	13
2.1.2. Stade de lactation et niveau de production laitière.....	13
2.1.3. Race et génétique	14
2.2. Facteurs liés à l'environnement.....	15
2.2.1. Stress	15
2.2.2. Saison	15
2.2.3. Gestion du troupeau	16
2.2.4. Taille et niveau de production du troupeau.....	17
2.3. Facteurs liés à l'échantillon.....	17

CHAPITRE 3 : Diagnostic des cellules somatiques

1. Méthodes directes.....	18
1.1. Comptage Microscopique.....	18
1.2. Counter Coulter.....	18
1.3. Fossomatic	20
2. Méthodes indirectes.....	20
2.1. California Mastitis Test (CMT).....	20
2.2. Méthodes de dosage.....	21
2.2.1. Dosage des protéines de la phase aigüe (M- SAA 3).....	21
2.2.2. Concentration en enzymes	21

CHAPITRE 4 : Intérêt des comptages des cellules somatiques

1. CCS et la production laitière.....	22
2. CCS et la gestion de la santé des vaches	22
3. CCS et le statut sanitaire de l'élevage.....	23
3.1. A l'échelle individuelle.....	23
3.2. A l'échelle du troupeau.....	24

DEUXIÈME PARTIE : PARTIE EXPÉRIMENTALE

Période et lieu.....	25
1. Matériel et méthodes.....	25
1.1. Matériel.....	25

Echantillons.....	25
Enquête.....	26
Equipements.....	26
1.2. Méthodes.....	27
Recueil des données.....	27
Prélèvements.....	27
Diagnostic par CMT.....	27
Analyse par Lactoscan	30
2. Résultats	32
Caractéristiques des élevages.....	32
Résultats des numérations cellulaires du lait de tank par CMT.....	33
Analyse paramètres du lait par Lactoscan.....	34
3. Discussion.....	35
Conclusion	40
Références bibliographiques	41

ANNEXES

Annexe 1	49
Annexe 2	50
Annexe 3	52
Annexe 4	54

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Evolution des mammites en fonction du type de l'agent pathogène	12
Tableau 2: Variation du taux de cellules somatiques en fonction de l'agent pathogène responsable de l'infection.....	12
Tableau 3: Effet des différents agents pathogènes sur le CCS du lait.....	13
Tableau 4: Grille de lecture de CMT (exemple: Notice Leucocyttest).....	21
Tableau 5: Effectifs d'animaux par exploitation et distribution des élevages dans la région d'étude.....	26
Tableau 6 : Grille d'interprétation des résultats.....	30
Tableau 7 : Caractéristiques des élevages et de leurs productions.....	31
Tableau 8 : Classement des élevages en fonction des tranches de NCT.....	32
Tableau 9 : Paramètres du lait obtenus par LACTOSCAN.....	33

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Cellule épithéliale mammaire mature.....	2
Figure 2: Hiérarchie de différenciation des cellules épithéliales mammaires	3
Figure 3: Différences morphologiques entre monocyte et macrophage.....	5
Figure 2: Lymphocyte sous microscope optique et électronique	6
Figure 5: Granulocyte neutrophile sous microscope électronique	8
Figure 6: Composition cellulaire du lait durant et hors l'infection.....	10
Figure 7: Variation de la numération cellulaire du lait au cours de la lactation.....	14
Figure 8: Variation du comptage cellulaire du lait chez 8 races laitières.....	15
Figure 9 : Variation de la numération cellulaire du lait en fonction de la saison.....	16
Figure 10: Une simple présentation du principe de fonction du Counter Coulter.....	19
Figure 11 : Fossomatic Cell Counter.....	20
Figure 12: Teepol et plateau de contrôle.....	28
Figure 13 : Mélange du lait avec de Teepol dans les 4 coupelles du plateau de contrôle.....	29
Figure 14: Lactoscan en phase de nettoyage.....	31

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ADN :	Acide Désoxyribonucléique
Ag:	Antigène
CD4 :	Cluster of Differentiation 4
CD8 :	Cluster of Differentiation 8
CCI:	Comptage Cellulaire Individuel
CCS:	Comptage de Cellule Somatique
Cell :	Cellule
CEM:	Cellule Épithéliale Mammaire
CMH:	Complexe Majeur d'Histocompatibilité
CMT:	California Mastitis Test
CPA:	Cellule Présentatrice d'Antigène
h:	Heure
LB:	Lymphocyte B
LT :	Lymphocyte T
ml:	Millilitre
NCT:	Numération Cellulaire de Tank
PMN :	Leucocytes Polymorphonucléaires
TCR :	T- cell Receptor
$\gamma\delta$:	Gamma Delta
μ l:	Microlitre
μ m:	Micromètre

INTRODUCTION

Les mammites sont considérées comme la principale menace pour l'industrie laitière, elles sont accompagnées de changements immunologiques et pathologiques dans le tissu glandulaire de la mamelle à différents degrés d'intensité et entraînent un large éventail de conséquences en termes d'altérations physiques, chimiques et souvent microbiologiques du lait sécrété (Alnakip *et al.*, 2014). Une augmentation spectaculaire du nombre de cellules somatiques du lait se produit dans le cas d'une infection intramammaire (Lindmark-Månsson *et al.*, 2006, Ryšánek. and Babák, 2005). Cette croissance cellulaire est le résultat du transfert de globules blancs du sang à la glande mammaire (Kelly *et al.*, 2000). Ce sont les leucocytes polymorphonucléaires (PMN), les lymphocytes et les macrophages.

Afin de mettre en évidence les mammites qu'elles soient cliniques ou subcliniques, le comptage cellulaire constitue un outil de diagnostic à l'échelle individuel et à l'échelle du troupeau (Angoujard, 2015).

Le comptage des cellules somatiques dans le lait de tank est utilisé comme indicateur de la santé mammaire et de la qualité du lait cru (Schukken *et al.*, 2003 ; Elmoslemany *et al.*, 2010 ; Madouasse *et al.*, 2010 ; Sant'Anna *et al.*, 2011).

C'est dans cette perspective, que s'inscrit notre étude qui a pour objectif de déterminer le statut sanitaire d'un certain nombre d'exploitations par des numérations cellulaires de tank (NCT) au moyen du California Mastitis Test (CMT).

CHAPITRE 1

LES CELLULES DU LAIT

L'ensemble des cellules présentes dans le lait est appelé cellules somatiques, cette appellation recouvre les cellules du tissu mammaires (cellules épithéliales) (Rainard *et al.*, 2018) qui peuvent être éliminées au cours du processus de sécrétion du lait (Boutinaud et Jammes, 2002), et les cellules leucocytaires dont les macrophages, les lymphocytes et les granulocytes neutrophiles (les polynucléaires) (Rainard *et al.*, 2018).

1. Cellules épithéliales

La production de lait par la glande mammaire dépend de l'activité des cellules sécrétrices connues par les cellules épithéliales mammaires (CEM) (Figure 1), une partie de ces cellules est éliminée dans le lait par exfoliation ce qui permet la régulation du nombre de CEM dans la mamelle et ainsi la quantité de lait produite par la glande mammaire (Herve *et al.*, 2016).

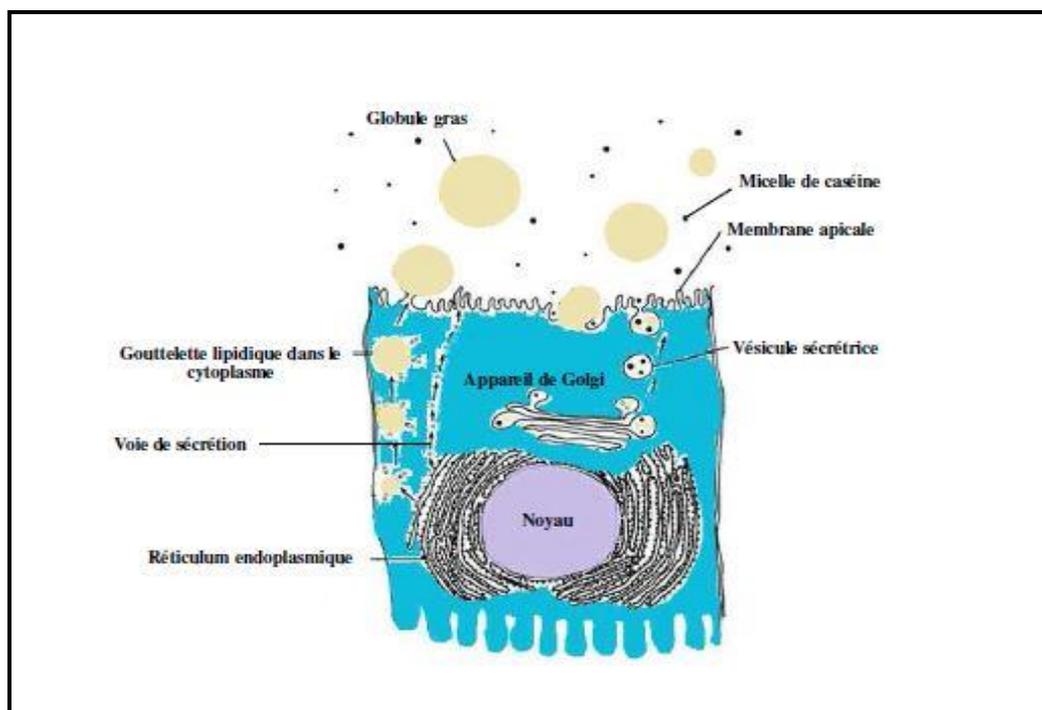


Figure 1 : Cellule épithéliale mammaire mature (Arevalo Turrubiarte, 2016)

1.1. Description des cellules épithéliales mammaires

Les CEM sont composées de 3 types de population cellulaire :

- **Les cellules souches** : Des cellules ayant la capacité de donner naissance à n'importe quel type de cellule (Dufreneix, 2015), elles sont considérées comme étant des cibles très intéressantes pour manipuler la multiplication cellulaire et la régénération tissulaire et ainsi permettre d'améliorer la productivité des vaches laitières et la santé de la glande mammaire (Figure 2) (Arevalo Turrubiarte, 2016).
- **Les cellules progénitrice** : La cellule progénitrice est une cellule qui provient d'une cellule souche mais avec une différenciation cellulaire plus spécifique vers certains lignages et avec une capacité de différenciation limitée (Figure 2) (Arevalo Turrubiarte, 2016).
- **Les cellules épithéliales différenciées** : responsable de la synthèse de lait (Dufreneix, 2015), selon leur localisation dans l'alvéole, 3 entités de cellules ont été identifiées : Les cellules épithéliales mammaires alvéolaires (Figure 2), les cellules épithéliales mammaires ductales (Figure 2) et les cellules myoépithéliales mammaires (Figure 2) (Arevalo Turrubiarte, 2016).

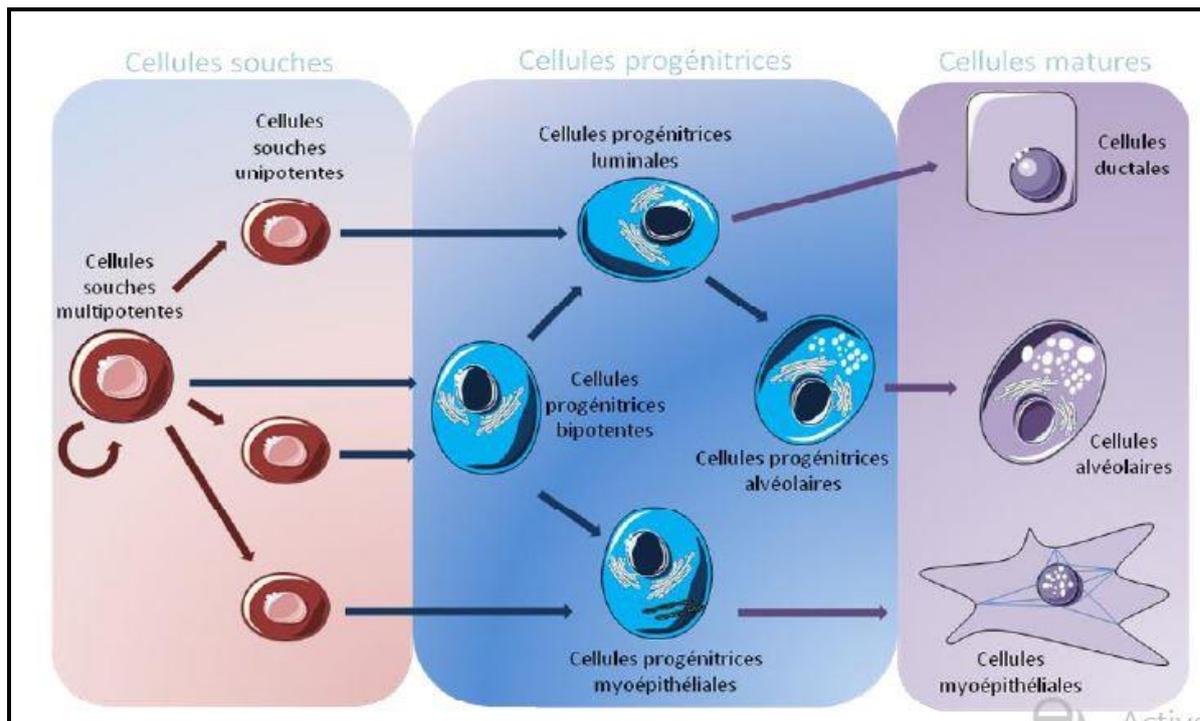


Figure 2 : Hiérarchie de différenciation des cellules épithéliales mammaires (Dufreneix, 2015).

1.2. Rôle des cellules épithéliales

Bien qu'elles ne soient pas des cellules spécialisées dans la défense, les cellules épithéliales jouent un rôle dans la protection de la mamelle (Forge, 2016). Elles assurent leur fonction

immunitaire soit par contact direct avec les bactéries (adhérence) ou par l'intermédiaire de métabolite irritant ou de toxines bactériennes (Gabli, 2005).

Les cellules épithéliales mammaires réagissent en synthétisant des cytokines pro-inflammatoires qui sont doués de propriétés chimiotactiques pour les polynucléaires induisant un signal inflammatoire capable d'attirer les polynucléaires neutrophiles vers le lait par diapédèse (Gabli, 2005).

2. Leucocytes

Dans le lait on peut rencontrer toutes les figures leucocytaires déjà décrites dans le sang mais on trouve principalement les macrophages, les lymphocytes et granulocytes neutrophiles (polymorphonucléaires) (Fauteux, 2014). Ces cellules sont impliquées dans les mécanismes de défense de la mamelle (Kebbal *et al.*, 2008), et bien que leur présence dans le lait constitue un indicateur du statut inflammatoire de la mamelle mais elle ne peut en aucun cas permettre une identification spécifique de l'agent pathogène responsable de l'inflammation (Kebbal *et al.*, 2008).

2.1. Macrophages

2.1.1. Description des macrophages

Les macrophages sont produits à partir de monocytes sanguins qui se différencient dans les tissus de la glande mammaire (Ezzat Alnakip *et al.*, 2014). Ils constituent le type cellulaire prédominant que l'on trouve dans le lait et les tissus mammaires sains involués et en production (Ezzat Alnakip *et al.*, 2014). Ils sont dotés d'un noyau en position excentrique rond ou réniforme (Walachowski, 2016), la cellule est délimitée par une membrane entourant un cytoplasme volumineux riche en vacuoles et divers granules azurophiles (Walachowski, 2016).

Les macrophages (Figure 3) se différencient des monocytes (Figure 3) par leur morphologie adaptée à leurs diverses fonctions, les macrophages sont de plus grande taille (entre 25 et 50 μm contre 12 à 15 μm pour les monocytes) et possèdent un système vacuolaire considérablement plus développé comprenant des éléments spécialisés (des endocytose, des endosomes, des lysosomes primaires, des phagosomes et des phagolysosomes) (Walachowski, 2016).

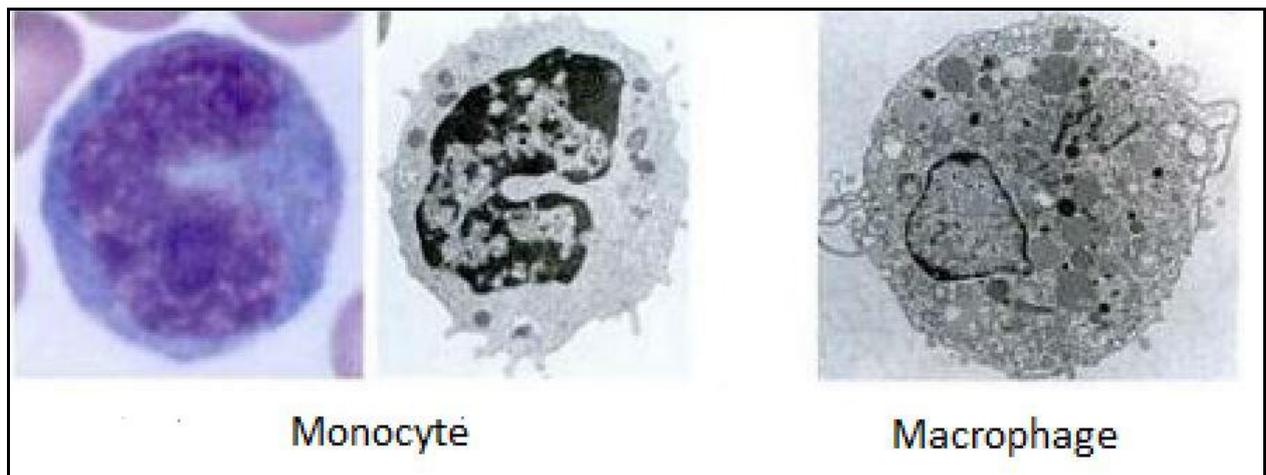


Figure 3 : Différences morphologiques entre monocyte et macrophage (Walachowski, 2016).

2.1.2. Rôle des macrophages

Les macrophages tiennent un rôle important dans la défense non spécifique précoce, ils sont responsables de la phagocytose des bactéries et des débris cellulaires et de la libération d'un grand nombre de composés déclenchée par l'adhésion des germes aux macrophages (Haddadi, 2006). L'activité phagocytaire des macrophages est responsable de l'initiation et de l'amplification d'une réponse inflammatoire faisant suite à la libération de substances chimiotactiles incitant l'afflux des neutrophiles (Forge, 2016).

Les macrophages sont aussi des cellules présentatrices d'antigène (CPA), et cela se traduit par l'exposition à leur surface d'un compartiment des éléments pathogènes afin d'activer les cellules lymphocytaires (LB et LT) ainsi que d'autres CPA, la stimulation de ces cellules permet la libération de cytokines (Forge, 2016).

2.2. Lymphocytes

2.2.1. Description des lymphocytes

Les lymphocytes (Figure 4) sont des petits leucocytes (Daoudi, 2016) de 3 à 8 μ de diamètre (souvent 6 μ) de forme arrondis dotés d'une mince écorce d'hyaloplasme et un noyau volumineux sans granulation (Adotévi et *al.*, 2018). Ces entités cellulaires sont produites dans la moelle osseuse où la majorité d'entre elles mûrissent et migrent vers les tissus à travers la circulation sanguine et lymphatique (Daoudi, 2016). Il existe deux principaux types de lymphocyte :

- Les lymphocytes B qui après leur activation se différencient en plasmocytes (cellules plasmatisques) sécrétant les anticorps (Daoudi, 2016).

- Les lymphocytes T: Deux groupes différents de lymphocytes T peuvent être rencontrés dans le lait:
 - Le premier groupe comprend des cellules exprimant CD4 connus par “les cellules T auxiliaires” (helper) et d’autres présentant un CD8 appelés “cellules T cytotoxiques” ou “suppresseurs”,
 - Le deuxième groupe implique les cellules $T_{\gamma\delta}$ (gamma delta) qui ont la capacité de reconnaître les phospho-antigènes (Forge, 2016).

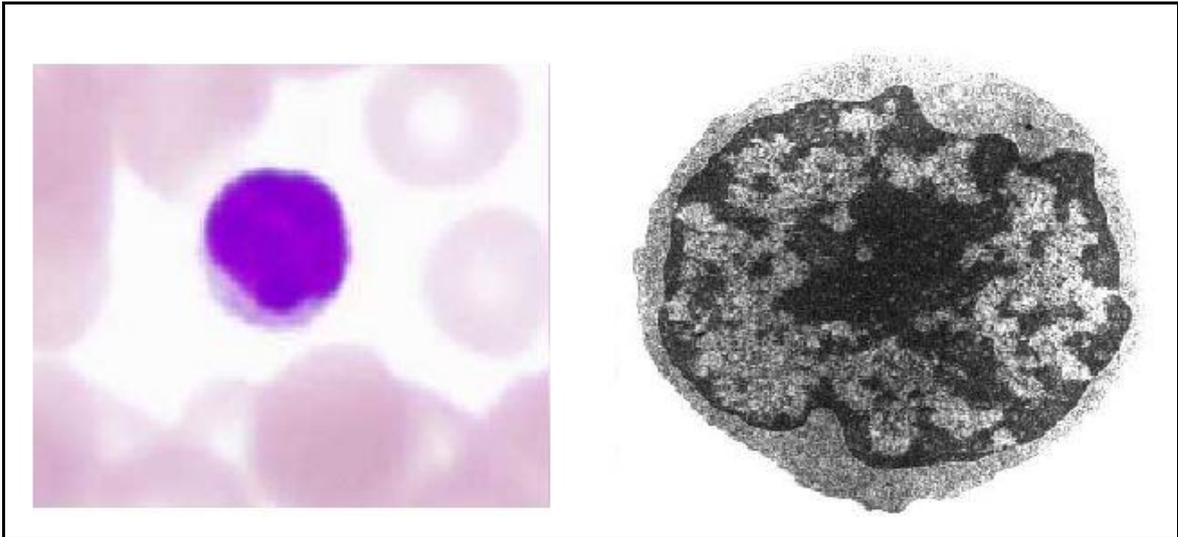


Figure 4 : Lymphocyte sous microscope optique et électronique (Kohler, 2012).

2.2.2. Rôle des lymphocytes

- Les lymphocytes T

Après différenciation et sélection, les lymphocytes T acquièrent des récepteurs de surface spécifique à l’antigène (TCR) capable de reconnaître un grand nombre d’antigène extérieur ou du soi modifiés (antigène tumoraux) (Adotévi *et al.*, 2018).

Les lymphocytes T présentant un CD4 produisent des cytokines à la suite de la reconnaissance du complexe Ag-CMH classe II présent sur les CPA (LB ou macrophages), les lymphocytes CD4 permettent aussi l’activation des lymphocytes B et des macrophages par l’intermédiaire de cytokine (Forge, 2016).

Les lymphocytes CD8 ont un rôle cytotoxique ou supprimeur, ils sont capables de reconnaître l’antigène exprimé à la surface des cellules infectées ou celui présenté par le CMH classe I, puis de détruire les cellules infectées suite à l’interaction de surface ou à la libération de perforines et de granzymes (Forge, 2016).

La classe de lymphocytes T $\gamma\delta$ approuve plusieurs fonctions biologiques, ils sont impliqués dans la protection des surfaces épithéliales (ex : destruction des cellules épithéliales altérées) comme ils peuvent intervenir dans des fonctions des cellules tueuses (Haddadi, 2006).

- **Les lymphocytes B**

Les lymphocytes B et par le biais de leur récepteur de surface sont capables de reconnaître un antigène spécifique et de produire des immunoglobulines dont 4 catégories ont été identifiées dans le lait : IgG1, IgG2, IgM et IgA (Forge, 2016). Après reconnaissance de l'antigène les LB l'internalise et le présente en association avec les molécules de CMH de classe II aux LT CD4 (Forge, 2016).

Les plasmocytes qui sont la forme proliférée et différenciée des LB sont responsables de l'élaboration de grandes quantités d'anticorps et de cellules mémoires (Forge, 2016).

2.3. Granulocytes neutrophiles

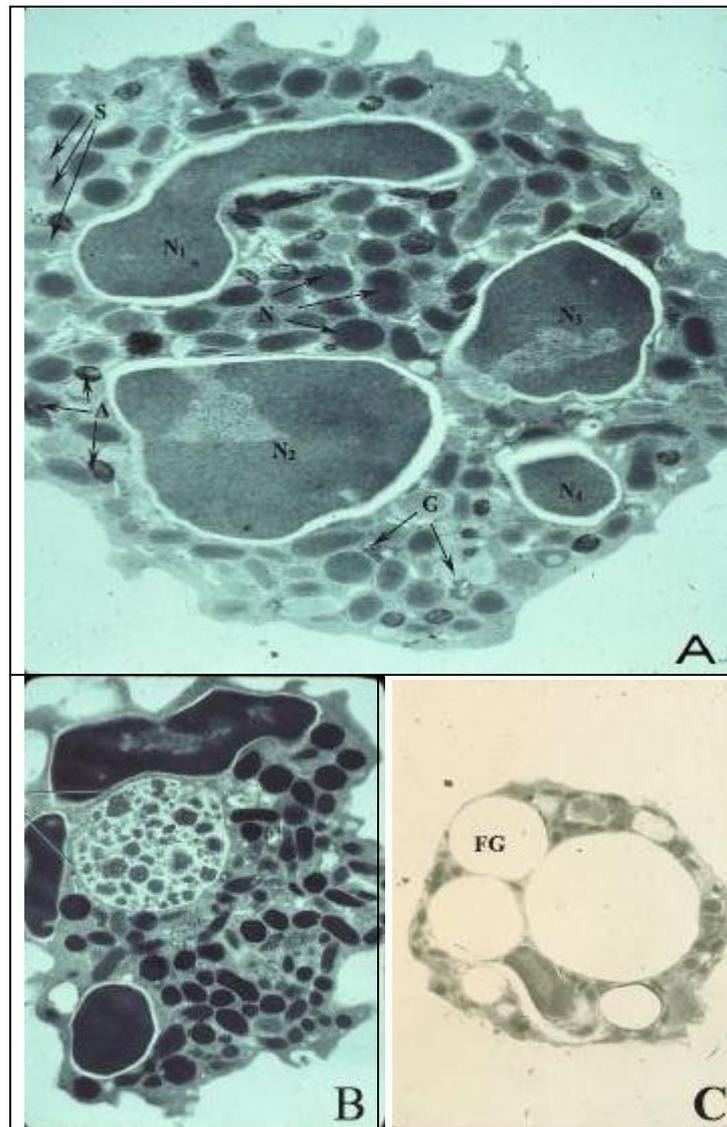
2.3.1. Description des granulocytes neutrophiles

Les leucocytes neutrophiles polymorphes (PMN) (Figure 5) constituent la première ligne de défense cellulaire contre les agents pathogènes envahissants, ils sont caractérisés par un noyau polylobé, de nombreux granules cytoplasmiques qui fournissent des constituants pour détruire les bactéries, de grandes réserves de glycogène pour l'énergie et une surface très alvéolée permettant la phagocytose des bactéries et la formation de vacuoles phagocytaires intracellulaires (Paape *et al.*, 2003).

De nombreux récepteurs sont présents à la surface des PMN selon Paape *et al.* (2003) :

- Des récepteurs pour détecter les agents chimiotactiles stimulant la migration des polynucléaires neutrophiles vers les zones d'inflammation.
- Des récepteurs d'adhésion servant de base de déplacement à travers l'endothélium et par la suite vers les sites d'infection.
- Des récepteurs qui fixent les immunoglobulines et les composants du complément et déclenchant des fonctions phagocytaires et bactéricides.
- Des récepteurs servant de liaison aux toxines bactériennes et aux cytokines pour la synthèse et l'expression de récepteurs de surface cellulaire utilisés dans la défense de l'hôte.

Un changement frappant de morphologie se produit lorsque les PMN quittent le sang et entrent dans le lait (Figure 5).



(A) Un PMN prélevé à partir du sang, (N1 à N4) Granules de glycogène, (G) Granules spécifiques (S) Granules à peroxydase négative (N) ranules azurophiles à peroxydase positive. **(B)** Un PMN prélevé à partir du lait caractérisé par une grande vacuole phagocytaire contenant de nombreuses micelles de caséine précédemment phagocytées. **(C)** PMN laitier avec une surface lisse et sphérique en raison de la perte des pseudopodes causés par l’internalisation du matériel membranaire qui forme maintenant les phagosomes contenant les globules gras du lait.

Figure 5 : Granulocyte neutrophile sous microscope électronique (Paape *et al.*, 2003).

2.3.2. Rôle des granulocytes neutrophiles

Les polynucléaires neutrophiles sont les plus nombreux dans le sang (Simon, 2009). Ils ont un rôle principal dans la phagocytose (Simon, 2009) et de bactéricidie par des mécanismes dépendants ou indépendants de l’oxygène (Haddadi, 2006).

Le mécanisme de destruction des bactéries est souvent dépendant d’oxygène via le phénomène de l’explosion respiratoire consistant à augmenter le métabolisme respiratoire,

l'efficacité de ce mécanisme antimicrobien est altérée par la faible présence d'oxygène dans le lait (la concentration d'oxygène dans le lait est 100 fois plus faible que celle du sang) (Haddadi, 2006). Les capacités fonctionnelles des neutrophiles présents dans le lait semblent être moindres par rapport à celles des neutrophiles du sang et cela est partiellement lié à la diminution de la quantité de granules cytoplasmiques au niveau des PMN suite à l'ingestion de globules gras et de caséines et par conséquent la diminution de l'activité bactéricide ainsi que la formation de pseudopodes indispensables à l'activité phagocytaire des neutrophiles (Forge, 2016).

3. Distribution des cellules somatique dans le lait

Le nombre et la proportion relative de chacun des types de cellules présentes dans le lait sont influencés par les différents états physiologiques et pathologiques de la glande mammaire (Fauteux, 2014).

Dans une glande saine, les leucocytes viables offrent un certain degré de protection cellulaire contre l'invasion microbienne grâce à leur capacité à reconnaître les microorganismes et à induire une réponse inflammatoire rapide dans le but de résoudre immédiatement l'infection intra-mammaire (Alnaki et *al.*, 2014). En outre, ces cellules peuvent contribuer à la restructuration de la glande mammaire pendant l'involution (Alnaki et *al.*, 2014). En effet, les macrophages et les lymphocytes (Rainard *et al.*, 2018) et plus précisément les LT (Forge, 2016) sont les cellules les plus représentées dans le lait, elles sont souvent considérées comme des cellules résidentes (Rainard et *al.*, 2018) par rapport aux neutrophiles qui sont présents en faible concentration (Forge, 2016).

Lors d'infection il y a un glissement de la composition cellulaire (figure 6) marquant une élévation du nombre de granulocytes neutrophiles qui deviennent largement majoritaires (Rainard *et al.*, 2018).

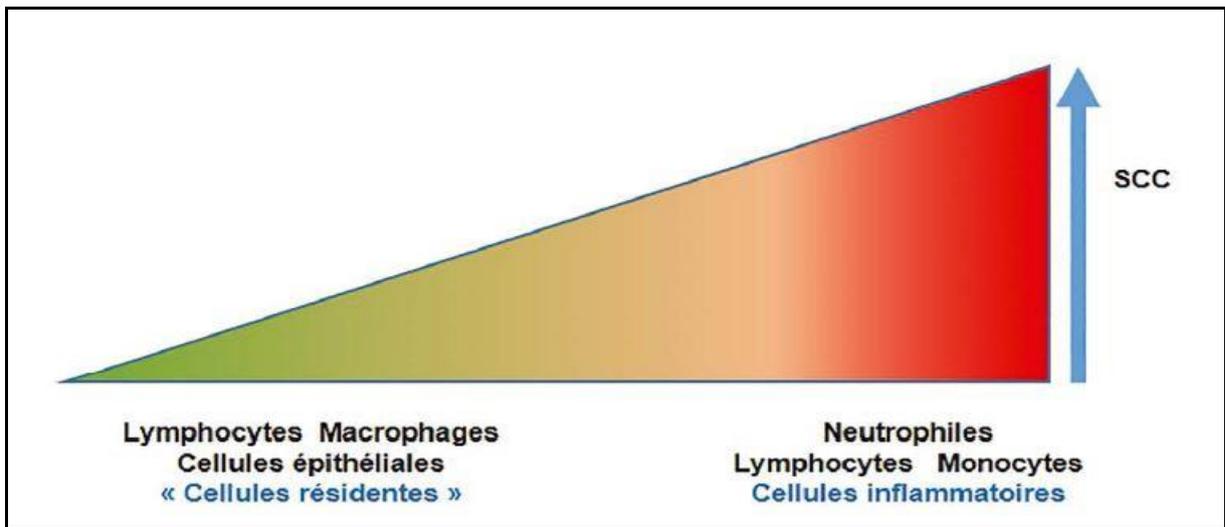


Figure 6 : Composition cellulaire du lait durant et hors l'infection (Rainard *et al.*, 2018).

CHAPITRE 2

FACTEURS DE VARIATION DU COMPTAGE DES CELLULES SOMATIQUES DU LAIT

Le comptage des cellules somatiques du lait (CCS) constitue un bio-marqueur très sensible de l'inflammation mammaire (Rainard *et al.*, 2018). En médecine individuelle, il est utilisé pour révéler l'infection mammaire au niveau du quartier, alors qu'à l'échelle du troupeau il est utilisé pour la gestion de santé et de la qualité du lait (Rainard *et al.*, 2018).

Lors de mammites le CCS du lait se caractérise par une augmentation (Hachana et Tebbini, 2018), et bien que le statut infectieux de la mamelle soit la principale cause de variation de la numération cellulaire (Pougheon, 2001), il existe d'autres facteurs de variation exerçant un effet parfois non négligeable chez des vaches indemnes de mammites (Coulon *et al.*, 1996).

1. Variation du CCS lors d'infection

L'inflammation de la glande mammaire (mammites) est une maladie importante chez les vaches laitières (M'sadak *et al.*, 2015). Cette pathologie peut avoir différentes origines : chimique, traumatique ou le plus souvent infectieuse (Remy *et al.*, 2010).

Les germes responsables de mammites sont multiples et peuvent être classés en 2 catégories :

- Les pathogènes majeurs : impliquant *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus uberis* et *Streptococcus dysgalactiae* (Remy *et al.*, 2010).
- Les pathogènes mineurs : comprennent les staphylocoques à coagulase négative (*S. hyicus*, *S. xylosus* ou *S. epidermitis*), *Corynébactérium bovis* (Bourachot, 2017).

Selon la virulence de ces microorganismes et la capacité immunitaire de l'hôte, il est possible de distinguer différentes formes d'évolution des mammites, elle peut écouler soit vers la guérison spontanée, soit vers une forme plus sévère présentant des signes cliniques (mammites cliniques) (Tableau 1) ou bien elle va persister sous une forme inapparente (mammites subcliniques) (Tableau 1) (Gabli, 2005).

Tableau 1: Evolution des mammites en fonction du type de l'agent pathogène (Bourachot, 2017)

Type de l'agent pathogène		Forme de mammite
Pathogènes majeurs	<i>Escherichia coli</i>	Mammites cliniques
	<i>Staphylococcus aureus</i>	
	<i>Streptococcus uberis</i>	
	<i>Streptococcus dysgalactiae</i>	
Pathogènes mineurs	<i>Staphylococcus hyicus</i>	Mammites sub-cliniques
	<i>Staphylococcus xylosus</i>	
	<i>Staphylococcus epidermitis</i>	
	<i>Corynébactérium bovis</i>	

Après pénétration de l'agent pathogène à travers le canal du trayon l'inflammation se déclenche par un afflux important de globules blancs expliquant l'augmentation du CCS du lait infecté (Hachana *et al.*, 2018). Le CCS dans le cas de mammites peut varier en fonction du type de l'agent causal (Boutet *et al.*, 2005).

Il semble que le comptage des cellules somatiques augmente notablement lors d'une infection causée par des agents majeurs que lors de celle faisant suite à la pénétration d'agents pathogènes mineurs (Tableau 2) (Fauteux, 2014).

Tableau 2: Variation du taux de cellules somatiques en fonction de l'agent pathogène responsable de l'infection (Boutet *et al.*, 2005).

	Paramètres	TCS (X 10 ³ C/ml)
Pathogènes majeurs	<i>Escherichia coli</i>	137
	<i>Staphylococcus aureus</i>	1586
	<i>Streptococcus uberis</i>	1003
	<i>Streptococcus dysgalactiae</i>	1453
Pathogènes mineurs	Staphylocoques à coagulase négative	989

TCS, taux de cellules somatiques.

Les données du tableau 2 ont été confirmées par plusieurs études telles que l'étude de Djabri *et al.*, (2012) qui consiste à évaluer les effets d'une infection mammaire sur le CCS du lait (Cf. tableau 3) .

Tableau 3 : Effet des différents agents pathogènes sur le CCS du lait (Djabri *et al.*, 2002).

	Paramètres	CCS (C/ml)
Pathogènes majeurs	Coliformes	251 000 – 5 816 000
	<i>Staphylococcus aureus</i>	333 000 – 1 426 000
	<i>Streptococcus uberis</i>	609 000 – 1 538 000
	<i>Streptococcus dysgalactiae</i>	420 000 – 1 168 000
Pathogènes mineurs	Staphylocoques à coagulase négative	63 000 – 1 277 000
	<i>Corynebacterium bovis</i>	40 000 – 421 000

2. Variation du CCS hors de l'infection

2.1. Facteurs liés à l'animal

2.1.1. Age et parité

Pour certains auteurs l'âge ou le numéro de lactation constitue un facteur de variation important en terme de comptage cellulaire du lait (Alexandre, 2005). Il a été montré que le comptage de cellules somatiques du lait augmente avec le rang de lactation, et donc avec l'âge de l'animal (Hadj Mbarek et M'sadak, 2014). Cette variation peut être expliquée par l'augmentation des effets associés aux mammites avec l'âge, ou par le fait que les vaches âgées présentent des réactions cellulaires plus intenses envers les infections ou les permanentes lésions du pis (Hadj Mbarek et M'sadak, 2014).

2.1.2. Stade de lactation et niveau de production laitière

Au cours de la lactation la numération cellulaire du lait évolue inversement à la production laitière (Coulon *et al.*, 1996) traçant une courbe de lactation inversée (Figure 7) (Fauteux, 2014). Le CCS est généralement élevé dans les premiers jours de lactation (Fauteux, 2014) correspondant à la période de lactosérum (Hadj Mbarek et M'sadak, 2014), puis diminue à son minimum entre 40 et 80 jours de lactation pour reprendre son augmentation jusqu'à la fin de la période de lactation (Fauteux, 2014).

La variation du CCS en fonction du stade de lactation est expliquée par l'effet dilution qui se confirme par le fait que la baisse accrue du CCS entre les jours 40 et 80 coïncide avec le pic de lactation (Fauteux, 2014).

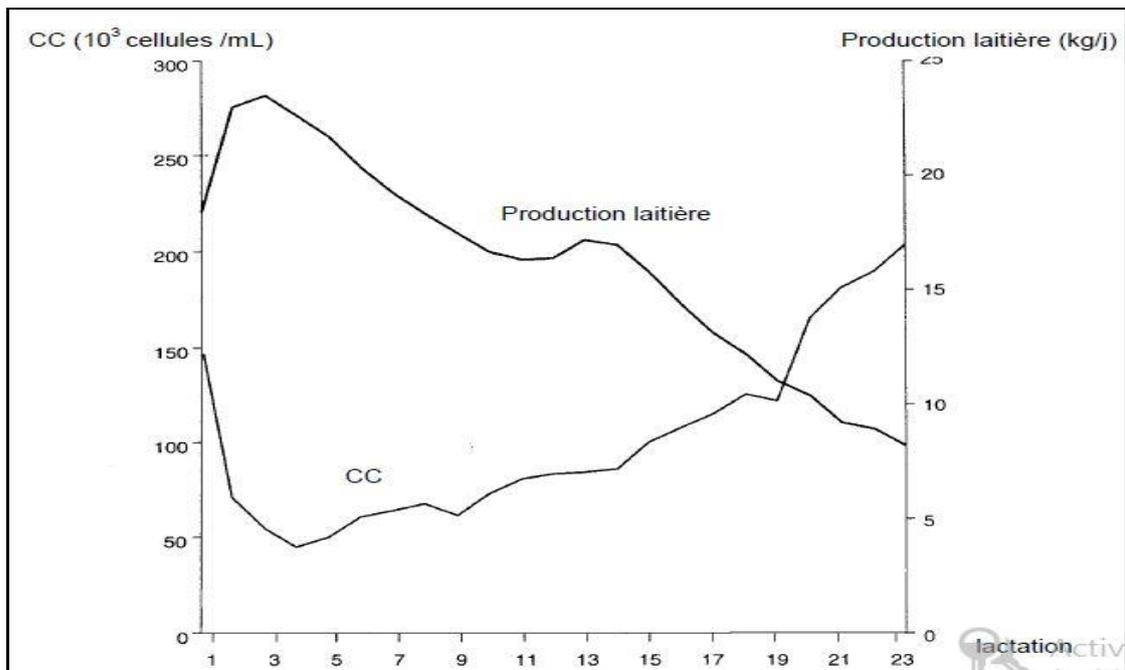


Figure 7 : Variation de la numération cellulaire du lait au cours de la lactation (Alexandre, 2005).

2.1.3. Race et génétique

La numération cellulaire du lait est partiellement soumise à la génétique, à nos jours le CCS peut être utilisé comme un critère de sélection pour accroître la résistance aux mammites dans les projets d'amélioration génétique (Rainard *et al.*, 2018).

Le phénotype CCS résulte d'une composante génétique et une composante environnementale modifiant le statut inflammatoire de la glande mammaire (Rainard *et al.*, 2018). La composante environnementale est représentée par la pression d'infection (risque infectieux lié à l'hygiène et à la conduite d'élevage), la qualité de la traite, l'alimentation, le stress, conditions climatiques... (Rainard *et al.*, 2018).

Le facteur race exerce un effet important sur le CCS (Alexandre, 2005), en général, le lait des vaches les moins productives représente une numération cellulaire inférieure à celle des races les plus productives (Figure 8), cet écart existe quel que soit le niveau de production laitière (Rupp *et al.*, 2000). L'origine de cette différence entre race peut être attribuée à l'aptitude des animaux à résister aux mammites (Rupp *et al.*, 2000).

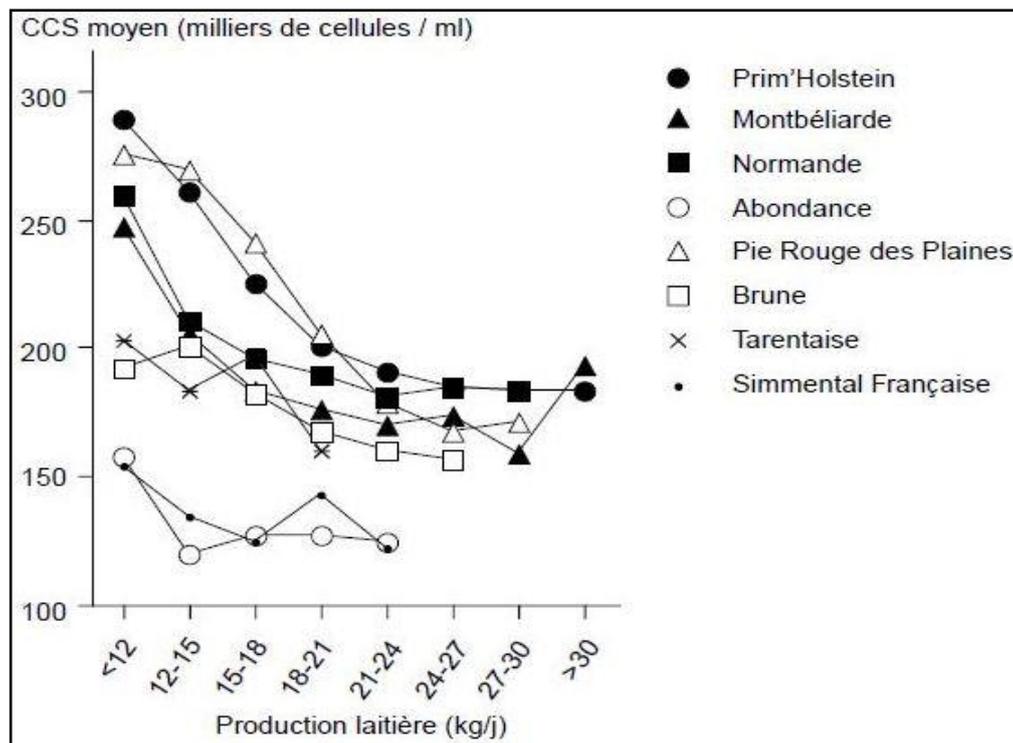


Figure 8 : Variation du comptage cellulaire du lait chez 8 races laitières (Rupp *et al.*, 2000).

2.2. Facteurs liés à l'environnement

2.2.1. Stress

Dans une glande saine, plusieurs études ont constaté que le taux de cellules augmente sous l'effet des conditions stressantes (Leslie, 1985). L'augmentation de stress a été associée à l'isolement d'un sujet, le mélange des groupes de vaches ou la présence d'un chien qui poursuit les animaux (Leslie, 1985).

2.2.2. Saison

Chez toutes les vaches, et indépendamment de la période de vêlage, une augmentation de la concentration cellulaire du lait est observée au cours des mois d'août et septembre (Figure 9) (Coulon *et al.*, 1996). Il est aussi à signaler que les températures n'ont pas d'effet direct sur la numération cellulaire (Fauteux, 2014), les causes de cette variation saisonnière sont toujours méconnues, on ne peut que supposer que c'est la répercussion des changements des conditions de logement et de température sur le degré d'infection (Leslie, 1985).

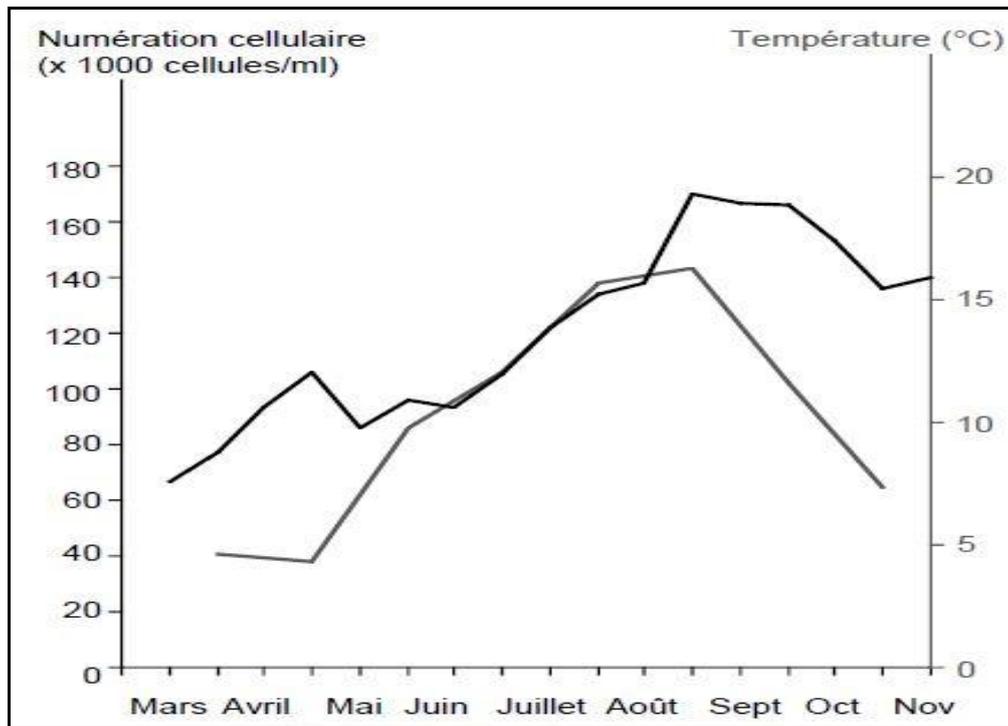


Figure 9 : Variation de la numération cellulaire du lait en fonction de la saison (Coulon *et al.*, 1996).

2.2.3. Gestion du troupeau

La diminution de la prévalence des mammites aboutit à la diminution du CCS du lait, raison pour laquelle plusieurs pratiques de gestion d'élevage sont mises en œuvre (Fauteux, 2014). La gestion de traite constitue un critère important dans le contrôle du CCS (Fauteux, 2014), les bains de trayons, le traitement des vaches tarées, l'entretien du matériel de traite et l'utilisation de serviettes en papier individuelles se sont tous avérés utiles pour faire baisser la concentration cellulaire du lait (Leslie, 1985). Il a été aussi suggéré de maintenir les vaches en position debout durant quelques minutes après la traite afin de limiter l'introduction des microorganismes à l'intérieur de la glande mammaire à travers le canal du trayon qui demeure ouvert juste après la traite (Fauteux, 2014).

Une variation du CCS en relation avec les paramètres du logement a également été identifiée, les mauvaises conditions thermiques, hygrométriques ou hygiéniques sont en effet des conditions très favorables à la multiplication de certains agents pathogènes responsables de mammites (Fauteux, 2014).

La gestion de l'alimentation participe aussi dans la variation des CCS, la nutrition adéquate permet un bon fonctionnement du système immunitaire et ainsi une optimisation de la résistance aux infections (Fauteux, 2014).

2.2.4. Taille et niveau de production du troupeau

Nombreuses sont les études qui évaluent la relation entre la taille et le niveau de production du troupeau et la numération cellulaire du lait, ces recherches ont démontré que la moyenne de cellules somatiques dans le lait de réservoir (tank) est nettement plus élevée dans les troupeaux de petites tailles par rapport à celle des grands troupeaux, les auteurs ont suggéré que cette différence est attribuée à la dilution des cellules dans une grande quantité de lait, il est aussi proposé que le contrôle des CCS est plus facile dans le cas de petit troupeaux contrairement aux troupeaux de grande taille (Fauteux, 2014).

2.3. Facteurs liés à l'échantillon

Bien que la numération cellulaire du lait est soumise à des variations physiologiques ainsi que pathologiques, il existe d'autres facteurs liés aux circonstances spécifiques à chaque contrôle laitier exerçant un effet sur le niveau de cellule entre la production et l'analyse du lait (Othmane *et al.*, 2008).

- L'âge de l'échantillon constitue aussi un facteur de variation, durant une étude réalisée dans ce contexte, Othmane *et al.*, (2008) ont observé que les résultats des comptages réalisés après 48 h de stockage étaient plus élevées par rapport à celle de référence, raison pour laquelle ils ont recommandé de procéder à la numération des cellules somatiques au plus tard 2 jours après le prélèvement.
- Il existe également un autre facteur de variation lié à la période de prélèvement : les échantillons effectués le matin présentent des comptages cellulaires plus faibles que ceux réalisés le soir (Alexandre, 2005). Cet écart est accordé à la différence du niveau de production laitière qui est plus importante le soir que le matin (Alexandre, 2005).

CHAPITRE 3

DIAGNOSTIC DES CELLULES SOMATIQUES

L'inflammation de la glande mammaire est l'une des maladies les plus coûteuses dans les troupeaux laitiers, en raison de son incidence sur le rendement laitier, de ses effets néfastes sur la composition du lait ainsi que son rôle dans le raccourcissement de la vie productive des vaches affectées (Pegolo et *al.*, 2021).

Les mammites, qu'elles soient de forme clinique ou subclinique, elles se traduisent par une augmentation de la numération cellulaire du lait, qui sert communément à évaluer la santé de la glande et la sévérité de l'infection intra-mammaire (Pegolo et *al.*, 2021).

Il existe différentes méthodes d'évaluation des teneurs en cellules classées en méthodes de mesure directes et indirectes (M'Sadak et Hamed, 2016).

1. Méthodes directes

1.1. Comptage Microscopique

Cette méthode constitue la méthode de référence proposée par la Fédération Internationale de Laiterie (FIL) (Liard, 2017).

La méthode consiste à compter les cellules à l'aide d'un microscope à immersion, 10 µl de lait sont étalés sur 1 cm² puis colorée au bleu de méthylène (Liard, 2017) ou au colorant de Levowitz-Weber qui est une solution retenue uniformément par les protéines du lait (Fauteux, 2014). Après coloration et à l'observation, les noyaux des cellules apparaissent en bleu foncé alors que leur cytoplasme apparaît en bleu clair (Fauteux, 2014). Les cellules sont comptées dans 100 champs raison pour laquelle la méthode microscopique est une méthode quantitative longue, laborieuse et bien qu'elle soit une méthode de référence, la lecture devient quasiment impossible dans le cas d'échantillon dépassant les 2 millions cellules/ml (Liard, 2017).

1.2. Counter Coulter

Cette technique est la première à avoir été automatisée (Alexandre, 2005). La méthode vise à compter le nombre de particules dans le lait en émettant une impulsion électrique proportionnelle à leur volume (Liard, 2017).

Le Compteur Coulter est constitué d'un béccher qui contient des particules en suspension dans un électrolyte à faible concentration (Parimi, 2020). L'appareil est doté de deux électrodes (positive et négative) qui serviront de chemin de courant, l'électrode positive est placée à

l'intérieur du bécher alors que l'électrode négative est placée à l'intérieur d'un tube à ouverture correspondant à la zone de détection le tout étant immergé dans le liquide à analyser (Parimi, 2020). Lorsqu'un champ électrique est appliqué les particules passent dans l'ouverture du tube (zone de détection) et modifie la résistance électrique du milieu et par conséquent l'intensité du courant entre les électrodes qui se traduit par une impulsion, la modification de l'intensité est proportionnelle au volume de la particule (Grappin et Jeunet, 1971). Chaque impulsion est comptée électroniquement (Grappin et Jeunet, 1971) et c'est ainsi que les informations sur la taille et le nombre de particules sont fournies (Figure 10) (Parimi, 2020).

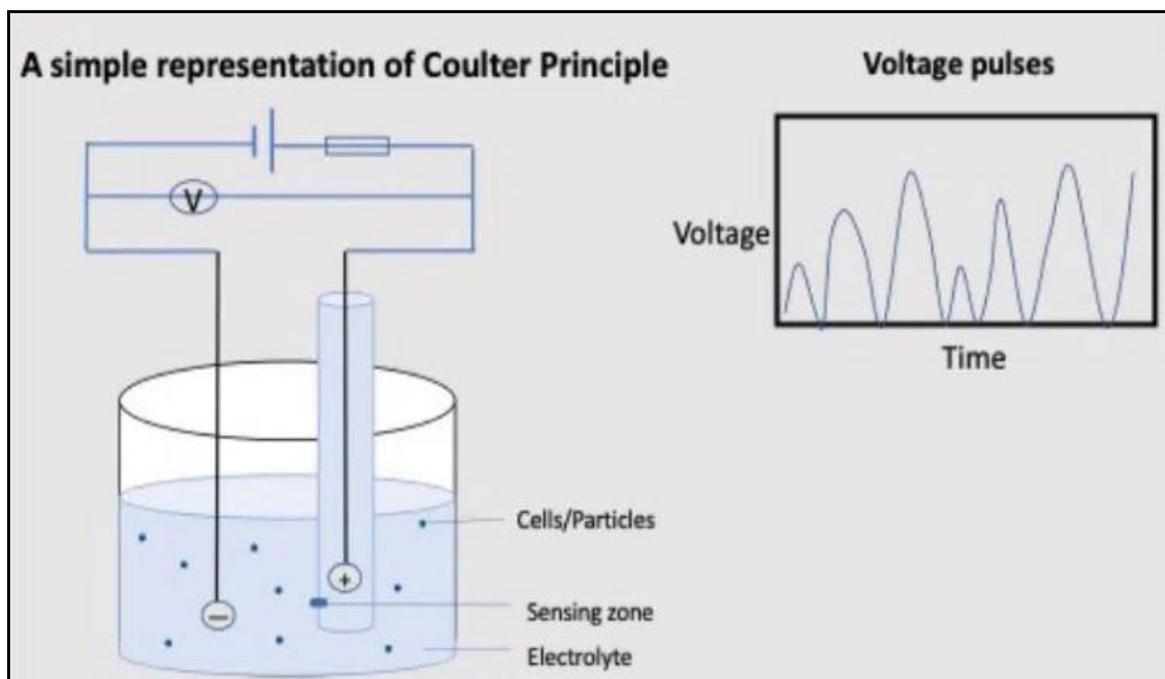


Figure 70: Une simple présentation du principe de fonction du Counter Coulter (Parimi, 2020).

Le Counter Coulter est aussi muni d'un réglage qui permet de préciser le seuil de lecture (niveau d'impulsion) au-dessus duquel s'effectuent les comptages. Le réglage de l'appareil est assuré par un étalonnage primaire à l'aide d'une suspension étalon contenant des particules dont la dimension est exactement connue (graines de latex, pollen, spores). Après l'étalonnage, seules les particules ayant un volume dépassant le seuil seront enregistrées par le Compteur (Grappin et Jeunet, 1971). Dans le cas du comptage des cellules somatiques du lait de vache le seuil minimal communément utilisé lors d'étalonnage est le seuil de 5 μm de diamètre (Kebbal *et al.*, 2008).

1.3. Fossomatic

C'est la technique automatisée la plus utilisée aujourd'hui (Alexandre, 2005) en raison de sa précision, son coût relativement faible, la facilité de ses démarches et sa rapidité (10 000 cellules/ seconde) (Liard, 2017).

L'automate utilisé dans cette méthode est le «Fossomatic Cell Counter» (Figure 11) (Fauteux, 2014) qui, contrairement au Counter Coulter, ne compte que les particules nucléées grâce à une coloration spécifique de l'ADN au bromure d'éthidium (Liard, 2017). Après coloration, les cellules sont exposées à un rayonnement spécifique du colorant (Alexandre, 2005) qui, dans cette technique, correspond à un faisceau lumineux bleu (400 – 570 nm) (Liard, 2017). Par la suite les noyaux colorés émettent une fluorescence rouge convertie en signal électrique qui sera traduit en termes de concentration cellulaire (Alexandre, 2005).

Bien que cette méthode soit connue pour sa précision, elle ne permet pas de différencier les types cellulaires (Liard, 2017).



Figure 11: Fossomatic Cell Counter (Anonyme, 2015).

2. Méthodes indirectes

2.1. California Mastitis Test (CMT)

Une méthode simple et peu coûteuse (Fauteux, 2014), c'est une méthode semi-quantitative reposant sur l'estimation visuelle de la quantité de cellules somatiques dans le lait (Liard, 2017). Il s'agit d'ajouter un volume, équivalent au volume de lait, d'agent tensioactif (Alkyl-aryl-sulfonate de sodium) qui provoque la lyse des cellules présentes dans le lait puis l'ADN libéré

forme un réseau de longs filaments qui capturent les globules gras, ce réseau augmente la viscosité du lait en fonction de la concentration cellulaire (plus la concentration augmente plus la quantité d'ADN libéré augmente et par conséquent la viscosité) (Angoujard, 2015).

Dans certaine forme de cette technique, l'action de l'agent tensioactif (Teepol) est associée à une réaction colorimétrique, le colorant responsable de cette réaction (Poupre de Bromocrésol) change de couleur proportionnellement au pH du milieu (Angoujard, 2015). Le pH du lait sain est compris entre 6,5 et 6,7. Dans un milieu acide (pH inférieur au pH du lait sain) le colorant devient incolore à gris et dans le cas d'un milieu alcalin (supérieur à 6,8) le colorant est de couleur violet (Angoujard, 2015). L'évaluation des résultats de ce test se fait à l'aide d'une grille préétablie (Tableau 4) (Fauteux, 2014).

Tableau 4 : Grille de lecture de CMT (exemple: Notice Leucocyttest) (Angoujard, 2015)

Grade	Signification	Description de la réaction	Interprétation (cellules/ml)
0	Négatif	Le mélange est liquide, homogène et fluide.	0 – 200 000
1	Traces	Le mélange devient légèrement visqueux. La viscosité est réversible et tend à disparaître.	200 000 – 400 000
2	Faiblement positif	Le mélange devient visqueux sans formation de gel au centre et la viscosité tend à persister	400 000 – 1 500 000
3	Clairement positif	Le mélange s'épaissit immédiatement avec la formation d'un gel au centre du godet lors des mouvements de rotation. Du liquide peut persister.	800 000 – 5 000 000
4	Fortement positif	Le mélange forme un gel au centre qui adhère au fond du godet. Il n'y a plus de liquide.	> 5 000 000

2.2. Méthodes de dosage

2.2.1. Dosage des protéines de la phase aigüe (M- SAA 3)

Il a été prouvé qu'il existe une corrélation significative entre les concentrations de la protéine (M –SAA 3) et les comptages des cellules somatiques du lait (Liard, 2017).

2.2.2. Concentration en enzymes

La lyse des polynucléaires neutrophiles et des cellules épithéliales libère des enzymes dont la concentration augmente lors d'infection (Liard, 2017), parmi ces enzymes : le lactate déshydrogénase (LDH) ou la n-acétyl-glucose-aminidase (NAGase) (Angoujard, 2015).

CHAPITRE 4

INTERET DES COMPTAGES DES CELLULES SOMATIQUES

La lutte contre les infections mammaires et les normes hygiéniques imposées au lait cru nécessitent un contrôle régulier de sa concentration en cellules somatiques (Dasen *et al.*, 1989).

1. CCS et la production laitière

Le rendement, la composition et la qualité du lait sont des facteurs importants pour la rentabilité des exploitations laitières (Cinar *et al.*, 2016). La présence de changements inflammatoires dans la glande mammaire peut être caractérisée par une augmentation de la numération cellulaire du lait entraînant des modifications de ses composants (Cinar *et al.*, 2016). Depuis la fin des années 90 la Communauté économique européenne (CEE) ne préconise pas la consommation de lait dont la numération cellulaire excède les 400 000 Cell/ml (Carrillo-Casas et Miranda-Morales, 2012). Le lait avec une numération cellulaire élevée peut présenter une instabilité aux traitements thermiques, une réduction du calcium, du lactose et de la caséine, et une augmentation du sodium, du chlorure, des protéines et de la matière grasse (Hachana et Tebbini, 2018).

Le plus grand avantage de l'expression du CCS sous forme de score linéaire est sa relation avec le rendement du lait (Reneau, 1986). L'estimation des pertes de production basées sur les scores cellulaires est suffisante pour illustrer l'importance économique relative du problème de mammites dans les troupeaux (Reneau, 1986).

Différentes approches ont été utilisées pour évaluer la relation entre le CCS et la production laitière, entre autre la démarche normative adoptée par nombreux auteurs et professionnels ainsi que le Syndicat National des Groupements Techniques Vétérinaires Français, cette démarche consiste à utiliser la formule suivante :

$$P (\%) = [NCT - 200.000 / 100.000] \times 0,02$$

Conformément à cette formule, au-delà de 200 000 cellules/ml, il y a une perte de lait équivalente à 2% pour chaque tranche cellulaire de 100 000 cellules/ ml (Mtaallah *et al.*, 2002).

2. CCS et la gestion de la santé des vaches

La concentration cellulaire du lait est utilisée pour estimer le taux d'incidence des infections intra-mammaires (Dufour et Dohoo, 2013). En outre, de nouveaux systèmes de traite capables

de mesurer la numération cellulaires des quartiers au moment de la traite pourraient être utilisés pour générer les données nécessaires à l'estimation et au suivi du taux d'incidence des infections mammaires du troupeau (Dufour et Dohoo, 2013).

Les comptages cellulaires peuvent être utilisés comme critère pour le traitement des mammites à condition de ne pas les utiliser comme unique indicateur. En effet, il a été clairement documenté que le traitement basé sur un CCS élevé n'est pas rentable (Reneau, 1986).

3. CCS et le statut sanitaire de l'élevage

La qualification sanitaire du cheptel répond à une approche collective permettant de maîtriser les maladies à caractère infectieux. Elle doit en effet assurer la protection des exploitations contre les différents risques d'infection (Ducrot *et al.*, 2010). La détermination des teneurs en cellules somatiques du lait constitue un test de référence pour évaluer l'état inflammatoire d'un quartier, de l'animal ou du troupeau (M'Sadak *et al.*, 2013) raison pour laquelle il est important de bien décrire l'évolution temporelle des comptages cellulaires tant au niveau individuel et de troupeau (M'Sadak et Hamed, 2016).

3.1. A l'échelle individuelle

Le comptage cellulaire individuel (CCI) est une technique qui permet de déterminer le statut sanitaire mammaire à partir d'un seuil prédéfinie (Alexandre, 2005). Cette simple technique s'effectue à un rythme mensuel durant toute la période de la lactation en raison de la grande variabilité des CCI de vache infecté qui peut à son tour influencer sur la qualité des résultats par des faux positifs (Alexandre, 2005).

La mammite étant la principale cause de dommages à la mamelle, il est raisonnable de supposer qu'une CCS élevée indique la présence d'une infection. La classification correcte des vaches en groupes infectés et non infectés dépend également de la sélection appropriée d'un seuil de CCS (Reneau, 1986).

- Les vaches saines dont tous les CCI sont estimés inférieurs à 300 000 Cellules/ml (Alexandre, 2005).
- Des vaches infectées avec au moins 2 CCI supérieurs à 800 000 cellules/ml (Alexandre, 2005).
- Si une vache ne peut être considérée saine ni infectée elle est classée donc douteuse (Alexandre, 2005).

Cette classification peut mieux orienter les éleveurs en terme de prise de décision vis-à-vis les différentes vaches de leurs troupeaux, des décisions qui concerne l'organisation de traite, de traitement au tarissement ou de réforme (Serieys, 1985).

Les quartiers d'une vache sont relativement indépendants les uns des autres en termes d'infections mammaires et de réponse inflammatoire (Alexandre, 2005), raison pour laquelle 2 types de comptages sont différenciés dont le comptage individuelle (sur lait de mélange des 4 quartiers) et le comptage à l'échelle du quartier, ce dernier est considéré plus précis mais plus coûteux que celui du lait de mélange (Serieys, 1985) qui constitue un bio-marqueur très sensible de l'inflammation mammaire permettant la gestion de la santé du troupeau et de la qualité de sa production (Rainard *et al.*, 2018).

3.2. A l'échelle du troupeau

Le comptage cellulaire du lait de tank constitue un indicateur précieux du statut sanitaire d'un troupeau, il permet d'estimer l'importance de mammites sub-cliniques et d'attribuer un pourcentage de quartier infecté et ainsi d'évaluer les pertes quantitatives de production qui en résultent (M'Sadak *et al.*, 2013).

Les comptages cellulaires de tank permettent de juger le statut sanitaire d'un troupeau en fonction d'un seuil prédéfinie :

- Les élevages dont la concentration cellulaires du lait de tank est inférieure à 250 000 cellules/ml, laisse supposer un statut sanitaire satisfaisant (Hanzen, 2016).
- Les élevages ayant un comptage cellulaire de tank supérieur à 500 000 cellules/ ml sont des élevages composés de vaches mammiteuses (Hanzen, 2016).

Le choix d'un seuil dépend des objectifs de l'éleveur : un seuil avec une grande sensibilité est choisi si le but est d'éliminer les mammites et de réduire les sources d'infections, par contre, un seuil avec une plus grande spécificité si les objectifs sont plutôt de diminuer les coûts de traitement (Alexandre, 2005).

PARTIE EXPERIMENTALE

Dans le cadre de notre projet de MASTER, nous nous sommes intéressés à l'étude du statut sanitaire de quelques élevages laitiers de la wilaya de Bordj Bou Arreridj par des numérations cellulaires de tank (NCT) au moyen du California Mastitis Test (CMT).

Pour répondre à cet objectif nous avons adopté une démarche expérimentale qui s'articule en 3 parties :

- 1- Enquête sur terrain rapportant les caractéristiques des élevages.
- 2- Comptage de cellules du Tank par CMT.
- 3- Analyse des paramètres du lait au moyen d'un Lactoscan, les paramètres mesurés étaient : les taux de matière grasse, de protéines et de mouillage.

Période et lieu

Le travail a été réalisé dans 5 différentes communes de la wilaya de Bordj Bou Arreridj (Bounechada, Teniet En-Nasr, Oued Sayad, Tafertast et Chetatha) entre le mois de juin et le mois d'août 2022, par des sorties sur terrain.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Matériel

- ***Echantillons***

Pour répondre à notre objectif, l'étude a été menée sur des échantillons de lait prélevés à partir de 25 exploitations avec une population de 188 vaches productrices réparties dans de différentes communes de la wilaya de Bordj Bou Arreridj et présentant les caractéristiques suivants :

Tableau 5: Effectifs d'animaux par exploitation et distribution des élevages dans la région d'étude.

N° exploitation	Commune	Nombre de vache productrice	N° exploitation	Commune	Nombre de vache productrice
1	Bounechada	7	14	Oued Sayad	6
2	Bounechada	4	15	Oued Sayad	12
3	Bounechada	3	16	Tafertast	4
4	Bounechada	6	17	Tafertast	8
5	Bounechada	8	18	Tafertast	14
6	Bounechada	10	19	Tafertast	10
7	Bounechada	19	20	Chetatha	14
8	Bounechada	8	21	Chetatha	5
9	Bounechada	3	22	Chetatha	4
10	Teniet En-Nasr	3	23	Chetatha	3
11	Teniet En-Nasr	2	24	Chetatha	13
12	Teniet En-Nasr	4	25	Chetatha	5
13	Oued Sayad	13			

- **Enquête**

Des fiches de renseignements ont été élaborées pour chaque élevage contenant 9 questions repartis en 2 thématiques (Cf. Annexe 1).

- **Equipements**

- Un kit de California Mastitis Test (CMT) comprenant un flacon de teepol et un plateau de contrôle contenant 4 coupelles.
- Seringue.
- Flacons stériles.
- Louche.
- Glacière.
- Flacons stériles.
- Eau distillée
- Milcotronic Lactoscan SP : Lactoscan est un analyseur de chimie moderne adapté à l'analyse de lait. Grâce à la technologie ultrasonore utilisée, il est possible d'obtenir une précision dans la mesure quelle que soit l'acidité du lait. Il permet de déterminer les paramètres de qualité les plus importants.

1.2. Méthodes

• *Recueil des données*

Les visites ont eu lieu le soir en compagnie d'un collecteur et ont concerné 25 exploitations laitières soumises à la traite mécanique (chariot trayeur).

Les informations relatives aux exploitations ont été obtenues en s'adressant aux propriétaires par des questions directes à propos des caractéristiques des élevages (effectifs, race, primipares, multipares...) et des stades et rang de lactations ainsi que le niveau de production.

Notre étude n'a pas tenu en compte des informations relatives à la conduite des élevages ou à la pratique de traite.

• *Prélèvements*

Les prélèvements de lait ont été réalisés le soir après la fin de traite à l'exception de 2 échantillons qui ont été issus de la traite matinale. Un volume de lait d'environ 50 ml a été prélevé du lait de mélange de chacune des 25 exploitations.

La réalisation de chaque prélèvement a respecté les étapes suivantes :

- Identification de l'échantillon : les flacons de prélèvement ont été numérotés de manière que chaque prélèvement correspond à la fiche de renseignement de l'élevage.
- Homogénéisation et prélèvement : après fin de traite et dans l'intention de prélever une fraction homogène, le lait de tank a été bien mélangé en utilisant une louche, puis prélevé dans les flacons stériles.
- Conservation et transport : les pots de prélèvement fermés d'une manière étanche étaient par la suite conservés à froid dans une glacière afin d'être acheminés vers un centre de collecte disposant d'un lactoscan où ils ont été analysés.

Il est à signaler que pour la majorité des exploitations nous avons pris la responsabilité d'homogénéiser et de prélever le lait dans les flacons stériles mais dans certaines exploitations le prélèvement était réalisé par l'éleveur ou son ouvrier (cas des 2 échantillons issus de la traite du matin).

• *Diagnostic par CMT*

Le CMT est réalisé à partir de l'échantillon de lait prélevé de chaque ferme, le principe de ce test consiste à évaluer la viscosité du lait après l'addition du teepol dans un plateau de contrôle (Figure 12).



Figure 12: Teepol et plateau de contrôle (photo personnelle)

Les étapes du test sont décrites comme suit :

- Faire agiter le flacon contenant l'échantillon avant de verser une quantité de lait dans chacune des 4 coupelles du plateau de contrôle.
- L'excédent de lait est vidé afin de ne conserver que 2 ml dans chaque coupelle (volume indiqué par un trait au fond de la coupelle).
- Ajouter 2 ml de teepol dans chaque coupelle (au moyen d'une seringue).
- Agiter le mélange (2ml de lait + 2 ml de teepol) par des mouvements circulaires puis en inclinant d'un côté à l'autre pour une durée de 30 secondes (Figure 13).



Figure 13 : Mélange du lait avec le Teepol dans les 4 coupelles du plateau de contrôle (Photo personnelle)

- La lecture des résultats se fait en fonction du changement de consistance du mélange et de son écoulement :
 - Un résultat négatif (-) correspond à un mélange qui demeure liquide et homogène et dont son déversement se fait en goutte à gouttes.
 - Le mélange qui prend une consistance légèrement visqueuse qui disparaît avant la fin de la lecture (réaction réversible) est classé (+/-)
 - Le mélange acquis une viscosité persistante et s'écoule graduellement quand vous le versez, dans ce cas le test est considéré (+)
 - Si durant la rotation vous observez la formation d'un gel adhérent au centre de la coupelle qui peut laisser un peu de liquide au déversement, l'échantillon est donc classé (++)
 - Dans le cas de formation d'une masse gélatineuse faisant rappeler l'aspect d'un blanc d'œuf qui quand vous le versez tombe d'un coup sans laisser de liquide le mélange est considéré (+++).

L'interprétation des résultats se réalise après achèvement des lectures, dans notre étude nous avons effectué l'interprétation des résultats en fonction des classements indiqués par Serieys, 1985 ; Harmoun, 1994 ; Leray, 1999 ; Baillargeon, 2005 et Wattiaux 2005.

Tableau 6 : Grille d'interprétation des résultats

Résultat CMT	Estimation en cellule/ ml	Statut sanitaire	Pourcentage quartier infecté
-	<200 000 C/ml	Bon	6%
+/-	200 000 – 500 000 C/ml	Satisfaisant	16%
+	500 000 – 1 M C/ml	Pré – occupant	32%
++/+++	> 1 M	Alarmant	+ 48%

• **Analyse par LACTOSCAN**

Notre étude s'est intéressée à la détermination de 3 paramètres de qualité dont le taux de matière grasse, de protéines et le mouillage.

L'analyse des 3 paramètres de qualité s'est réalisée comme suit :

- Préparation de l'appareil (installation, calibrage, réglage...)
- Homogénéiser le flacon contenant l'échantillon.
- Verser une quantité suffisante de lait dans le bécher en plastique (récipient)
- Placer le tube d'entrée à l'intérieur du récipient et laisser le tube aspirer le lait.
- Attendre quelques secondes puis remplacer le récipient contenant le lait par un autre contenant l'eau distillée qui servira au nettoyage de l'appareil.
- Les résultats s'affichent sur l'écran de l'appareil sur 2 pages.
- Laisser l'appareil finir le nettoyage avant de passer à l'analyse de l'échantillon suivant.



Figure 14: Lactoscan en phase de nettoyage (Photo personnelle)

Les données recueillies (enquête) et résultats obtenus par (CMT et analyse du lait) ont été saisis, traités et représentés en forme de tableau.

2. RESULTATS

Le traitement des fiches de données des élevages visités (Cf. Annexe 02) a permis de faire une brève description de ces élevages. Les résultats sont représentés dans les tableaux suivants.

• *Caractéristiques des élevages*

Les caractéristiques des élevages ont concerné 25 exploitations visitées ainsi que 188 vaches en production, leurs races et le rang de lactation et notamment des informations portant sur leurs productions laitières, les résultats obtenus sont rapportés dans le tableau 7.

Tableau 7: Caractéristiques des élevages et de leurs productions

Variables	Expression de la variable	Vaches	
		n	%
Description des animaux			
Effectif en production (n=25 élevages)	≤ 15	24	96
	>15	1	4
Race dominante	Montbéliard	150	79,8
	Holstein	6	3,19
	Simmental	14	7,45
	Autre	18	9,57
Rang de lactation	Primipares	49	26,06
	Multipares	139	73,93
Caractéristiques de lactation			
Stade de lactation	Début	46	24,47
	Milieu	82	43,62
	Fin	60	31,91
Niveau de production laitière	≤ 10 (litres/jour/vache)	36	19,15
] 10 – 20] (litres/jour/vache)	143	76,06
	> 20 (litres/jour/vache)	9	4,79

D'après ces résultats il en ressort :

- Description des animaux
 - 96 % des exploitations avaient un effectif ≤ 15, uniquement 4 % avaient un effectif supérieur à 15 vaches.
 - Environ 80 % des vaches étudiées étaient de race Montbéliard.
 - Les vaches multipares étaient prédominantes avec un pourcentage près de 74%.
- Caractéristiques de lactation
 - 43,6% des vaches étudiées étaient en milieu de lactation et environ 32% étaient en stade de fin de lactation.

- Le niveau de production laitière de 76% des vaches étaient compris entre 10 à 20 litres/ vache/ jour, uniquement 4.8% des vaches avaient une performance laitière supérieure à 20 litres/ jour.

- **Résultats des numérations cellulaires du lait de tank par CMT**

Le traitement des données des comptages cellulaires par CMT (Cf. Annexe 3) nous a permis d'obtenir les résultats rapportés dans le tableau 8. Le statut sanitaire de nos élevages, a été obtenu sur la base du classement des élevages en fonction des tranches cellulaires comme rapporté par Serieys, 1985 ; Harmoun, 1994 ; Le Roux, 1999 ; Baillargeon, 2005 et Wattiaux 2005.

Tableau 8 : Classement des élevages en fonction des tranches de NCT.

Cellules	CMT	Statut sanitaire	Quartier infecté	Elevages	
				n	%
Estimation en cellules (C/ml)	Considération				
<200 000	-	Bon	6%	1	4
200 000 – 500 000	+/-	Satisfaisant	16%	14	56
500 000 – 1 M	+	Préoccupant	32%	8	32
> 1 M	++/+++	Alarmant	+ 48%	2	8

De ces résultats, il ressort que :

- 4% des élevages avaient une numération cellulaire inférieure à 200 000 C/ml, ont une prévalence de mammites sub-clinique proche du zéro avec un bon statut sanitaire.
- 56% des élevages avaient un comptage cellulaire entre 200 000 et 500 000 C/ml avec une estimation de 16% de quartiers infectés et un statut sanitaire satisfaisant.
- 32% des élevages avaient une concentration cellulaire comprise entre 500 000 et 1 million de cellules/ ml avec une estimation de 32% de quartiers infectés et un statut sanitaire préoccupant.
- 8% seulement des élevages avaient un comptage cellulaire supérieur à 1 millions de cellules somatiques par millilitre, avec une estimation de plus de 48% de quartiers infectés et un statut sanitaire alarmant.

- **Analyse paramètres du lait par Lactoscan**

Le traitement des données de l'analyse des paramètres du lait par Lactoscan (Cf. Annexe 4) a permis d'obtenir les résultats décrits dans le tableau 9.

Tableau 9: Paramètres du lait obtenus par LACTOSCAN

Paramètres mesurés		Echantillons	
		n	%
Matière grasse (%)	≤ 4	16	64
	> 4	9	36
Protéines (%)	≤ 3	16	64
	> 3	9	36
Mouillage (%)	0 – 8	21	84
	> 8	4	16

A partir de ces résultats, on peut constater que :

- 64% des exploitations ont enregistré un taux de matière grasse inférieur ou égale à 4% (4 g dans 100 ml de lait) et une teneur de matière protéique inférieur ou égale à 3% (3g par 100 ml).
- 84% des élevages enquêtés avaient un taux de mouillage compris entre 0 et 8%.

3. DISCUSSION

La production laitière locale souffre d'un nombre de contraintes qui entravent son développement (Lazereg *et al.*, 2020), des contraintes d'ordre technique (les pratiques d'élevage peu performantes et inadaptées), d'ordre socio-économique (le prix de l'aliment) et d'ordre structurel et organisationnel (les politiques laitières adoptées)(Kaouche-Adjlane, 2015). Plusieurs facteurs peuvent être responsables de la variation du rendement laitier, notamment la race (Anonyme, 2011).

Concernant les caractéristiques des élevages de la région de l'étude, les résultats de l'enquête ont montré que les exploitations (96%) avaient un effectif inférieur ou égal à 15 et la race dominante était la race Montbéliard (79,8 %). 26 % des vaches étaient des primipares alors que 73,9 % étaient des multipares. Selon l'étude de Kebbal *et al.*, (2020) dans la wilaya de Blida, les résultats ont montré une répartition égale entre les deux classes de bovins laitiers soit bovins laitiers importés (BLI) et bovin laitier croisé (BLC). La moitié des élevages avait un effectif entre 5 et 15 vaches par exploitation et la plupart des troupeaux appartenait à la classe d'âge de 3 à 5 ans. L'effectif des primipares par rapport aux multipares n'a pas été pris en considération. Selon Kaouche-Adjlane *et al.*, (2015) dans la région centre nord de l'Algérie, les exploitations ont montré une nette domination des races importées (Holstein et Montbéliarde). La race Montbéliard est une laitière à haut potentiel combinant des qualités de production à des qualités morphologiques et bouchères (Dérvillé *et al.*, 2009).

Les résultats ont montré aussi que 24,5 % des vaches étaient en début de période de lactation, 43,6% étaient en milieu de lactation et environ 32 % en fin de lactation. 76% des femelles avaient une production comprise entre 10 et 20 litres par jour. Selon Kebbal *et al.* (2020), la production laitière moyenne quotidienne était de 14 litres/vache. Selon Belhadia *et al.* (2009) dans la zone de la plaine du moyen Cheliff, la quantité de lait quotidienne moyenne produite par vache et par jour était de 12,13 kg. Cette quantité était variable selon le type d'élevage, la saison et les individus.

Dans notre étude et tenant compte de la race de la plupart des femelles, les résultats de performance laitière sont relativement faibles, ceci peut s'expliquer par l'impact des caractéristiques de l'élevage sur leur niveau de production. Cette hypothèse a été corroborée par plusieurs chercheurs, les études de Coulon *et al.* (1991) et de Capuco *et al.* (2001) ont constaté qu'une production laitière est plus importante en début de lactation qu'en fin de lactation. Ray *et al.* (1992) par leur étude ont associé les niveaux de production les plus bas aux

femelles primipares, et les niveaux de production optimaux aux vaches dont le numéro de lactation est supérieur à 4.

Les mammites constituent la pathologie commune la plus coûteuse, elles sont à l'origine de pertes liées à l'élimination du lait anormal, aux coûts de remplacement des vaches de réforme, aux coûts des traitements et des services vétérinaires et surtout les pertes qui découlent de la diminution de la production laitière des vaches atteintes (1/3 des pertes est due à la réduction du rendement laitier) (Akers et Nickerson, 2011). L'inflammation de la mamelle (mammites) est une pathologie qui peut avoir plusieurs origines, sa forme aigue peut se manifester par des altérations au niveau du pis et un changement de l'aspect du lait et dans ses formes graves elle peut se signaler par des symptômes généraux (fièvre, apathie, perte d'appétit) avec un lait grumeleux et parfois mêlé de pus (Hunter *et al.*, 2006). La forme sub-clinique de cette affection est plus fréquente (Hunter *et al.*, 2006), elle est par définition une forme asymptomatique qui ne manifestent pas de symptômes fonctionnels (pas de modification de l'aspect de lait), de symptômes locaux ou généraux (Angoujard, 2015), mais elle se définit par une augmentation de la concentration en cellules somatiques (Bourachot, 2017), raison pour laquelle la numération cellulaire du lait de tank a été utilisée comme indicateur très valorisé en terme de détermination du statut sanitaire des élevages, elle permet de renseigner sur l'importance des mammites sub-cliniques et sur le pourcentage moyen des quartiers infectés (M'Sadak *et al.*, 2013).

L'utilisation des comptages de cellules somatiques comme critères d'évaluation est actuellement une méthode reconnue par les différents partenaires du secteur laitier et figure dans les réglementations nationales et internationales (Kebbal *et al.*, 2008), en Europe et depuis 1998, la Communauté économique européenne (CEE) ne recommande pas la consommation de lait dont le CCS est supérieur à 400 000 Cell/ml (Carrillo-Casas et Miranda-Morales, 2012), l'objectif actuel de la plupart des pays européens est de produire du lait dont le taux cellulaire est inférieur à 200 000 Cell/ml (M'Sadek *et al.*, 2011). En Amérique du Nord, la limite a été fixée à 750 000 Cell/ml, aux Etats-Unis et au Canada à 500 000 cellules (Carrillo-Casas et Miranda-Morales, 2012).

Ce motif de sélection est loin d'être intégré dans la politique laitière algérienne, selon La Chambre nationale d'Agriculture plus de 80 % des exploitations d'élevage laitier ne sont soumises à aucun contrôle sanitaire (Mamine *et al.*, 2021).

Les résultats du diagnostic cellulaire du lait de tank ont montré que la plupart des élevages étudiés (96 %) présentent des comptages cellulaires supérieurs au seuil optimal fixé à un taux maximal de 200 000 Cell/ml. L'élévation des valeurs cellulaires estimées par notre étude peut être partiellement due à la spécificité de la race Montbéliard car selon Rupp *et al.*, (2000), les vaches hautes productrices sont caractérisées par des numérations cellulaires relativement plus élevées par rapport à celles des races moins productives. La faible quantité de lait produite par près de 90 % des vaches examinées peut aussi être associée à l'élévation des comptages cellulaires du lait de mélange, des études menées dans ce contexte par Rupp *et al.*, (2000) ; Fauteux, (2014) et Hachana et Tebbini, (2018) ont prouvé l'existence d'une corrélation négative entre le rendement laitier et la numération cellulaire expliquée par l'effet dilution.

L'augmentation de la concentration cellulaire des échantillons prélevés peut être aussi associée à l'âge et le rang de lactation des vaches et cela a été affirmé par les résultats acquis de plusieurs recherches (Coulon *et al.*, 1996 ; Rupp *et al.*, 2000 ; M'Sadak *et al.*, 2013), il en sort de ces dernières que les concentrations cellulaires sont plus faibles chez les primipares que chez les multipares, et dans notre étude les primipares présentent 26 % de l'ensemble de la population étudiée contrairement aux pluripares qui représentent environ 74% de la totalité des vaches, de ce fait on peut considérer que nos résultats correspondent à ceux des recherches.

Le stade de lactation peut constituer une autre source de variation des comptages cellulaires. Selon Coulon *et al.* (1996) la numération cellulaire du lait progresse inversement à la courbe de lactation donc en début de lactation elle est moins importante qu'en milieu et fin de lactation, Dans notre étude les femelles en début de lactation ont été représentées par un pourcentage de 24,47% contre un pourcentage de 43,6 % de vaches en milieu de lactation et de 31,9 % de celles en fin de lactation, donc tenant compte des stades de lactation on peut constater que approximativement 75 % (43,6+31,9) des vaches en production présentent fort probablement des numérations cellulaires élevées. M'Sadak *et al.*, (2013) au cours de leur recherche ont signalé une relation entre l'effet du stade de lactation et celui du rang de lactation, leurs résultats ont confirmé ceux de Coulon *et al.*, (1996) qui ont établi que la numération cellulaire des primipares est plus faible que celle des multipares sauf en période de début de lactation. Une constatation qui peut influencer les résultats de notre recherche malgré la faible présence de primipares dans les fermes visitées.

Bien que notre étude ne s'est pas intéressée à l'évaluation des pratiques d'élevage et de traite, mais l'effet de ces dernières sur la numération cellulaire du tank n'est pas à négliger. plusieurs travaux qui ont étudié les pratiques d'élevage et de traite en tant que facteurs de risque d'infection et dont la maîtrise peut permettre de contrôler la prévalence de mammites dans les élevages (Mtaallah *et al.*, 2002 ; M'sadek *et al.*, 2011 ; Fauteux, 2014). Les travaux de Mtaallah *et al.*, (2002) ont permis d'associer ces pratiques à l'apparition de taux cellulaires élevés dans le lait de tank. M'Sadak *et al.*, (2013) ont proposé que la maîtrise des conditions d'hygiène devient plus difficile dans les élevages étendues (avec un nombre de vache élevé) raison pour laquelle la taille du troupeau est aussi considérée comme un facteur de variation des comptages de cellules somatiques dans le lait de mélange. L'effectif réduit dans les élevages concernés par notre étude (96 % sont d'un effectif inférieur ou égal à 15 vaches) nous laisse penser que l'effet possible des pratiques n'est pas associé à un défaut de maîtrise mais au non-respect de ses pratiques.

selon la grille de lecture utilisée dans notre étude, nous avons constaté que 56% des élevages ont montré une numération cellulaire comprise entre 200 000 et 500 000 Cell/ml relative à un pourcentage de quartier infecté égale à 16% pour chaque élevage, cette estimation est en rapport avec un statut sanitaire d'élevage considéré satisfaisant. 32% des échantillons analysés ont présenté une estimation de cellules somatiques située entre 500 000 et 1 million Cell/ml représentant 32% de quartier infectés par élevage, le statut sanitaire de ces élevages a été jugé pré- occupant. 2 élevages représentant 8% de la totalité des exploitations ont été déclarés ayant un statut sanitaire alarmant face à une numération cellulaire supérieur à 1 millions de cellules/ml, ce classement a permis d'estimer une valeur de plus de 48% de quartier présentant une infection mammaire. Uniquement 1 seul élevage (4% de l'ensemble des élevages) est représentatif d'un statut sanitaire qualifié bon, la numération cellulaire de l'échantillon de lait correspondant a été appréciée inférieur à 200 000 Cell/ml, valeur qui renvoie à un pourcentage de quartier infecté égal à 6%.

La distribution des résultats du LACTOSCAN a été faite en fonction des normes de performance d'une vache laitière, qui selon la littérature sont à un taux de 3.5% de matière grasse et une teneur de 3.2% pour les protéines (Lazar, 2014), les résultats de notre étude ont montré des valeurs de matière grasse trop élevées par rapport aux normes pour 36% des élevages. La matière grasse varie en fonction de la race, du stade de lactation, de la saison et l'alimentation (Mtaallah *et al.*, 2019), la hausse des valeurs peut être attribuée aux concentrations cellulaires

élevées qui ont été estimées par notre analyse. L'étude de Hachana et Tebbini, (2018) peut confirmer la justesse de cette hypothèse car ils ont constaté par leurs résultats que le taux de matière grasse est corrélé positivement avec la numération cellulaire.

Le taux de protéines a présenté des valeurs relativement normales pour 64% des exploitations, et supérieures à la valeur normale pour 36% des élevages. Pour la variation du taux de protéines les résultats de Hachana et Tebbini (2018) et de Cinar et *al.* (2015) ont attribué l'augmentation du taux de protéine dans le lait à l'augmentation de concentration cellulaire chose qui n'a pas été clairement défini par nos résultats (64 % des résultats sont normaux) ce qui nous fait penser que probablement d'autres facteurs sont impliqués tel que l'alimentation, ce constat a été confirmé par l'étude de Coulon et D'Hour, (1994).

Le taux de mouillage toléré est estimé dans la littérature inférieur à 8%, le non-respect de ce seuil peut être à l'origine de variation des paramètres du lait (Boubani et Melaha, 2019). Dans notre étude 84% des exploitations ont marqué un taux de mouillage respectant les normes (< 8).

Conclusion

Cette étude réalisée dans de différentes communes de la wilaya de Bordj Bou Arreridj a permis de dégager un certain nombre de constatations relatives au statut sanitaire des élevages enquêtés. 60 % des élevages ont présenté des NCT < 500×10^3 cellules / ml pour lesquels le pourcentage de quartiers infectés est estimé à 16% donc en faveur d'un statut sanitaire entre bon et satisfaisant ; 40 % des élevages ont présenté un statut sanitaire insatisfaisant (préoccupant ou alarmant) pour lesquels le pourcentage de quartiers infectés est estimé entre 26 % et 48 %. Bien que ces résultats soient exposés à l'influence de différents facteurs (Race, rang de lactation, niveau de production...), ils sont aussi assujettis à l'influence des pratiques de traite, qui sont en toute hypothèse peu considérés dans la majorité des élevages.

Comme la numération cellulaire de tank est un outil de détermination du statut sanitaire des élevages, elle est également un moyen d'évaluation de la qualité du lait, d'après notre étude et conformément aux résultats de plusieurs recherches la composition du lait est influencée par la concentration cellulaire, un constat qui doit nous faire réfléchir à la nécessité de revaloriser les critères de paiement du lait à la qualité.

Il semble bénéfique pour tous les acteurs de la chaîne laitière (éleveur, laiterie ou consommateur) de mettre en œuvre une nouvelle politique visant à maîtriser la qualité cellulaire du lait au sein des troupeaux.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Adotévi, O., Ameisent, J.-C., Ame-Thomas, P., Arnulf, B., Aucouturier, P., Baron, C., Batteux, F., Beauvillain, C., Bellet, D., Berard, *et al.*, 2018. Immunologie fondamentale et immunopathologie, 2^{ème} Edition, Elsevier Masson, France, 344p.

Akers, R. M. et Nickerson, S. C. 2011. Mastitis and its Impact on Structure and Function in the Ruminant Mammary Gland. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 16, 275-289.

Alexandre, A. 2005. UTILISATION DES COMPTAGES CELLULAIRES DANS LA COMPARAISON DE DEUX PREPARATIONS HORSLACTATION. Thèse: Docteur Vétérinaire l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I, 94p.

Angoujard, P.L., 2015. Enquête sur le diagnostic et le traitement des mammites de la vache laitière par les vétérinaire de terrain en France en 2015. Thèse de Doctorat: vétérinaire, Ecole Nationale vétérinaire d'Alfort, La faculté de médecine de créteil, 121p.

Anonyme. 2011. Des programmes de sélection efficaces: Sélection des races bovines laitières. France génétique Elevage. valable: fr.france-genetique-elevage.org/Selection-des-races-bovines.html [consulté le 03-06-2022].

Anonyme, 2015. Fossomatic™ FC Somatic cell counting for raw milk testing. In: FOSS (ed.). TEKAFOS.

Arevalo-Turrubiarte, M. 2016. Caractérisation de biomarqueurs cellulaires pour étudier la plasticité mammaire au cours de la lactation chez la vache laitière. Thèse: Biologie et Agronomie, Université Bretagne Loire, 174p.

Baillargeon, J., Le CMT n'a pas dit son dernier mot, Réseau canadien de recherche sur la mammité bovine. *Flash mammites*, 1, (3), (2005).

Belhadia, M., Saadoud, M., Yakhlef, H. et Bourbouze, A. 2009. La production laitière bovine en Algérie : Capacité de production et typologie des exploitations des plaines du Moyen Cheliff. *Revue Nature et Technologie*, 01, 54-62.

Bounbani, K. et Melaha, I. 2019. Contrôle qualité du lait et ses dérivés de la laiterie Milalait. Mémoire: Master Professionne, Bioindustrie, Analyse et Contrôle, Université Frère Mentouri Constantine 1, 85p.

Bourachot, M. 2017. Traitement des mammites chez la vache laitière : l'aromathérapie, état des lieux et perspectives. Thèse: Docteur vétérinaire, UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I, 116p.

Boutet, P., Detilleux, J., Motkin, M., Deliege, M., Piraux, E., Depinois, A., Debliquy, P., Mainil, J., Czaplicki, G. et Lekeux, P. 2005. Comparaison du taux cellulaire et de la sensibilité antimicrobienne des germes responsables de mammite subclinique bovine entre les filières conventionnelle et biologique. Ann. Méd. Vét, 149, 173-182.

Capuco, A.V., Wood, D.L., Baldwin, R., Mcleod, K., Paape, M.J., 2001. Mammary Cell Number, Proliferation, and Apoptosis During a Bovine Lactation: Relation to Milk Production and Effect of bST. Journal of Dairy Science 84 (10), 2177-2187.

Carrillo-Casas, M. E. et Miranda-Morales, E. R. 2012. In: Bovine Mastitis Pathogens: Prevalence and Effects on Somatic Cell Count. NARONGSAK, C., pp. 360-374.

Cinar, M., Serbester, U., Ceyhan, A. et Gorgulu, M. 2016. Effect of Somatic Cell Count on Milk Yield and Composition of First and Second Lactation Dairy Cows. Italian Journal of Animal Science, 14 (1), 3646.

Coulon, J.-B., Dauver, F. et Garel, J.-P. 1996. Facteurs de variation de la numération cellulaire du lait chez des vaches laitières indemnes de mammites cliniques. INRA Productions Animales., 9, 133-139.

Coulon, J. B., Chilliard, Y., Rémond, B., 1991. Effets du stade physiologique et de la saison sur la composition chimique du lait de vache et ses caractéristiques technologiques (aptitude à la coagulation, lipolyse). INRA Productions Animales, 4 (3), 219-228.

Coulon, J. B. et D'hour, P. 1994. Effet du niveau des apports énergétiques sur les performances de vaches laitières de race Holstein ou Tarentaise. Ann Zootch, 43, 355-368.

Daoudi, R. 2016. Classification du cancer du sein par des approches basées sur les Systèmes Immunitaires Artificiels. Thèse: DOCTORAT , UNIVERSITE D'EVRY VAL D'ESSONNE, 149p.

Dasen, A., Piton, C., Beuvier, E. et Grappin, R. 1989. Numération des cellules somatiques du lait cru par la technique DEFT associée à un comptage visuel ou par analyse d'image. *Lait*, 69, 461-477.

Dervillé, M., Patin, S., Avon, L., 2009. *Races bovines de France*, France Agricole, Paris, France, 269p .

Djabri, B., Bareille, N., Beaudeau, F. O. et Seegers, H. 2002. Quarter milk somatic cell count in infected dairy cows: a meta-analysis. *Veterinary Research*, 33, 335-357.

Ducrot, C., Pécaud, D., Petit, É., Krebs, S., Viet, A.-F., Durand, B., Bitteau-Coroller, F., Beaudeau, F., Frappat, B., Calavas, D. et Fourichon, C. 2010. Qualification sanitaire des troupeaux, représentations du risque selon les acteurs et les disciplines. *Natures Sciences Sociétés*, 18, 3-13.

Dufour, S. et Dohoo, I. R. 2013. Monitoring herd incidence of intramammary infection in lactating cows using repeated longitudinal somatic cell count measurements. *Journal of Dairy Science*, 96, 1568-1580.

El moslemany, A. M., Keefe, G. P., Dohoo, I. R., Wichtel, J. J., Stryhn, H. et Dingwell, R. T. 2010. The association between bulk tank milk analysis for raw milk quality and on-farm management practices. *Prev. Vet. Med.*, 95, 32–40. .

Ezzat Alnakip, M., Quintela-Baluja, M., Bohme, K., Fernandez-no, I., Caamano-Antelo, S., Calomata, P. et Barros-Velazquez, J. 2014. The Immunology of Mammary Gland of Dairy Ruminants between Healthy and Inflammatory Conditions. *Journal of Veterinary Medicine*, 2014, 1-31.

Fauteux, V. 2014. Prédiction de la violation d'un seuil de 400 000 cellules/mL au réservoir de lait à l'aide du portrait et de la dynamique de santé du pis des troupeaux laitiers québécois. Mémoire: M.Sc.en sciences vétérinaires, Université de Montréal, 127p.

Forge, L. 2016. Évaluation expérimentale des conséquences de l'immunisation contre *Escherichia coli* dans la protection vis-à-vis des mammites : Effet de la voie d'administration. Thèse d'exercice Médecine, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, 138p.

Gabli, A. 2005. Etude cinétique des cellules somatiques dans le lait des vaches atteintes de mammites et de vaches saines. Thèse:Doctorat d'Etat en Sciences Vétérinaires, Université MENTOURI-Constantine, 82p.

Grappin, R. et Jeunet, R. 1971. Essais de l'appareil « Compteur Coulter» utilisé pour la détermination du nombre de cellules totales des laits de troupeaux. *Lait*, 39, 273-293.

Hachana, Y. et Tebbini, G. 2018. Impact des cellules somatiques sur la production laitière et la composition chimique du lait cru. *Journal of New Sciences*, 60, 3844-3849.

Haddadi, K. 2006. Mécanismes de la protéolyse dans le lait lors de l'inflammation de la glande mammaire chez la vache laitière : activité des protéases leucocytaires et des protéases bactériennes (cas d'*Escherichia coli*). Thèse: Sciences agronomiques, Institut National Polytechnique de Lorraine 302p.

Haj Mbarek, R. et M'sadak, Y. 2014. Facteurs de variation cellulaire du lait de vache chez des petits et moyens troupeaux hors sol menés en milieu semi-aride (Tunisie Littorale). *Algerian Journal of Arid Environment*, 4, 26-38.

Hanzen, C., 2016. *Physio-anatomie et propédeutique de la glande mammaire Symptomatologie, étiologie et thérapeutiques. Approches individuelles et de troupeau des mammites.* Cours universitaire, Faculté de médecine vétérinaire, Université de Liège, 170p.

Harmoun, R. J. 1994. *Physiology of mastitis and factors affecting somatic cell counts.* *Journal of Dairy Science*, 77, 2103-2112.

Herve, L., Quensel, H., Lollivier, V. et Boutinaud, M. 2016. Regulation of cell number in the mammary gland by controlling the exfoliation process in milk in ruminants. *Journal of Dairy Science*, 99, 854-863.

HUNTER, A., UILENBERG, G., MEYER, C., 2006. *La santé animale.* Quæ, 310p.

Kaouche-Adjalane, S., Ghozlane, F. et Mati, A. 2015. Typology of dairy farming systems in the Mediterranean basin (case of Algeria). *Biotechnology in Animal Husbandry*, 31 385-396.

Kaouche-Adjalane, S., 2015. *La filière laitière en Algérie. Etat des lieux et focus sur quelques contraintes de développement.* International center for advanced mediterranean agronomic studies, 6p.

Kebbal, S., Baazize-Ammi, D., Gharbi, I., Hanzen, C. et Guetarni, D. 2020. ÉTUDE DESCRIPTIVE DES FACTEURS DE RISQUE DES MAMMITES ET CARACTÉRISTIQUES MANAGÉRIALES DES EXPLOITATIONS LAITIÈRES DE LA WILAYA DE BLIDA. *Revue Agrobiologia*, 10, 1975 -85.

- Kebbal, S., Gharbi, I., Guemra, S., Hanzen, C. et Guetarni, D. 2008. Validation d'une méthode de dénombrement de la concentration en cellules somatiques du lait de vache au moyen du Coulter Counter® modèle Z2. *Ann. Méd. Vét.*, 221- 226.
- Kelly, A. L., Tiernan, D., O'sullivan, C. et Joyce, P. 2000. Correlation between bovine milk somatic cell count and polymorphonuclear leukocyte level for samples of bulk milk and milk from individual cows. *J. Dairy Sci.* , 83, 300–304.
- Kohler, C. 2012. Les cellules sanguines [<http://campus.cerimes.fr/histologie-et-embryologie-medicales/enseignement/histologie15/site/html/1.html#1>]. [consulté le: 15-08 2022].
- Lazar, L. 2014. Effet de l'alimentation de la vache sur la qualité du lait. Mémoire: Master II en production et amélioration végétale, Faculté des sciences de la nature et de vie, 130p.
- Lazereg, M., Bellil, K., Djediane, M. et Zaidi, Z. 2020. LA FILIÈRE LAIT ALGÉRIENNE FACE AUX CONSÉQUENCES DE LA PANDÉMIE DE LA COVID-19. *Les Cahiers du Cread*, 36, 227-250.
- Leray.O. Méthodes de comptage des cellules du lait et contrôle qualité. *J. N. G T V. I N R A.*, Nantes/ 26-27-28 Mai 1999, 85-90.
- Leslie, K. E. 1985. Comptage des cellules somatiques : Interprétation individuelle pour les vaches. Ontario <http://www.omafra.gov.on.ca/french/livestock/dairy/facts/85-087.htm#Interpretation>. [Accessed 20/08/2022].
- Liard, Mathilde.2017, Analyses bactériologiques et cellulaires des échantillons de lait chez des chèvres après sélection divergente sur la résistance aux mammites. Thèse: d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 126 p.
- Lindmark-Mansson, H., Branning, C., Aldén, G. et Paulsson, M. 2006. Relationship between somatic cell count, individual leukocyte populations and milk components in bovine udder quarter milk. *Int. Dairy J.* , 16, 717–727.
- M'sadak, Y., Haj Mbarek, R. et Mighri, L. 2015. Étude de la situation sanitaire mammaire et estimation des pertes quantitatives en lait en élevage bovin hors sol dans le sahel tunisien. *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology*, 19, 773-779.

M'sadak, Y. et Hamed, I. 2016. Évolution de la qualité cellulaire du lait de vache: Description et facteurs de variation chez deux grands troupeaux soumis à la traite tri-quotidienne (Sahel Tunisien). *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 4, 60-69.

M'sadak, Y., Mighri, L. et Kraiem, K. 2011. Etude de la situation sanitaire mammaire à partir des taux cellulaires de troupeau et estimation des pertes laitières engendrées chez des ateliers bovins hors sol en Tunisie. *Revue Nature et Technologie*, 4, 08-14.

M'sadak, Y., Mighri, L. et Kraiem, K. 2013. SITUATION SANITAIRE MAMMAIRE ET PERTES QUANTITATIVES LAITIÈRES GÉNÉRÉES PAR LES ÉLEVATIONS CELLULAIRES DANS DES ÉLEVAGES BOVINS HORS SOL EN TUNISIE. *Algerian journal of arid environment*, 3, 74-85.

Madouasse, A., Huxley, J. N., Browne, W. J., Bradley, A. J. et Green, M. J. 2010. Somatic cell count dynamics in a large sample of dairy herds in England and Wales. *Prev. Vet. Med.*, 96, 56–64.

Mamine, F., Fares, M. H., Duteurtre, G. et Madani, T. 2021. Régulation du secteur laitier en Algérie : un compromis entre sécurité alimentaire et développement d'une production locale. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 74, 73-81.

Matallah, S., Matallah, F., Jedidi, I., Mostefaoui, K. et Boukhris, R. 2019. Qualités physico-chimique et microbiologique de laits crus de vaches élevées en extensif au Nord-Est Algérien, <https://www.researchgate.net/publication/331159491>.

Othmane, M. H., Trabelsi, L., Ben Hammouda, M. et Bergaoui, R. 2008. Effet des conditions de transport et de la conservation sur le comptage cellulaire et pertes de précision associées aux âges des échantillons de lait de vache. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop*, 61, 19-25.

Paape, M. J., Bannerman, D. D., Zhao, X. et Lee, J.-W. 2003. The bovine neutrophil: Structure and function in blood and milk. *Veterinary Research*, 34, 597-627.

Parimi, R. 2020. Pop Quiz!: Do You Know How a Coulter Counter Works? [<https://bitesizebio.com/48384/coulter-counter-works/>], [Accessed 26-08 2022].

Pegolo, S., Giannuzzi, D., Bisutti, V., Tessari, R., Gelain, M. E., Gallo, L., Schiavon, S., Tagliapietra, F., Trevisi, E., Ajmone Marsan, et al., 2021. Associations between differential somatic cell count and milk yield, quality, and technological characteristics in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 104, 4822-4836.

Pougheon, S. I. A. S. 2001. CONTRIBUTION A L'ETUDE DES VARIATIONS DE LA COMPOSITION DU LAIT ET SES CONSEQUENCES EN TECHNOLOGIE LAITIERE. Thèse: Docteur vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire Toulouse , Université Paul-Sabatier de Toulouse, 102p.

Rainard, P., Foucras, G., Boichard, D. et Rupp, R. 2018. Faibles concentrations cellulaires du lait et sensibilité aux mammites des ruminants laitiers. La Revue INRA Productions Animales 31, 365-376.

Ray, D.E., Halbach, T.J., Armstrong, D.V., 1992. Season and Lactation Number Effects on Milk Production and Reproduction of Dairy Cattle In Arizona. Journal of Dairy Science 75 (11), 2976-2983.

Remy, D., Bosquet, G., Gourreau, J.M., Guiouillier, L., Labbe, J.F., Salat, O., Schmitt- Van De Leemput, E., Vin, H., 2010. Les Mammites. France Agricole, 256p.

Reneau, J. K. 1986. Effective Use of Dairy Herd Improvement Somatic Cell Counts in Mastitis Control. Journal of Dairy Science, 69, 1708-1720.

Rupp, R., Boichard, D., Bertrand, C. et Bazin, S. 2000. Bilan national des numérations cellulaires dans le lait des différentes races bovines laitières françaises. INRA Productions Animales., 13, 257-267.

Rysanek, D. et Babak, V. 2005. Bulk tank milk somatic cell count as an indicator of the hygiene status of primary milk production. J. Dairy Res., 72, 400–405.

Sant'Anna, A. C. & PARANHOS DA COSTA, M. J. R. 2011. The relationship between dairy cow hygiene and somatic cell count in milk. J. Dairy Sci., 94, 3835–3844.

Schukken, Y. H., Wilson, D. J., Welcome, F., Garrison-Tikofsky, L. et Gonzales, R. N. 2003. Monitoring udder health and milk quality using somatic cell counts. Vet. Res., 34, 579–596.

Serieys, F. 1985. Relation entre concentration cellulaire du lait individuel, production laitière, et sensibilité des vaches aux infections mammaires. Annales de Recherches Vétérinaires,, 16, 271-277.

Simon, M. 2009. Les cellules immunitaires et les organes lymphoïdes [Online]. Cours Pharmacie Available: <https://www.cours-pharmacie.com/immunologie/les-cellules-immunitaires-et-les-organes-lymphoïdes.html> [Accessed 15/08 2022].

Walachowski, S. 2017. Etude des propriétés immunostimulantes de composés pariétaux de levure sur les macrophages murins et évaluation dans des modèles infectieux. Thèse de Doctorat en Immunologie et Maladies infectieuses, l'Université Toulouse III - Paul Sabatier, 349p.

Wattiaux 2005. Statistical evaluation of factors and interactions affecting dairy herd improvement milk urea nitrogen in commercial mid-west dairy herds.

Wattiaux , M. A. 2015. MASTITIS: PREVENCION Y DETECCION. Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera, Universidad de Wisconsin-Madison.

ANNEXE 1

FICHE DE RENSEIGNEMENT

Ferme N° :

Wilaya :.....

Nom du fermier :

Sub-division Agricole :.....

Description des animaux :

1)- combien de vaches sont en cours de production (en lactation) ?

.....

2)- quelle est la race dominante dans votre élevage ?

.....

3)- votre élevage est composé de combien de vaches primipares et multipares ?

Primipares

Multipares

Caractéristiques de la lactation :

1)- votre élevage est composé de combien de vaches :

- En début de lactation

- En milieu de lactation

- En fin lactation

2)- A combien vous estimer la production individuelle journalière de vos vaches ?

.....

3)- quel est le niveau de production journalière totale de votre exploitation ?

.....

Caractéristiques de l'échantillon :

1)- la fraction prélevée provient du lait issu de :

Traite matinale

Traite du soir

Mélange des 2 traites

2)- Est ce que vous écartez le lait de vache sous traitement (lait sélectionné) ?

Oui

Non

ANNEXE 2

Résultats de l'enquête

N° ferme (echantillon)	Effectif en production	Race dominante	Nombre de vache					PL individuelle (L/j)	PL totale (L/j)	Echantillon prélevé	Lait sélectionné
			primipare	multipare	En début de lactation	En fin milieu de lactation	En fin de lactation				
1	7	Monbéliard	-	7	4	-	3	17	120	Soir	Oui
2	4	Monbéliard	-	4	-	-	4	15	60	Soir	Oui
3	3	Monbéliard	1	2	3	-	-	26.6	80	Soir	Oui
4	6	Monbéliard	1	5	-	4	2	14,2	85	Soir	Oui
5	8	Monbéliard	-	8	4	4	-	16,25	130	Matin	Oui
6	10	Monbéliard	3	7	1	9	-	20	200	Soir	Oui
7	19	Monbéliard	8	11	3	8	8	10,5	200	Soir	Oui
8	8	Monbéliard	-	8	-	-	8	3,75	30	Soir	Oui
9	3	Monbéliard	-	3	1	-	2	16.6	50	Soir	Oui
10	3	Monbéliard	-	3	-	3	-	26.6	80	Matin	Oui
11	2	Monbéliard	2	-	-	-	2	15	30	Soir	Oui

12	4	Monbéliard	-	4	2	2	-	20	80	Soir	Oui
13	13	Monbéliard	3	10	3	10	-	15,38	200	Soir	Oui
14	6	Monbéliard X locale	-	6	1	5	-	10	60	Soir	Oui
15	12	Monbéliard X Locale	2	10	-	-	12	6,66	80	Soir	Oui
16	4	Monbéliard	2	2	-	-	4	11,25	45	Soir	Oui
17	8	Monbéliard	-	8	1	7	-	18,75	150	Soir	Oui
18	14	Simmental	10	4	10	-	4	17,14	240	Soir	Oui
19	10	Monbéliard	3	7	4	6	-	8,5	85	Soir	Oui
20	14	Monbéliard	7	7	2	7	5	18,6	260	Soir	Oui
21	5	Monbéliard (1 Holstein)	-	5	-	5	-	17	85	Soir	Oui
22	4	Monbéliard	2	2	1	-	3	20	80	Soir	Oui
23	3	Monbéliard	1	2	-	2	1	21,6	65	Soir	Oui
24	13	Monbéliard	4	9	3	9	1	15,38	200	Soir	Oui
25	5	Holstein	-	5	3	1	1	18	90	Soir	Oui

ANNEXE 3

Résultats des comptages cellulaires par CMT

N° ferme (Echantillon)	Résultat CMT	Estimation en cellule/ ml	Statut sanitaire	Pourcentage quartier infecté
1	+/-	200.000 – 500.000 C/ml	Satisfaisant	16%
2	+	500.000 – 1 M C/ml	Pré – occupant	32%
3	+/-	200.000 – 500.000 C/ml	Satisfaisant	16%
4	+/-	200.000 – 500.000 C/ml	Satisfaisant	16%
5	+/-	200.000 – 500.000 C/ml	Satisfaisant	16%
6	+/-	200.000 – 500.000 C/ml	Satisfaisant	16%
7	++/+++	> 1 M	Alarmant	+ 48%
8	+	500.000 – 1 M C/ml	Pré – occupant	32%
9	+	500.000 – 1 M C/ml	Pré – occupant	32%
10	+	500.000 – 1 M C/ml	Pré – occupant	32%
11	++/+++	> 1 M	Alarmant	+ 48%
12	+/-	200.000 – 500.000 C/ml	Satisfaisant	16%
13	+	500.000 – 1 M C/ml	Pré – occupant	32%
14	+	500.000 – 1 M C/ml	Pré – occupant	32%
15	+/-	200.000 – 500.000 C/ml	Satisfaisant	16%

16	+/-	200.000 – 500.000 C/ml	Satisfaisant	16%
17	+/-	200.000 – 500.000 C/ml	Satisfaisant	16%
18	+/-	200.000 – 500.000 C/ml	Satisfaisant	16%
19	+	500.000 – 1 M C/ml	Pré – occupant	32%
20	+/-	200.000 – 500.000 C/ml	Satisfaisant	16%
21	-	<200.000 C/ml	Bon	6%
22	+/-	200.000 – 500.000 C/ml	Satisfaisant	16%
23	+/-	200.000 – 500.000 C/ml	Satisfaisant	16%
24	+/-	200.000 – 500.000 C/ml	Satisfaisant	16%
25	+	500.000 – 1 M C/ml	Pré – occupant	32%

ANNEXE 4

Résultats Lactoscan

N° échantillon	MG (%)	Protéines (%)	Mouillage (%)
1	3.66	2.72	10.38
2	3.79	2.98	00.00
3	3.74	3.05	00.00
4	3.87	3.03	00.00
5	3.89	2.99	00.00
6	3.96	2.90	4.03
7	4.58	3.07	1.34
8	3.91	2.94	1.73
9	6.25	3.90	00.00
10	2.38	2.34	17.11
11	3.75	3.16	00.00
12	3.61	2.81	2.30
13	4.34	2.99	3.26
14	5.98	3.24	6.53
15	3.70	2.89	1.92
16	4.23	3.01	1.15
17	3.89	2.98	00.00
18	3.89	2.91	3.07
19	3.53	3.86	1.92
20	3.95	2.97	0.57
21	4.70	3.16	00.00
22	4.65	3.26	00.00
23	8.27	3.48	17.30
24	4.37	3.12	00.00
25	3.79	2.47	24.23