

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEM  
Ministère de l'Enseignement Supérieur



248THV-2


Université de Saad Dahleb, Blida  
Faculté des Sciences Agro -Vétérinaires et Biologiques  
Département de Biologie

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention  
du diplôme d'ingénieur d'état en Biologie

Option : Contrôle de Qualité et Analyses

Thème :

VALIDATION D'UNE METHODE D'ANALYSE AU MOYEN D'UN APPAREIL  
« LACTOSCAN MCC 50 »



Présenté par :

M<sup>elle</sup> BENZERGUA Amina

Soutenu le : 08/07/2009

Membres de jury :

M<sup>r</sup> OUSSADOU L., C.C, Université Saad Dahleb, Blida  
M<sup>me</sup> TASSIST A., C.C, Université de Saad Dahleb, Blida  
M<sup>me</sup> HEZIL N., Vétérinaire, Université de Saad Dahleb, Blida  
M<sup>me</sup> BAAZIZE-AMMI D., M.A, Université Saad Dahleb, Blida  
M<sup>me</sup> TADJINE N., Ingénieur de laboratoire à l'université de Blida

Président  
Examinatrice  
Examinatrice  
Promotrice  
Co promotrice

Promotion : 2007/2008


**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université de Saad Dahleb, Blida**  
**Faculté des Sciences Agro -Vétérinaires et Biologiques**  
**Département de Biologie**

*Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention  
du diplôme d'ingénieur d'état en Biologie*

*Option : Contrôle de Qualité et Analyses*

**Thème :**

**VALIDATION D'UNE METHODE D'ANALYSE AU MOYEN D'UN APPAREIL  
« LACTOSCAN MCC 50 »**



**Présenté par :**

**M<sup>elle</sup> BENZERGUA Amina**

**Soutenu le : 08/07/2009**

**Membres de jury :**

**M<sup>r</sup> OUSSADOU L., C.C, Université Saad Dahleb, Blida**  
**M<sup>me</sup> TASSIST A., C.C, Université de Saad Dahleb, Blida**  
**M<sup>me</sup> HEZIL N., Vétérinaire, Université de Saad Dahleb, Blida**  
**M<sup>me</sup> BAAZIZE-AMMI D., M.A, Université Saad Dahleb, Blida**  
**M<sup>me</sup> TADJINE N., Ingénieur de laboratoire à l'université de Blida**

**Président**  
**Examinatrice**  
**Examinatrice**  
**Promotrice**  
**Co promotrice**

**Promotion : 2007/2008**

# Remerciements

*Au terme de mon stage de fin d'études en*

**BIOLOGIE OPTION : CONTRÔLE DE QUALITE ET  
ANALYSE**

*Mes sincères remerciements aux :*

*Honorables membres de jury pour leur acceptation d'examiner ce  
travail*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude au*

**Pr. GUETARNI D.**

*Qui m'a proposé ce travail, de m'avoir accueilli au sein de son  
laboratoire, pour l'accueil et l'aide.*

*Mes remerciements les plus sincères et ma reconnaissance éternelle,  
à ma promotrice*

**M<sup>me</sup> BAAZIZE-AMMI D.**

*Pour sa compréhension, sa disponibilité et toute l'aide*

*qu'elle m'a apporté*





*A ma Co-promotrice*

*M<sup>me</sup> TADJINE N.*

*Pour sa générosité et l'aide précieuse*

*A monsieur SAADAOUI R. pour son aide et sa gentillesse*

*Mes remerciements aussi à : M<sup>me</sup> GUETARNI*

*Ce travail n'aurait pu être réalisé sans l'étude statistique réalisée  
par :*

*Monsieur Kebbal S., Monsieur MEGHNI E. et l'équipe de  
Belgique*

*A Monsieur AMRANE A. le directeur général du laboratoire de  
contrôle de la qualité « CAQE » et toute son équipe plus  
particulièrement Mademoiselle SALIMA*

*A Monsieur AGGUINI S. du laboratoire « OVO-LABO » de  
Tizi-Ouzou*

*Mes remerciements vont également à:*

*M<sup>lle</sup> TARZAALI D., M<sup>r</sup> GOUFFI, M<sup>r</sup> KHELifa, M<sup>r</sup>  
MARKEMAL B., M<sup>me</sup> HOURIA., M<sup>me</sup> TASSIST, M<sup>me</sup>  
YAHIMI, M<sup>me</sup> HEZIL,*

*Toute l'équipe du laboratoire de recherche et ceux qui m'ont aidé  
dans la réalisation de ce travail.*

*Un hommage appuyé revient à mes parents pour leur soutien  
moral et matériel durant mon cursus.*



# Dédicaces



*A la mémoire de ma grande mère je dédie ce travail*

*A mes très chères parents « **BENZERGU**A Mohamed et **REBBI** Khadidja » pour leurs sacrifices et tout l'amour qu'ils me témoignent. Que dieu les protège.*

*A mes chères frères : Mokhtar, Slami et l'adorable Mehdi.*

*Ames chères sœurs : Meriem, Hassna et Faten.*

*A mes Oncles et mes Tantes et ma chère Fatima.*

*A toute la famille **BENZERGU**A et **REBBI**.*

*A toutes mes amies : Fatna, Nadia, Kheira, Halima, Hayet, Salima .....*

*A toute la promo de Biologie 2007/2008.*



III.2.3. Logement des animaux.	15
III.2.4. Saison et climat.	16

#### **Chapitre IV : Paiement du lait à la qualité.**

Définition de la qualité.	17
Qualité technologique.	17
Paiement du lait à la qualité.	17

#### **V.1. Disposition législatives et réglementaire.**

V.1.1. En Europe.	17
V.1.2. En Algérie.	18

#### **V.2. Modalités de paiement du lait.**

V.2.1. Paiement en fonction de la qualité hygiénique et sanitaire.	18
1. Teneur en germes totaux.	18
2. Teneur en cellules somatiques.	19
3. Teneur en spores butyriques.	19
4. Teneur en lipolyses.	19
5. Teneur en résidus inhibiteurs.	19
6. L'addition de l'eau "mouillage".	20
V.2.2. Paiement en fonction de la composition.	20

#### **V.3. Modalités d'application.**

V.3.1. Qualité bactériologique.	21
V.3.2. La composition.	21
V.3.2.1. Détermination de la teneur en matière grasse par méthode butyrométrique.	21
V.3.2.2. Détermination de la teneur en azote.	22
a. Par méthode Kjeldahl.	22
b. Par la méthode au Noire amido.	22

#### **Partie expérimentale:**

#### **Chapitre I: Matériel et méthodes.**

##### **I.1. Matériel:**

I.1.1. Matériel biologique.	23
I.1.2. Matériel de laboratoire.	23

##### **I.2. Méthodes:**

I.2.1. Détermination des paramètres physico chimiques du lait au moyen du «LACTOSCAN».	24
I.2.2. Détermination de la teneur en matière grasse par la méthode acido-butyrométrique dite de GERBER.	26
I.2.3. Détermination de la teneur en protéines vraies par la méthode au Noir amido.	28
I.2.4. Validation de la méthode utilisant le LACTOSCAN (analyse statistique).	30
II.2.5. Détermination de la numération cellulaire et recherche des résidus d'antibiotiques dans le lait de Tank.	
a. Numération cellulaire.	31
b. Recherche de résidus d'antibiotiques.	32

## **Chapitre II : Résultats et discussion.**

<b>Résultats.</b>	33
<b>Première partie : Évaluation de la méthode.</b>	35
<b>Deuxième partie : Application de la méthode du LACTOSCAN pour la détermination des critères de qualité.</b>	40
<b>Discussion.</b>	44
<b>Conclusion.</b>	47
<b>Références bibliographiques.</b>	
<b>Annexes.</b>	

# Liste des tableaux

<b>Tableau I :</b> Les constantes physiques du lait.	6
<b>Tableau II :</b> principaux minéraux et oligoéléments du lait.	8
<b>Tableau III :</b> composition vitaminique moyenne du lait cru.	8
<b>Tableau IV :</b> les principaux enzymes du lait.	9
<b>Tableau V :</b> Composition en principaux éléments chez quelques races bovines.	12
<b>Tableau VI :</b> Modification chimiques des laits en cas de mammites.	13
<b>Tableau VII:</b> Effet de logement sur la composition du lait.	15
<b>Tableau VIII :</b> Textes normatifs sur la méthode butyrométrique.	22
<b>Tableau IX :</b> Document normatif pour la méthode au Noire amido.	22
<b>Tableau X:</b> Résultats de l'analyse des dix échantillons au moyen du LACTOSCAN.	33
<b>Tableau XI :</b> Résultats de l'analyse de la matière grasse par la méthode de GERBER.	34
<b>Tableau XII:</b> Résultats de l'analyse de la matière protéique par la méthode au Noir amido.	34
<b>Tableau XIII :</b> Résultats d'analyse de la matière grasse et la matière protéique au moyen du LACTOSCAN et des méthodes de références.	35
<b>Tableau XIV:</b> Résultats du traitement statistique.	35
<b>Tableau XV:</b> Résultats obtenus pour la matière grasse au moyen du LACTOSCAN.	37
<b>Tableau XVI:</b> Résultats obtenus pour la matière protéique au moyen du LACTOSCAN.	38
<b>Tableau XVII :</b> Résultats de l'analyse de variance.	38
<b>Tableau XVIII :</b> Résultats de la répétabilité et de la reproductibilité.	39
<b>Tableau XIX :</b> Critères de qualification relatifs à qualification du processus de mesurage en fonction des tolérances.	39
<b>Tableau XX:</b> Les résultats obtenus à partir des 30 laits d'élevages pour les critères retenus.	40
<b>Tableau XXI:</b> Normes retenues pour les cinq paramètres.	41
<b>Tableau XXII :</b> Classement des laits d'élevages selon la norme du JORA (1993).	42
<b>Tableau XXIII :</b> Classement des laits d'élevages selon la norme AFNOR (1986).	42
<b>Tableau XIV :</b> Classement des laits d'élevages selon la norme AFNOR (1986).	43
<b>Tableau XXV:</b> Classement des laits d'élevages selon la norme du JORA (1993).	43
<b>Tableau XXVI:</b> Classement des échantillons selon la norme de la FIL.	43



# Liste des figures

<b>Figure 01:</b> Morphologie de la mamelle.	2
<b>Figure 02:</b> Coupe longitudinale d'une mamelle.	3
<b>Figure 03:</b> Le système sécrétoire et les canaux des tissus mammaires.	3
<b>Figure 04 :</b> La courbe de lactation.	5
<b>Figure 05 :</b> La composition des protéines du lait.	7
<b>Figure 06:</b> La synthèse du lactose du lait.	10
<b>Figure 07:</b> La naissance d'un globule gras du lait.	11
<b>Figure 08 :</b> Les critères de qualité du lait et leurs impacts.	20
<b>Figure 09:</b> LACTOSCAN modèle MCC 50 vue frontal.	23
<b>Figure 10:</b> LACTOSCAN modèle MCC 50 vue dorsale.	24
<b>Figure 11:</b> L'analyse du lait.	25
<b>Figure12 :</b> nettoyage de la pipe mobile.	25
<b>Figure 13:</b> L'obtention des résultats.	26
<b>Figure14 :</b> rinçage avec de l'eau distillé.	26
<b>Figure 15 :</b> Prélèvement de 11 ml du lait.	27
<b>Figure 16 :</b> Butyromètre après sa fermeture.	27
<b>Figure 17 :</b> l'agitation du butyromètre.	27
<b>Figure 18:</b> Lecture de Butyromètre.	28
<b>Figure19 :</b> L'introduction de 1 ml de lait.	28
<b>Figure 20 :</b> L'ajout de 20 ml de Noir amido.	28
<b>Figure 21:</b> Réglage à zéro du Spectrophotomètre.	29
<b>Figure 22:</b> Placement du mélange.	29
<b>Figure 23 :</b> Les quatre étalons utilisés.	29
<b>Figure 24:</b> Composantes de l'exactitude.	30
<b>Figure 25 :</b> Relation entre la méthode de GERBER et celle du LACTOSCAN.	36
<b>Figure 26 :</b> Relation la méthode au Noir amido et celle du LACTOSCAN.	37

# Liste des annexes

**Annexe I:** Équipement du laboratoire utilisé pour l'analyse physico-chimique.

**Annexe II:** Courbe d'étalonnage.

**Annexe III:** Résultats du traitement statistique avec le modèle linéaire utilisant la régression par les moindres carrés ordinaires (MCO).

**Annexe IV:** Résultats de l'analyse de variance selon la procédure GLM (General Linear Model).

# Liste d'abréviation

MG: Matière grasse.  
SNF: Solide non gras.  
MP: matières protéiques.  
m: mouillage.  
T: Température du lait.  
T° cong: Température de congélation.  
pH: Potentiel d'hydrogène.  
Ca: Calcium.  
P: Phosphore.  
Mg: Magnesium.  
Fe: Fer.  
Cu: Cuivre.  
Zn: Zinc.  
K: Potassium.  
Na: Sodium.  
Cl: Chlore.  
GT: Germes totaux.  
TB: Taux butyreux.  
TP: Taux protéique.  
MRL: Maximum Residue Limit.  
Var: Variance.  
GT: Germes totaux.  
abs: Absence.

# Glossaire

**Biais( $\mu$ ):** Présence ou influence d'un facteur qui fait paraître les données différentes de ce qu'elles sont par l'ajout d'un écart systématique.

**Test t de Student:** Test statistique utilisé pour la validation d'une méthode (vérifier l'égalité de deux moyennes), La valeur de t doit être plus grande avec une probabilité plus faible.

**Coefficient de corrélation:** C'est un indice qui permet de chiffrer la force de la liaison entre X et Y. Les valeurs de cet indice se trouvant toujours entre -1 et +1.

**Coefficient de variation:** il exprime l'écart-type en pourcentage de la moyenne, il peut donc être utile pour comparer la dispersion de plusieurs échantillons dans lesquels l'écart-type et la moyenne varient ensemble.

**Écart type résiduel:** L'erreur expérimentale se traduit en terme mathématique par l'écart-type résiduel.

**Intervalle de confiance:** C'est l'intervalle ayant de grandes chances (plus rigoureusement une forte probabilité) de contenir une moyenne donnée.

### Résumé :

Le lait est payé aux producteurs sur la base de certains critères de la qualité. La détermination de ces paramètres repose sur l'utilisation de méthodes normalisées qui présentent certains inconvénients. L'utilisation d'une méthode automatisable permettrait de lever certaines contraintes (nombre d'échantillons et coût).

Sur la base des résultats obtenus, dans la présente étude, avec le LACTOSCAN qui sont fiables par rapport aux méthodes de références (méthode de GERBER et la méthode au Noir amido) car présentant une bonne justesse et une excellente fidélité, nous pouvons dire que la méthode est valide pour la détermination des paramètres pouvant servir à l'évaluation de la qualité du lait.

L'approche de paiement du lait à la qualité proposée a révélé que ce système ne peut être appliqué en l'état actuel malgré la disponibilité des équipements et des méthodes d'évaluation (COULTER pour la NCT, LACTOSCAN pour la MG, MP et mouillage, Kit delvotest Sp).

La mise en place de cette stratégie permettrait l'augmentation de la production laitière par l'amélioration de la qualité du lait, l'amélioration du statut sanitaire des élevages et par conséquent la réduction certes des pertes. Ceci aurait certes un impact favorable sur la transformation et la santé du consommateur.

**Mots clés :** Validation, LACTOSCAN, Lait, qualité, critères, paiement.

### Summary:

Milk is paid to the producer on the basis of certain criteria of quality. The determination of these parameters based on the use of standardized methods which have certain disadvantages. The use of the automatable methods would remove some constraints (number of sample, cost).

On the basis of the results obtained, in this study, with "LACTOSCAN" lake Tuscany that are reliable relative reference (GERBER method and Noir amido method), car with good speed and excellent fidelity, we can say that the method is valid for the determination of the parameters can be used to assess the quality of milk.

The approach for payment of milk quality showed that the proposed system can not be applied to the state despite the available of equipment and method of evaluation (COULTER for somatic cell, LACTOSCAN for containing protein, containing fat and add water, Kit delvotest Sp).

The implementation of this strategy will increase production milk by improving the quality, of the health status of farms animals and therefore the reduction of losses. This would have a positive impact on the processing and consumer health.

**Keywords:** Valid, LACTOSCAN, milk, quality, criteria, payment.

الملخص:

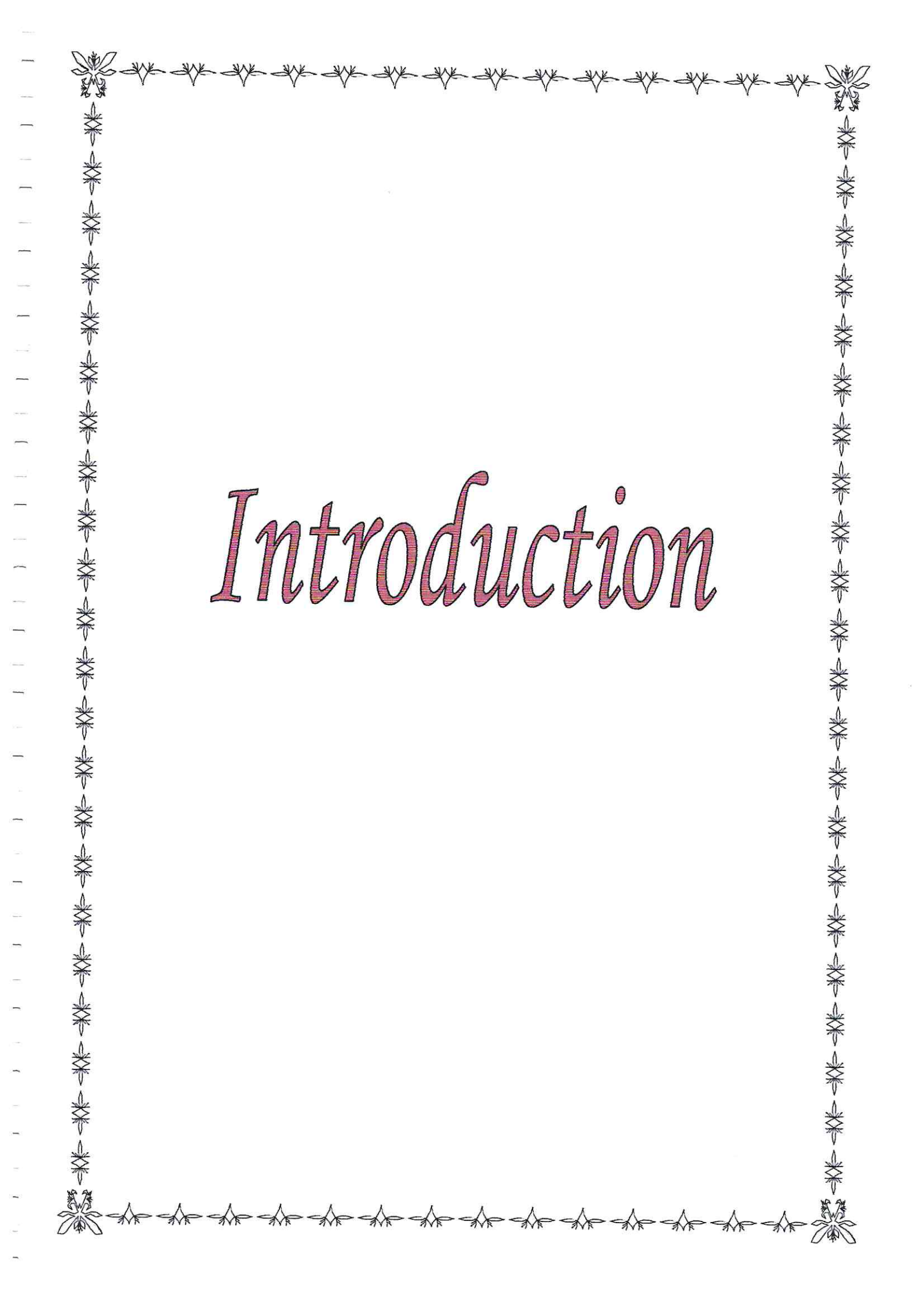
يرتكز تئمين الحليب على بعض معايير النوعية. تحديد هذه المعايير يعتمد على استعمال طرق منشورة في الجريدة الرسمية و التي تحمل بعض المساوي. باستعمال طريقة أوتوماتيكية تراح لنا بعض هذه الأعباء (عدد العينات, التكلفة).

سمح لنا هذا العمل عن طريق جهاز "OSCANLACT" واستنادا على الطرق المنشورة في الجريدة الرسمية "طريقة BERGER وطريقة "Noir amido" أن النتائج المحصل عليها عن طريق هذا الجهاز مثالية بحيث أنها صحيحة و ذات دقة ممتازة, نستطيع القول أن هذه الطريقة سليمة من أجل تعيين معايير بإمكانها تحديد نوعية الحليب.

تظهر لنا الفكرة المقترحة في تئمين الحليب على أساس النوعية حاليا غير مطبقة في الدولة بالرغم من توفر الوسائل (COULTER من أجل التعداد الخلوي, LACTOSCAN من أجل تحديد كمية البروتينات, الدسم و كمية الماء المضافة (Kit delvotest sp).

تطبيق هذه الإستراتيجية يسمح بزيادة إنتاج الحليب مع تحسين نوعيته, التحسين الصحي للمواشي. ينتج عنه بالتأكيد تخفيض الخسائر كما أن لهذا الأخير أثر مؤكد في تحويل الحليب و صحة المستهلك.

الكلمات المفتاحية: سليمة, مثالية, "LACTOSCAN", حليب, نوعية, معايير, تئمين.

A decorative border surrounds the page, featuring a repeating pattern of stylized floral and geometric motifs. The top and bottom edges have larger floral designs at the corners, while the sides consist of smaller, repeating geometric patterns.

# *Introduction*



L'Algérie demeure le premier consommateur de lait au Maghreb. Le marché annuel est estimé à 1,7 milliard de litres en 2004 avec un taux de croissance de 8% et une consommation moyenne de l'ordre de 110 l/habitant/an. Cette consommation ne cesse d'augmenter pour atteindre une prévision de 115 l/habitant/an en 2010 (Benelkadi K., 2005).

Les produits laitiers occupent une place prépondérante dans la structure des importations puisqu'ils représentent près de 20% de la facture alimentaire globale. La production laitière nationale ne couvre que près de 50% des besoins, elle est passée de 1.500.10<sup>6</sup> litres en 2000 à 2.100. 10<sup>6</sup> litres en 2006. Cette augmentation de la quantité de lait s'est faite sans tenir compte de la qualité (Hacini N., 2007).

Dans les pays producteurs laitiers, le paiement à la qualité est fonction des caractéristiques de transformation (Béguin M., 1994). La maîtrise de la qualité du lait est d'autant plus indispensable qu'elle conditionne actuellement non seulement le prix perçu et la marge par litre de lait, mais aussi le volume de production (Grimard H.S., 1994). Le paiement du lait se fait sur la base de critères de la qualité selon les normes internationales d'appréciation qui reposent sur :

- La composition en matière grasse, le taux protéique et les cellules somatiques pour **l'attribution de primes**.
- La détermination du nombre de germes totaux, du point de congélation, des substances inhibitrices (antibiotiques) et de la filtration **pour fixer les pénalités** (Damour H. et al., 2003).

En Algérie, le lait a toujours été payé en fonction du seul critère relatif au taux de matières grasses qui reflète la nature de l'alimentation. Mais, depuis la privatisation de certaines laiteries, d'autres critères ont été introduits, en l'occurrence :

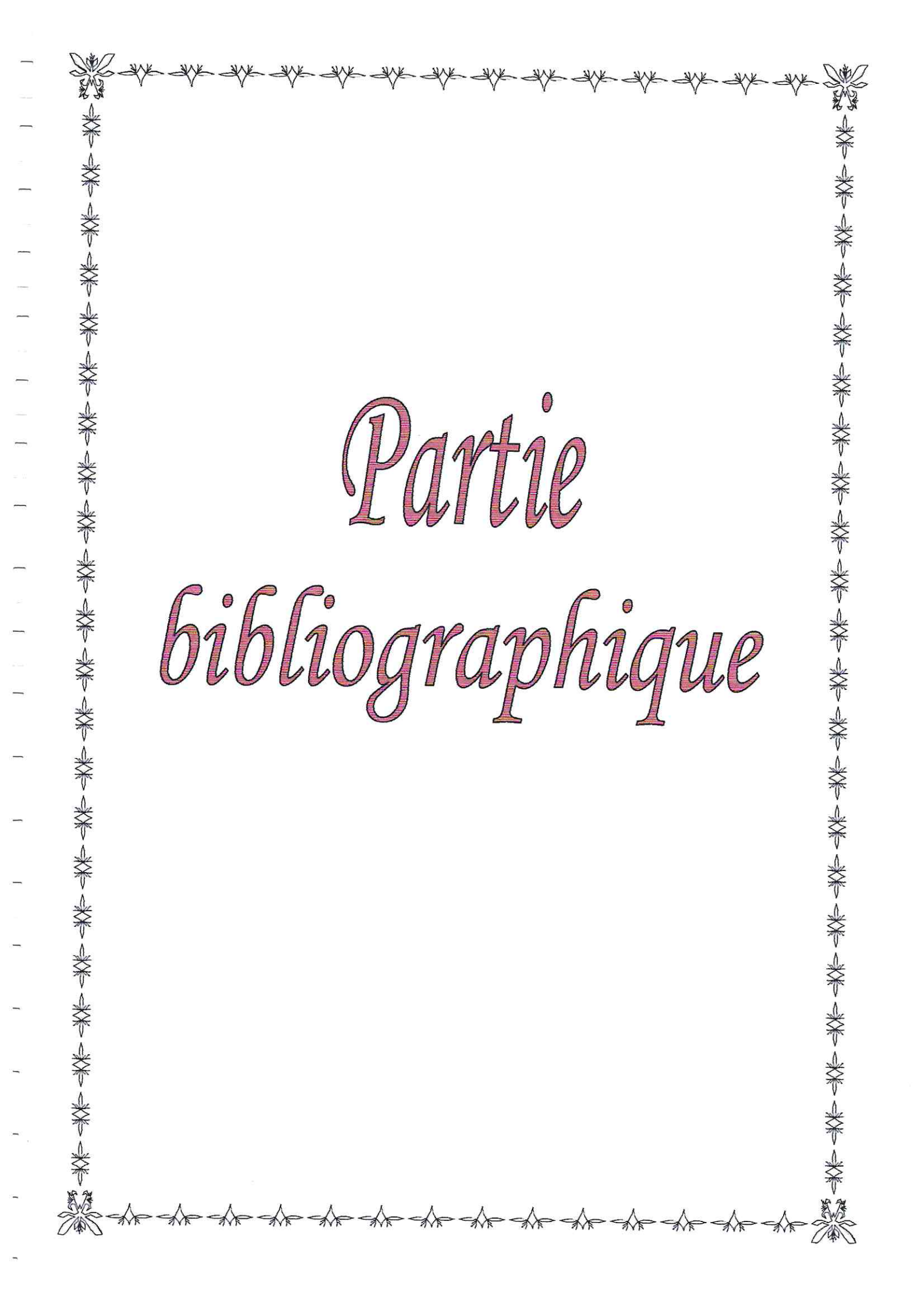
- le point de congélation qui permet de vérifier si le mouillage est pratiqué.
- les résidus d'antibiotiques, paramètre recherché dans certaines laiteries seulement. Il permet d'orienter l'utilisation du lait (transformation fromagère, pasteurisation et autres).

L'introduction de la numération des cellules somatiques du lait comme critère de paiement permettrait d'améliorer la qualité par l'amélioration du statut sanitaire des élevages.

La situation paraît favorable avec le développement des fabrications fromagères et des produits frais qui permettrait la normalisation progressive du paiement du lait à la qualité sur la base des critères universels (Amellal R., 2000).

Le présent travail cible comme objectifs :

- L'évaluation d'une méthode automatisable (LACTOSCAN MCC 50).
- L'application de cette méthode pour la détermination de certains critères de qualité.
- Approche de paiement du lait à la qualité.



*Partie  
bibliographique*

A decorative border consisting of a grid of asterisks surrounds the text. The border is composed of 15 rows and 15 columns of asterisks, with the corners cut off to form an L-shape.

# CHAPITRE I

*Rappels anatomophysiologiques  
de la glande mammaire*

## Chapitre I      Rappel anatomophysiologique de la glande mammaire

### **I.1. Définition :**

La glande mammaire est un appareil glandulaire d'origine embryonnaire qui apporte aux jeunes les diverses substances nutritives nécessaires à leur croissance. De plus, chez plusieurs espèces, la glande mammaire assure la santé du nouveau-né en lui transmettant par le lait les anticorps protecteurs nécessaire pour assurer certaine immunité durant les premières semaines de sa vie (Boumehdi Z., 2008).

### **I.2. Anatomie de la mamelle :**

La mamelle est le siège de considérables bouleversements biochimiques et physiologiques au cours de son développement et lors des différents stades de lactation et de tarissement (Dosogne H et al., 2000).



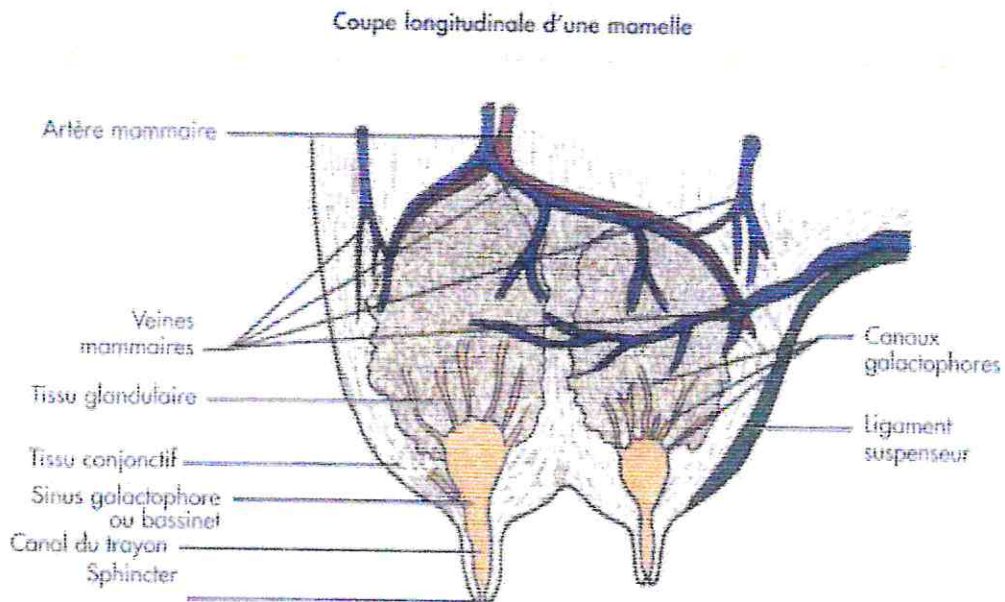
**Figure 01:** Morphologie de la mamelle (Cauty I et Perreau J., 2003).

La glande mammaire ou pis comprend quatre quartiers séparés indépendants (Mahieu H., 1985). Cette indépendance explique l'obtention parfois des laits de compositions différentes selon les quartiers d'une même mamelle en cas des mammites (Roger V., 1979).

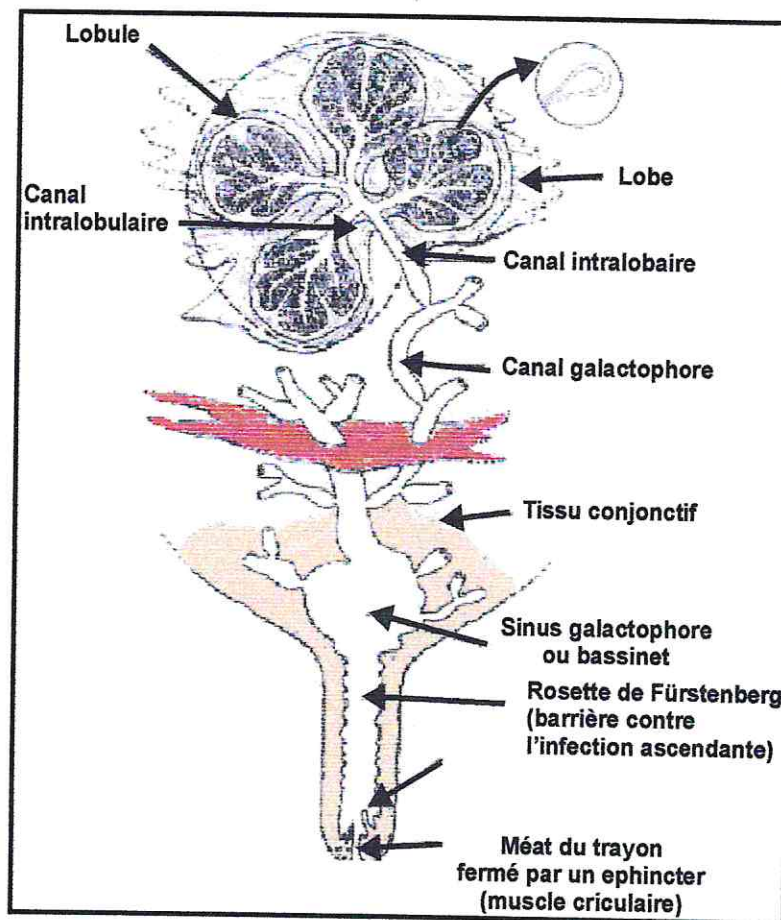
Chaque glande est constituée par un tissu formé de grappes de lobules ou acini, petites sphères de 100 à 500 microns de diamètre (Solter D., 1993). Les acini s'ouvrent sur les arborisations les plus fines d'un système de canaux galactophores qui permet de drainer le lait du lieu de sa sécrétion vers la citerne du quartier et le trayon (Serieys F., 1997). La fermeture du canal de trayon est assurée par un sphincter (Mathieus J., 1998).

Un tissu glandulaire est noyé dans un tissu conjonctif comprend également de nombreux vaisseaux sanguins et lymphatiques ainsi que les nerfs (Roger V., 1979).

Une mamelle d'une masse de douze à trente kilogrammes peut contenir jusqu'à 20 litres de lait (Mathieus J., 1998).



**Figure 02:** Coupe longitudinale d'une mamelle (Cauty I et Perreau J., 2003).



**Figure 03:** Le système sécrétoire et les canaux des tissus mammaires (Soltner D., 2001).

## **Chapitre I      Rappel anatomophysiologique de la glande mammaire**

### **I.3. Développement de la mamelle :**

Selon MAHIEU (1985), à la naissance les ébauches de la mamelle sont identiques chez les mâles et les femelles. Un développement très lent du tissu conjonctif accompagné d'un dépôt de matière grasse durant la période juvénile.

Le développement de la mamelle commence à la puberté et s'accélère pendant la première gestation de la génisse (Solter D., 1993), l'accroissement de la mamelle traduisant en particulier le gonflement des acini, est en relation avec l'existence de la folliculine provenant de l'ovaire et du placenta ainsi qu'avec la progestérone, hormone élaborée par le corps jaune (Roger V., 1979).

La mamelle continue de se développer durant les deux premiers mois de la lactation puis les acini régressent (Mahieu H., 1985). Ces acini finissent par disparaître au cours de la période de tarissement (Dosogne H et al., 2000).

### **I.4. Déclenchement de la lactation :**

La lactation chez la vache commence à la mise bas et se poursuit pendant une dizaine de mois ; tant que dure la traite (Pougheon S et Goursaud J., 2001). Après la parturition l'arrêt fonctionnel du placenta déclenche la lactation par l'intermédiaire de l'hypophyse: sécrétion de prolactine (hormone lactogène) (Mahieu H., 1985).

Cette sécrétion diminue progressivement à partir du 3<sup>ème</sup> mois de lactation de la parturition (Roger V., 1979).

### **I.5. Mécanisme d'élaboration du lait :**

Les composants les plus abondants du lait mis à part l'eau sont synthétisés par les cellules lactogènes (le lactose, les triglycérides, la caséine,...) à partir des matériaux qu'elles choisissent du sang tandis que les autres (eau, urée, minéraux,...) de quantité plus faible tirent leur origine du plasma et se trouvent dans le lait à la suite d'une filtration contrôlée par ces mêmes cellules (Mathieus J., 1998).

### **I.6. Mécanisme de l'éjection du lait :**

Au fur et à mesure qu'elle filtre les matériaux du sang et synthétise de nouvelles substances, la cellule sécrétrice se remplit; le lait élaborée s'accumule dans sa partie dirigée vers le centre de l'acinus eau, ions, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>,..., petits agrégats de B-lactoglobuline, micelle de caséine, globules gras... etc. sont rejetée et tombent dans l'alvéole qui se remplit (Mathieus J., 1998). Le lait fabriqué s'écoule des cellules lactogène vers les alvéoles, puis s'accumule dans les canaux et les citernes (Pougheon S et Goursaud J., 2001).

Les alvéoles se remplissent, la pression du lait augmente empêchant la libération des globules gras seuls les composants de petites dimension et l'eau passent (Mahieu H., 1985). Dès que la pression dans les alvéoles devient égale à celle du sang l'éjection s'arrête (Mathieus J., 1998).

### **I.7. La lactation :**

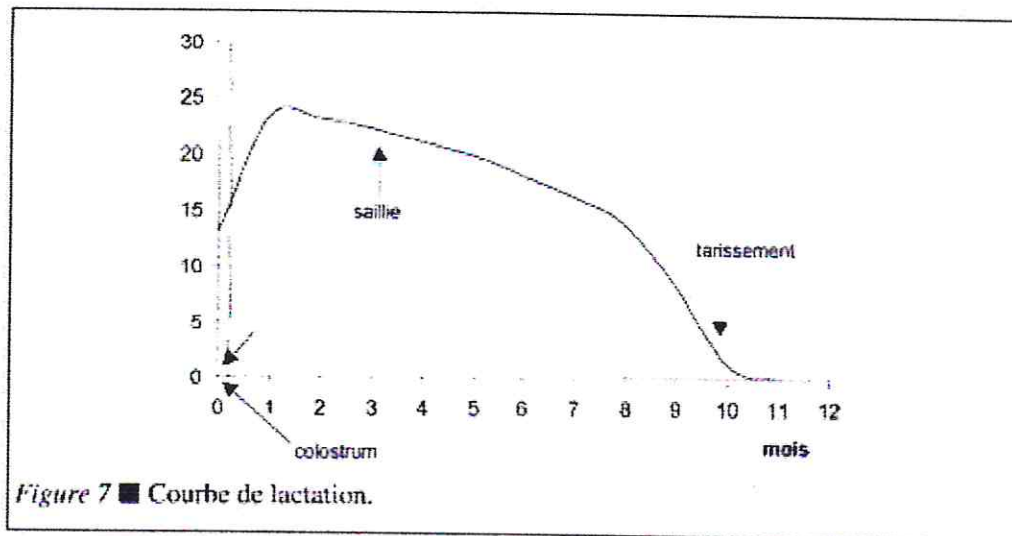
La lactation comprend l'ensemble des phénomènes physiologiques conduisant à l'élaboration puis l'excrétion des constituants du lait (Hanzen C.H., 2000).

Pendant les dix mois que dure une lactation, la quantité de lait produite varie (Pernoud S et al., 2005).

## Chapitre I      Rappel anatomophysiologique de la glande mammaire

Après la mise bas, la quantité augmente pour atteindre une valeur élevée entre la 3<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> semaine, décroît d'abord lentement; puis à un rythme plus accéléré durant les deux derniers mois (Mahieu H., 1985).

Quand la production laitière diminue, la vache finit par se tarir et la glande mammaire involue (Dosogne H et al., 2000).



**Figure 04 :** La courbe de lactation (Pernoud S et al., 2005).

A decorative border of black asterisks surrounds the text. The border is composed of a top row of 18 asterisks, a bottom row of 18 asterisks, and two vertical columns of 18 asterisks each on the left and right sides.

*CHAPITRE II*  
*Le lait et la synthèse*  
*des principaux constituants*



**II.1. Le lait :****II.1.1. Définition de lait :**

Le lait a été défini en 1908 au cours du congrès international de la Répression des fraudes, comme étant « Le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Le lait doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir de colostrum. » (Pougheon S et Goursaud J., 2001 ; Roger V., 1979).

La dénomination « Lait » sans indication de l'espèce animale de provenance est réservée au lait de vache (Roger V., 1979 ; Goursaud J., 1985).

**II.1.2. Propriétés physiques du lait :****II.1.2.1. Aspect :**

Le lait est un liquide de composition complexe, blanc opaque, d'une saveur douce, d'une réaction ionique (pH) voisine de la neutralité (Alais C., 1984).

**II.1.2.2. Constantes physiques :**

Quelques valeurs essentielles des constantes physiques les plus usuelles figurent dans le tableau I.

**Tableau I :** Les constantes physiques du lait.

Constantes	Valeurs
PH	6,5 à 6,7
Acidité titrable	15 à 18 °D
Densité	1,028 à 1,036
Température de congélation	-0,51 à -0,55 °C

(Goursaud J., 1985).

**II.1.3. Phases du lait :**

Selon POUGHEON et GOURSAUD (2001), trois phases ont été distinguées :

- ◆ Phase aqueuse : qui contient l'eau (87%) et les produits solubles (lactose, protéine soluble, ... etc.) pouvant donner naissance au lactosérum.
- ◆ La suspension colloïdale micellaire (2,6%) donne naissance au caillé par coagulation sous l'action d'enzymes ou de microorganismes.
- ◆ L'émulsion (4,2%) peut donner naissance à la crème par rassemblement de matière grasse sous l'effet de la gravité.

**II.1.4. Composition chimique globale :****II.1.4.1. L'Eau :**

C'est le composé le plus abondant : 902g par litre ou sont dispersés tous les autres constituants de la matière sèche du lait (Mathieus J., 1998).

**II.1.4.2. Lactose :**

Selon GOURSAUD (1985), le lactose est le seul sucre du lait. C'est le constituant le plus abondant de la matière sèche du lait et le plus constant en proportion.

À la concentration de 50g/l dans le lait de vache. Il représente presque la moitié de la matière sèche et son activité osmotique globale est beaucoup plus élevée que celle des autres constituants.

Au cours de la fermentation par les bactéries lactiques, ce disaccharide de glucose et galactose est transformé en acide lactique (Pernoud S et al., 2005).

**II.1.4.3. Matière grasse :**

La matière grasse du lait se présente sous forme de globules gras, principalement constituée par des triglycérides 98% (Chardigny J., 2001).

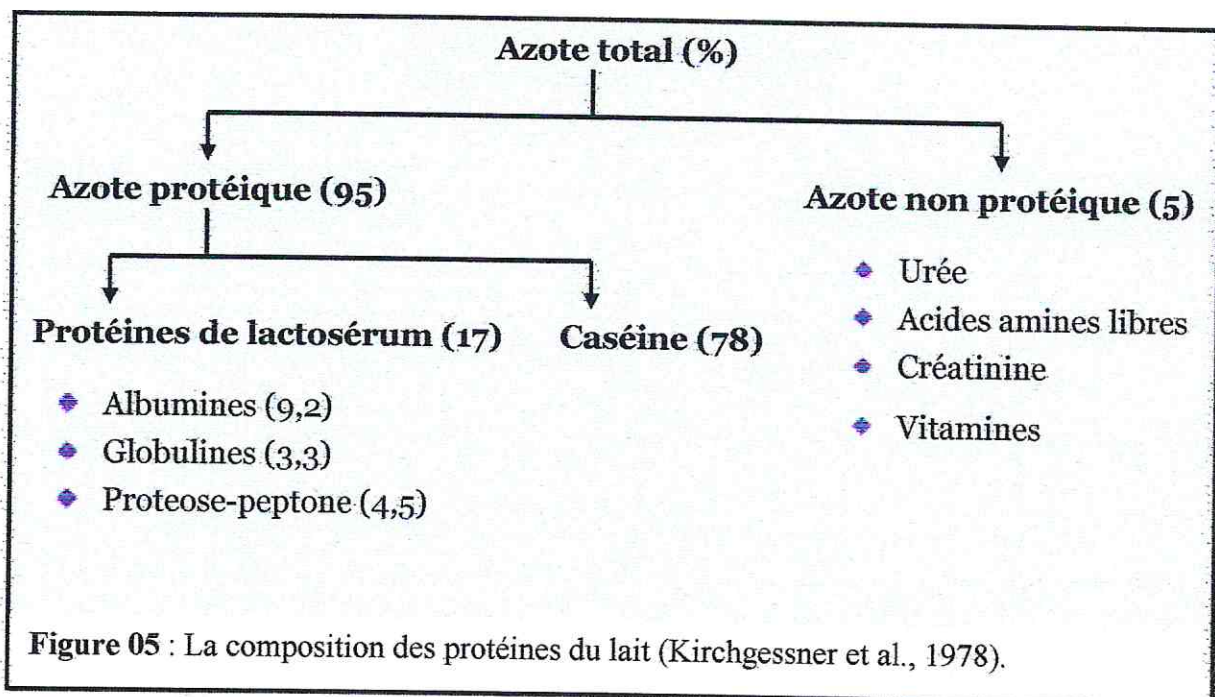
Selon MAHAUT et al. (2000), la matière grasse est présentée par :

- ◆ 65% d'acides gras saturés.
- ◆ 35% d'acides gras insaturés.
- ◆ 3% d'acides gras polyinsaturés.
- ◆ Moins de 1% de phospholipides (phosphatidyl-choline, phosphatidyl-éthanolamine, sphingomyéline).

Plus les composants liposolubles : cholestérol, hydrocarbures et vitamines A, D, E et K (Goursaud J., 1985). La teneur du lait en matière grasse est de 38g/l (Mathieus J., 1998).

**II.1.4.4. Matière azotée :**

On distingue deux grands groupes de protéines dans le lait : les caséines, les protéines de lactosérum et les enzymes (Pougheon S et Goursaud J., 2001), elles représentent 94 à 95% de matière azotée totale appelée aussi protéines vraies (Pernoud S et al., 2005), 5% des composés non protéiques (Journet M et Hoden A., 1978), cela présente un déchet d'azote dont l'urée constitue environ la moitié (Goursaud J., 1985).



**II.1.4.5. Matière saline :**

Les matières salines déterminent l'état physico-chimique du lactosérum et contribuent indirectement à la conformation et à la stabilité des protéines (Walstra Pet Jenness R., 1984). Elles ont été classées (Guéguen L., 2001) en :

- ◆ **Macro-éléments:** Calcium (Ca), phosphore (p), Magnesium (Mg), Sodium (Na)...ect.
- ◆ **Oligo-éléments :** Fer (Fe), Zinc (Zn), Cuivre (Cu), Manganèse (Mn).

**Tableau II :** principaux minéraux et oligoéléments du lait.

Minéraux	Teneur mg/l	Oligoélément	Teneur µg/l
Calcium	1200	Zinc	3800
Phosphore	920	Fer	460
Potassium	1500	Cuivre	150
Sodium	450	Manganèse	30
Chlore	1100	Iode	80
Magnésium	110	Sélénium	30

(Guéguen L., 2001).

Le lait contient aussi des gaz dissous, essentiellement CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, et O<sub>2</sub> (Goursaud J., 1985). La matière minéral et saline du lait d'environ 9g/l (Guéguen L., 1979).

**II.1.4.6 Les biocatalyseurs :**

**a. Les vitamines :**

Les vitamines du lait sont prélevées directement du sang (Mathieus J., 1998).

Elles ont été classées en deux grandes catégories :

- ◆ Les vitamines hydrosolubles (vitamines de groupe B et vitamine C) de la phase aqueuse du lait.
- ◆ Les vitamines liposolubles (vitamines A, D, E et K) associées à la matière grasse certains sont au centre du globule gras et d'autre à sa périphérie (Pougheon S et Goursaud J., 2001).

**Tableau III :** composition vitaminique moyenne du lait cru.

Vitamines	Teneur en µg/l
B1-thiamine	388
B2-riboflavine	914
B6-pyridoxine	554
B12-cobalamine	4
PP- niacine	1300
Acide folique	60
Acide pantothénique	3251
Biotine	47
C	30000
A-rétinol	-
Carotènes	310
D	0,4
E-tocophérols	400
K	3

(Jensen R.G., 1995).

**b. Les enzymes :**

Les enzymes sont des substances organiques de nature protidique, produite par des cellules ou des organismes vivants, agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimiques (Blanc B., 1982). Selon GOT (1971), ces enzymes jouent un rôle qui est défini selon leurs propriétés.

**Tableau IV : les principaux enzymes du lait.**

Nom	Répartition
<b>I. Oxydoréductases</b>	
Peroxydases	Lactosérum
Xanthine oxydases	Membrane globulaire
Catalases	Caséine et membrane globulaire
Superoxyde dismutases	Lactosérum
Sulphydryloxydase	Lactosérum
<b>II. Transférases</b>	
Lactose synthétase	Lactosérum
Ribonucléase	Lactosérum
<b>III. Hydrolases</b>	
Lipase	Lait écrème
Phosphatase alcaline	Membrane globulaire
Protéase (plasmine)	Caséine
Protéase acide	Caséine
Amylase	Lactosérum
Lysozyme	Lactosérum

(Alais C., 1984).

**c. Les hormones :**

Les hormones sont des substances chimiques spécifiques, produites par une glande endocrine qui jouent un rôle important dans les fonctions essentielles de l'organisme (Boudier J.F., 1985).

Selon FARGEAS (1979), trois hormones occupent une position clé :

- La prolactine pour la lactogénèse.
- L'ocytocine.
- La somatotrophine pour la galactopoïèse.

**II.1.4.7. Eléments biologiques du lait :**

Une mamelle saine est une mamelle stérile (Monsalier J., 1994), le lait contient normalement des microbes dès sa sortie de la mamelle. Le lait est habituellement considéré comme un bon milieu de culture pour de nombreuses bactéries (Roger V., 1979).

Les cellules sont issues de l'organisme (cellules en voie de dégénérescence, globules blancs, ...) (Mathieus J., 1998).

**II.2. La synthèse des principaux constituants du lait :**

**II.2.1. Les glucides : synthèse du lactose.**

La synthèse du lactose détermine le volume d'eau nécessaire et donc le nombre de litres de lait sécrétés (Mahieu H., 1985). Elle s'effectue dans les acini à partir du glucose sanguin

produit essentiellement dans le foie (Pougheon S et Goursaud J., 2001), le glucose est formé à partir de l'amidon alimentaire et de l'acide propionique issu des fermentations du rumen. C'est la néoglucogenèse hépatique.

Les troubles du foie se répercuteront donc directement sur la production laitière (Solter D., 1993).

Le glucose passe dans le sang au travers de la paroi intestinale. Les cellules lactogènes ont la faculté d'isomériser, une partie du glucose prélevé en galactose, d'unir leurs molécules et ainsi de produire du lactose. Celui-ci est ensuite transféré jusqu'à l'alvéole de l'acinus par les vacuoles de l'appareil de golgi des cellules lactogènes (Mathieus J., 1998).

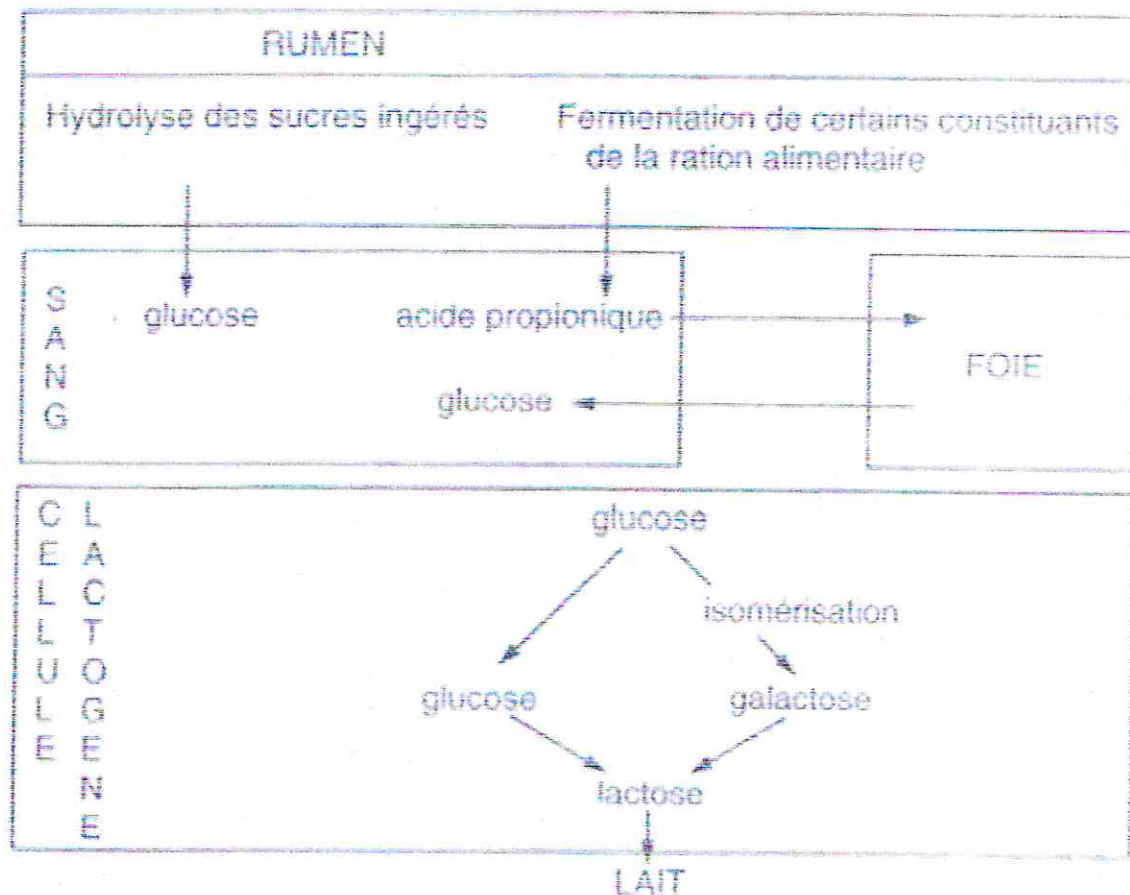


Figure 06: La synthèse du lactose du lait (Mathieus J., 1998).

### II.2.2. Matière azotée : synthèse des protéines.

Les protéines du lait sont élaborées dans les lactocytes à partir :

- ◆ D'acides aminés libres dans le sang.
- ◆ De polypeptides également libres dans le sang.
- ◆ De protéines sanguines modifiées pour devenir des protéines du lait : une modification concerne surtout les globulines (Solter D., 1993).

La synthèse des protéines du lait est un processus complexe qui met en œuvre l'activation de l'expression des gènes, la formation de l'équipement nécessaire à l'élaboration des protéines (Dosogne H et al., 2000).

Les acides aminés apportés par le sang sont assemblés en polypeptides dans le réticulum endoplasmique, par les ribosomes. Les polypeptides passent alors dans les corps de golgi où ils s'assemblent en protéines. Ils quittent l'appareil de golgi dans des vésicules remplies également d'eau de lactose et de minéraux, et qui viennent se déverser dans la lumière des acini (Solter D., 1993).

### II.2.3. Matières grasses : synthèse des triglycérides.

Les matières grasses du lait sont constituées à 96-98% de triglycérides. Le glycérol est synthétisé sur place à partir du glucose (Dosogne H et al., 2000).

Selon SOLTER (1993), les acides gras du lait peuvent avoir deux origines :

- ◆ Les acides gras volatils: acide acétique, propionique, et butyrique. C'est la principale source de matière grasse du lait chez les ruminants, ils résultent de la digestion microbienne de la cellulose par les herbivores.
- ◆ Les acides gras à longues chaînes issus de la digestion des matières grasses alimentaires et de la libération des réserves grasses de la vache.

La matière grasse formée sur le réticulum endoplasmique et rapidement groupée en gouttelettes qui migrent vers la membrane de la cellule et s'en détachent en entraînant autour d'elles une enveloppe du lait d'environ 3 microns de diamètre (Goursaud J., 1985).

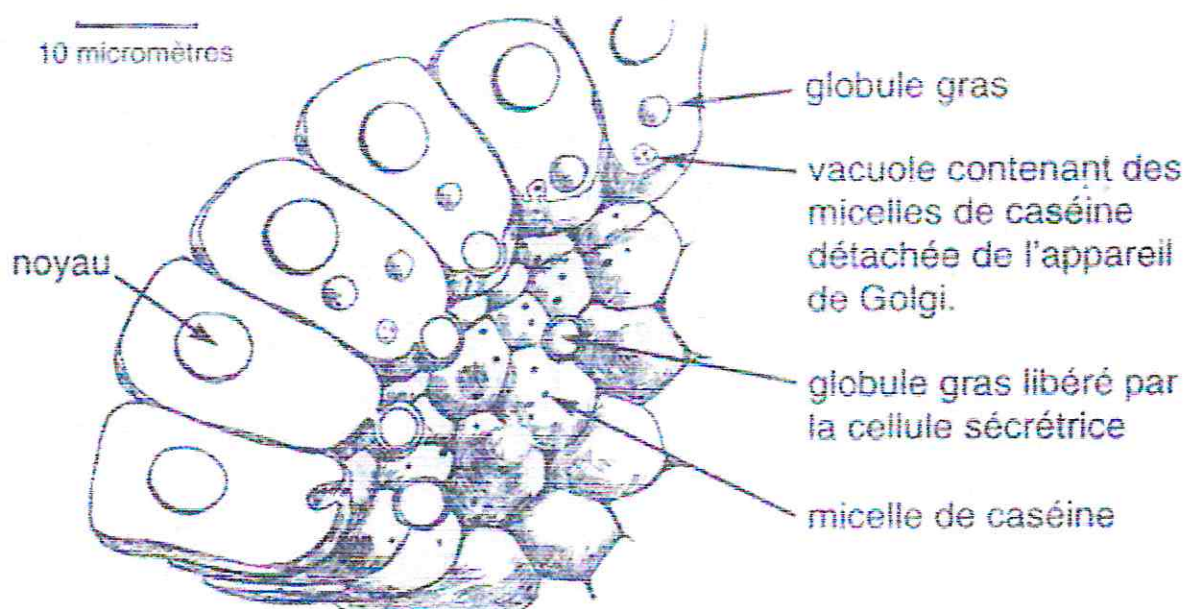


Figure 07: La naissance d'un globule gras du lait (Mathieus J., 1998).

A decorative border of black asterisks surrounds the text. The border is composed of a top row of 15 asterisks, a bottom row of 15 asterisks, and two vertical columns of 15 asterisks each on the left and right sides.

CHAPITRE III

*Facteurs de variation  
de la composition du lait*

**III.1. Facteurs liés à l'animal :****III.1.1. Race : facteur génétique :**

Généralement les races les plus laitières présentent un plus faible taux de matières grasses et protéiques, or le choix d'une race repose sur un bilan économique globale, c'est pourquoi un éleveur a tendance à privilégier les races qui produisent un lait de composition élevée (Andelot P., 1983).

Selon ROGER (1979), la française frisonne pie-noire et la flamande donnent un lait de petit globules gras alors que la jersiaise fournit un lait à gros globules gras et la brune des Alpes un produit à moyens globules, l'accroissement de la grosseur accompagne l'augmentation de la richesse en matière grasse.

Les taux de calcium et de phosphore du lait sont des caractéristiques fortement héréditaires et bien corrélées avec le taux de caséine (Jenness R., 1979). Ainsi selon la race, les laits seront plus ou moins riches en tel ou tel élément.

**Tableau V :** Composition en principaux éléments chez quelques races bovines.

Races	Composition
Jersey	Riche en : Ca, P, Mg, Fe, Cu, Zn et caséine
Frisonne	Riche en éléments solubles dans l'eau : K, Na, Cl et protéine
Normande	Riche en Ca
Montbéliard	Riche en K

(Mahieu H., 1985).

C'est pourquoi une sélection peut apporter un progrès (Goursaud J., 2001). La sélection permet d'accroître la production de lait (Mahieu H., 1985).

**III.1.2. Individu et facteurs physiologiques :**

Les teneurs du lait en matières grasses et protéiques évoluent de façon inverse à la quantité de lait produite, élevées en début de lactation (période colostrale) (Pougheon S et Goursaud J., 2001).

Généralement le colostrum est plus riche en minéraux que le lait normal, en moyenne deux fois plus pour le calcium, le phosphore et le magnésium (Guéguen L., 1971 ; Hot, 1985), une diminution brutale pendant les premiers jours après la parturition, les teneurs en Ca et P du lait diminuent légèrement jusqu'à la mi-lactation ; puis reste stable et augmente à nouveau en fin de lactation (Guéguen L et Journet M., 1961).

La teneur en lactose varie très peu (Solter D., 1993), sa concentration dans le lait varie de façon inverse à la quantité de protéines et de graisses (Blanc B., 1982). Durant le déroulement de la lactation, la concentration en lactose augmente du lait colostrale des premiers jours au lait mature, cette augmentation se faisant plus ou moins vite selon les animaux (Newburg D.S et Neubauer S.H., 1995).



La quantité de matières grasses atteint son maximum plus tard (Mahieu H., 1985), le diamètre des globules gras diminue du début à la fin de la lactation tandis que le nombre de globules gras augmente au cours d'une traite, un globule gras est donc plus gros en fin de traite de début de lactation (Pougheon S et Goursaud J., 2001).

La quantité de matières azotées atteint son maximum très tôt (Mahieu H., 1985), la proportion des caséines dans les protéines ne varie pas sous l'effet du stade de lactation et reste voisine de 80%. La teneur en azote non protéique du lait varie peu selon le stade de lactation, en dehors de la phase colostrale où elle est de un et demi à deux fois plus élevée qu'en pleine lactation (Coulon J.B., 1994).

Le lait peut se modifier rapidement par la suite de la résorption des principaux composants. Une chute prolongée de la capacité de production de la mamelle peut s'ensuivre (Alais C., 1984), la rétention entraîne une augmentation du sodium du chlorure et une modification des caséines (Mahieu H., 1985).

### III.1.3. État sanitaire : les mammites.

Une mammite est une infection avec ou sans inflammation, d'au moins un quartier. Elle est due à une prolifération d'un ou plusieurs types de microorganismes pathogènes dans la glande et une invasion du tissu mammaire. Les laits produits dans ces conditions sont dits pathologiques ou laits de mammite (Mathieus J., 1998).

La cause principale de cette affection très fréquente est l'extraction incomplète du lait lors de la traite. Le reliquat de lait constituant un milieu de développement pour certains microorganismes (Lapied L et Petransxiene D., 1981).

Les mammites entraînent des modifications du pH et de la composition du lait; les processus de filtration entre le sang et le lait sont également modifiés, à cause des modifications des membranes biologiques lors de l'inflammation (Brouillet P., 1994), ces infections des mamelles vont modifier la composition du lait (Charron G., 1986).

**Tableau VI :** Modification chimiques des laits en cas de mammites composition en g/kg.

Constituants	Plasma sanguin	Lait normal	Modification en cas de mammite
Lactose	0	48	Diminution
Protéines solubles	76	6,5	Augmentation
Caséines	0	27	Diminution
Lipides totaux	4,5	38,5	Diminution
Matières minérales	9,3	7,5	Augmentation
Acide citrique	Traces	2	Diminution

(Mahieu H., 1985).

Plus la mammite est grave plus la composition du lait produite se rapproche de celle de sérum sanguin (Mathieus J., 1998).

**III.2. Facteurs liés aux conditions d'élevage et de récolte :**

Les taux de matières grasses et de matières azotées sont moins sensibles aux facteurs extérieurs qu'aux facteurs physiologiques ou génétiques (Remond B., 1978).

**III.2.1. Alimentation :**

L'alimentation n'est pas un des principaux facteurs de variation du lait mais elle est importante car elle peut être modifiée par l'éleveur (Charron G., 1986).

Une diminution brutale et de courte durée (quelques jours) du niveau énergétique ou du niveau général d'alimentation provoque une augmentation du taux butyreux accompagné d'une diminution de la production laitière (Kellogg D.W et Miller D.D., 1977).

L'augmentation d'apport énergétique en fin de gestation tend à provoquer l'accroissement du taux butyreux pendant les premières semaines de lactation; une amélioration du niveau d'alimentation au début de lactation tend à diminuer le taux butyreux du lait (Broster W.H. et Tuck V.G., 1967).

Le niveau énergétique modifie le taux de matière azotée du lait de façon systématique mais limitée (Journet M., 1976).

Le niveau d'apport azotés n'a d'effet ni sur la teneur en matière grasse du lait; ni sur celle en protéines (Auriol P et Jarrige R., 1962).

L'enrichissement de l'alimentation en matière grasse entraîne une diminution des quantités ingérées et souvent une modification de fermentations dans le rumen qui sont défavorable à la production laitière (Remond B., 1978).

Selon ALAIS (1984), Une forte influence du régime alimentaire sur la composition vitaminique du lait en ce qui concerne les vitamines liposolubles: A, D et E et divers additifs aux rations ont été préconisés pour améliorer le pouvoir vitaminique du lait: huiles de foies de poisson, coque de cacao, levures irradiées (pour la vitamine D).

La nature de régime en général et les apports minéraux en particulier n'ont pratiquement aucune influence sur la teneur en Ca, P et Mg du lait. Si l'apport alimentaire de Ca et P est insuffisant, la vache fait appel à ses réserves osseuses (Guéguen L., 2001).

**III.2.2. Traite :**

C'est par la traite qu'on extrait le lait de la mamelle. L'opération ne doit avoir aucune répercussion sur la santé de l'animal et doit aboutir à l'obtention d'une quantité maximale de lait d'excellente qualité, elle se fait selon des conditions (Roger V., 1979) :

◆ Aménagement des opérations de traite :

Le lait d'une traite incomplète correspond à un lait écrémé partiellement: une traite complète est nécessaire pour le maintien d'une bonne production. Le lait qui reste dans la mamelle, après une traite incomplète a un effet inhibiteur sur la sécrétion et peut expliquer en partie les fluctuations journalières de la teneur en matière grasse du lait (Alais C., 1984).

◆ Intervalles entre les traites :

Elle doit être réalisée avec des intervalles entre les deux traites journalières ( $\leq 16$  h) (Cauty I et Perreau J., 2003).

Au-delà de cet intervalle, on observe une diminution des quantités produites et une réabsorption des matières grasses et des matières azotées (Mahieu H., 1985).

◆ Heur de traite :

Avec des intervalles de temps égaux, le taux de matières azotées totales est plus important à la traite du soir (Mahieu H., 1985).

◆ Suppression de la traite une fois par semaine :

Le choix de la suppression peut tout à fait se porter un moment de la semaine ou de week-end. Cette suppression n'est pas sans effet sur la production, mais elle perturbe le rythme biologique de la sécrétion lactée et la production diminuera (de 3 à 10% suivant le cas) (Cauty I et Perreau J., 2003).

La composition du lait change un peu avec une baisse de matières grasses, de lactose, et de matières protéiques, le taux redevient normal après quatre à cinq traites (Charron G., 1986).

◆ Influence de machine à traire :

◆ Sur la mamelle:

Un des principaux facteurs de rentabilité de la production laitière chez les ruminants est la santé des mamelles.

Bien plus, le recours aux méthodes modernes d'élevage, aux installations de traite à hautes performances et aux techniques de traite ont souvent favorisé le retour en force des infections mammaires (Dosogne H et al., 2000).

◆ Sur la lipolyse :

Dès que le lait quitte la mamelle, il est soumis à des agitations, à des chocs mécanique et à des chocs thermique qui peuvent d'une part endommager ou rompre la membrane des globules gras et d'autre part provoquer une redistribution des lipases naturelle par son décrochage des micelles de caséines permettant une migration vers les globules gras (Cartier P., 1987 ; Ledu J., 1984). C'est en fait l'augmentation de la teneur en acides gras libres du lait résultant de ces mécanismes qu'on appelle lipolyse induite (Meffe N., 1994).

### III.2.3. Logement des animaux :

Selon MAHIEU (1985), les laits venant d'étable ouverte (plus froide) étaient généralement plus riches en matières grasses et protéiques que les laits des étables mi-ouvertes mais froides. Une altitude de (4000 à 4500 m) entraîne une diminution de la production laitière et l'augmentation de la teneur en matière grasse, calcium, et magnésium et une diminution de la teneur en protéine.

**Tableau VII:** Effet de logement sur la composition du lait (Collège central d'agriculture de varsoire).

	Stabulation libre (mi-ouverte)	Stabulation libre (ouverte)	Stabulation entravée (fermée)
Matière grasse (%)	3,53	3,69	3,56
Matière protéique (%)	3,19	3,27	3,19

(Mahieu H., 1985).

**III.2.4. Saison et climat :**

Cette action est difficilement dissociable de celle de l'alimentation, notamment du régime du pâturage (Guéguen L., 2001).

La saison exerce un effet traduit par une modification des courbes de lactation, on peut l'observer avec un troupeau important et des vêlages bien dispersés au cours de l'année (Alais C., 1984).

Selon BRUHN et FRANKE (1977), les taux de matières grasses et protéines avaient un maximum en décembre, et un minimum respectivement en juin et en juillet – août.

La teneur en calcium et phosphore du lait sont minimal en été, particulièrement en fin de pâturage (Madelmont C et Michon G., 1965), tandis que les teneurs minimales en sodium et potassium sont observées en fin de l'hiver (Guéguen L., 2001).

A decorative border of black asterisks surrounds the text. The border is composed of a top row of 18 asterisks, a bottom row of 18 asterisks, and two vertical columns of 18 asterisks each on the left and right sides.

*CHAPITRE IV*

*Paiement du lait à la qualité*

**Définition de la qualité :**

Elle implique tout à la fois, la sécurité sanitaire (bactériologique et chimique), la valeur gastronomique (ou hédonique) et l'équilibre alimentaire (ou valeur nutritionnelle). La qualité se définit comme l'ensemble des propriétés recherchées par le consommateur. (Wolter R., 1992).

Pour l'AFNOR, il s'agit, dans un sens très large de « La qualité d'un produit ou d'un service et son aptitude à satisfaire les besoins des utilisateurs » (norme NF-50-109).

**Qualité technologique :**

Elle concerne la faculté d'un produit à se conserver à son aptitude à être transformé avec un bon rendement en dérivés également sains, savoureux, de haute valeur nutritionnelle (Wolter R., 1992).

Selon ALAIS (1984), L'estimation de la qualité du lait est limitée le plus souvent à la détermination: de la matière grasse et matière protéique.

**Paiement du lait à la qualité :**

Selon PERROT et POINTURIER (2003), le paiement du lait suit dans les divers pays des règles complexes, parfois en fonction d'un « prix de base » au litre avec complément suivant sa composition ; les règles sont fonction de règlements interprofessionnels, où peut intervenir une influence de divers organismes nationaux.

**V.1. Dispositions législatives et réglementaires :****V.1.1. En Europe:**

La grande majorité des producteurs de lait vendent leur production à des entreprises de collecte ou de transformation; cette transaction commerciale fait l'objet d'une réglementation qui définit les modalités techniques selon lesquelles cette transaction doit s'effectuer (Damour H et al., 2003).

En France le système de paiement du lait appliqué aujourd'hui découle de la réglementation mise en place avec la loi de « Godefroy ».

Cette loi, qui instituait le paiement du lait en fonction de sa composition et de sa qualité bactériologique (Beguin M., 1994).

Selon DAMOUR et al. (2003), Depuis cette date, le dispositif réglementaire encadrant les échanges commerciaux de lait entre producteurs et entreprises a été réactualisé et se décompose ainsi :

- Loi n°69-10 du 3janviers 1969 modifiée au JO du 13 avril1996 (art 60) relative à l'institution du paiement du lait en fonction de sa composition et de sa qualité.
- Décret d'application n°97-1319 du 30 décembre 1997 relatif aux modalités du paiement du lait de vache en fonction de sa composition et de sa qualité.
- Arrêté du 28 juillet 2000 définissent les modalités d'application du décret ci-dessus.

L'ensemble de ces dispositions réglementaires est placé sous l'autorité du ministre de l'agriculture et de pêche.

**V.1.2. En Algérie:**

Selon le journal officiel (JORA) le décret n°69 du 27/10/1993.

➤ L'article 7 classe les laits en fonction du nombre de germes totaux en trois catégories.

- ◆ **Catégorie A :** inférieur à 100 000 germes totaux /ml.
- ◆ **Catégorie B :** de 100 000 germes à 500 000 germes totaux/ml.
- ◆ **Catégorie C :** plus de 500 000 à 2000 000 germes totaux/ml.
- ◆ **Hors catégorie :** plus de 2000 000 germes totaux/ml.

➤ L'article 8 exige les spécifications suivantes :

- ◆ germes totaux maximum 2 000 000 de germes totaux/ml.
- ◆ Salmonelles absence.
- ◆ Stabilité à l'ébullition stable.
- ◆ Acidité (en g d'Acide lactique/l de lait) 1,8.
- ◆ Densité 1030-1034.
- ◆ Matière grasse 34g/l au minimum.

➤ Selon le J O R A n°35 de 1998, les critères microbiologiques du lait cru sont définis comme suit :

- ◆ Germes aérobies à 30°C 10<sup>5</sup> au minimum.
- ◆ Coliformes fécaux 10<sup>3</sup> au minimum.
- ◆ Streptocoques fécaux abs/ 0,1 ml.
- ◆ *Staphylococcus aureus* absence.
- ◆ Clostridium sulfito-réducteurs à 44°C 50 au minimum.
- ◆ Salmonelles absence.

**V.2. Modalités de paiement du lait :****V.2.1. Paiement en fonction de la qualité hygiénique et sanitaire :**

Au critère traditionnel de « qualité hygiénique » ou « flore total » se sont progressivement ajoutés dans les formules de paiement des critères supplémentaires de qualité (Sérieys F., 1997).

**1. Teneur en germes totaux :**

La teneur en germes totaux indique le niveau global d'hygiène, s'est considérablement réduite avec la généralisation du froid à la ferme et l'amélioration du nettoyage des installations de traite et de stockage du lait (Beguin M., 1994).

Selon CORDONNIER (1986), la qualité bactériologique ou numération des germes totaux (GT) rend compte de la densité microbienne notée de 1 à 3.

- ◆ **Note 1:** Plus de 500000 GT/ml.
- ◆ **Note 2:** 100000 et 500000 GT/ml.
- ◆ **Note 3:** Moins de 100000GT/ml.

Un lait propre et sans microbes tiendra plus longtemps qu'un lait pollué (Richard W.M., 1996).

**2. Teneur en cellules somatiques :**

La concentration en cellules somatiques du lait est le principal critère de qualité sanitaire. Il dépend du niveau d'infection mammaire du troupeau. Lorsque cette concentration augmente, L'aptitude technologique du lait diminue notamment d'une diminution des rendements fromagers et d'un pouvoir protéolytique plus élevé qui nuit à la stabilité du lait (Sérieys F., 1997).

Le critère « cellules » repose sur l'adoption des seuils présentant une meilleure marge de sécurité :

- ◆ Moins de 250.000 cellules/ml pour les laits de bonne qualité.
- ◆ Entre 250.000 et 400.000 cellules/ml pour les laits de moins bonne qualité.
- ◆ Plus de 400.000 cellules/ml pour les laits de mauvaise qualité et ceux impropres à la consommation.

Ceci permet de classer le lait de la très bonne à la moins bonne qualité qualifié par: Lait super A, lait A, lait B et lait C. Le lait sera dès lors payé par points pénalisant les laits à plus de 400.000 cellules/ml, voire même l'interdiction de la collecte si la moyenne géométrique de 3 mois consécutifs est supérieure à 400.000 cellules/ml (Béguin M., 1994 ; Le Roux Y., 1999).

**3. Teneur en spores butyriques :**

La contamination du lait par les spores butyriques préoccupe principalement les fromagers (Hartheiser M., 1994), du fait que la pasteurisation ne détruit pas *Clostridium* (Carole L.V., 2002).

Elle a pour principale origine la bouse: cependant, l'accident (gonflement, défaut de goût) ne se produit pas dans tous les types des fromages (Alais C., 1984).

Le lait est contaminé lors de la traite lorsque des particules de bouses présentes sur les trayons passent dans le lait par « lessivage » (Hartheiser M., 1994).

Un lait de bonne qualité destiné à la fromagerie devrait être au dessous de 400 spores/litre (Béguin M., 1994).

**4. Teneur en lipases (enzyme ou autres):**

Certain microorganismes, grâce à leurs lipases peuvent décomposer les matières grasses et les acides gras libres du lait, entraînant l'apparition d'odeurs rances dans les produits laitiers (Carole L.V., 2002), dans laquelle interviennent des lipases naturellement présentes dans le lait, et des lipases d'origine microbienne produites par les bactéries psychrotrophes (Béguin M., 1994), ces dernières se développent à des températures inférieures à 7°C.

Leur présence dans le lait provient de contaminations souvent liées à un manque d'efficacité de nettoyage et de la désinfection (Heuchel V et Chilliard Y., 1988).

**5. Teneur en résidus inhibiteurs :**

Le lait cru peut contenir diverses substances antibactériennes qui, selon leur concentration, peuvent avoir une action inhibitrice sur la microflore de contamination mais aussi sur les bactéries lactiques, leur action se manifeste par un retard et même un blocage complet de l'acidification au cours du processus de transformation du lait (Roissart H.B., 1986).

Les résidus à effets inhibiteurs dans la plus part des cas, proviennent de traitements des animaux par les médicaments vétérinaires voir de produits antiparasitaire ou phytosanitaire dans la ferme (Béguin M., 1994).



Des producteurs sont pénalisés pour la présence de résidus inhibiteurs dans leurs livraisons qui résultent pour l'essentiel, du traitement des mammites (Sérieys F., 1997).

**6. L'addition de l'eau "mouillage":**

Le mouillage est la fraude la plus fréquente. Elle est particulièrement grave car non seulement elle diminue la valeur nutritive du produit mais peut aussi être la source de dangereuses pollutions.

On dit qu'un lait est mouillé à 5%, lorsque 100 volumes de lait mis en vente contiennent 5 volumes d'eau (Roger V., 1979).

**V.2.2. Paiement en fonction de la composition :**

Le prix de base du lait, pour une teneur standard de 32g de matière protéique et du 38g de matière grasse par litre (Sérieys F., 1997).

Selon BEGUIN (1994), chaque gramme de matière grasse et de matière protéique supplémentaire par rapport à cette base est payé selon un prix négocié en interprofession (Béguin M., 1994).

Le dosage est en général exécuté dans les laboratoires interprofessionnels avec des équipements analytiques automatique; les matières azotées sont dosés en même temps que les matières grasses dans la plus part des pays producteurs de lait (Alais C., 1984).

Le paiement de lait à la matière grasse et protéique est entièrement justifié en beurrerie et fromagerie (Roger V., 1979).

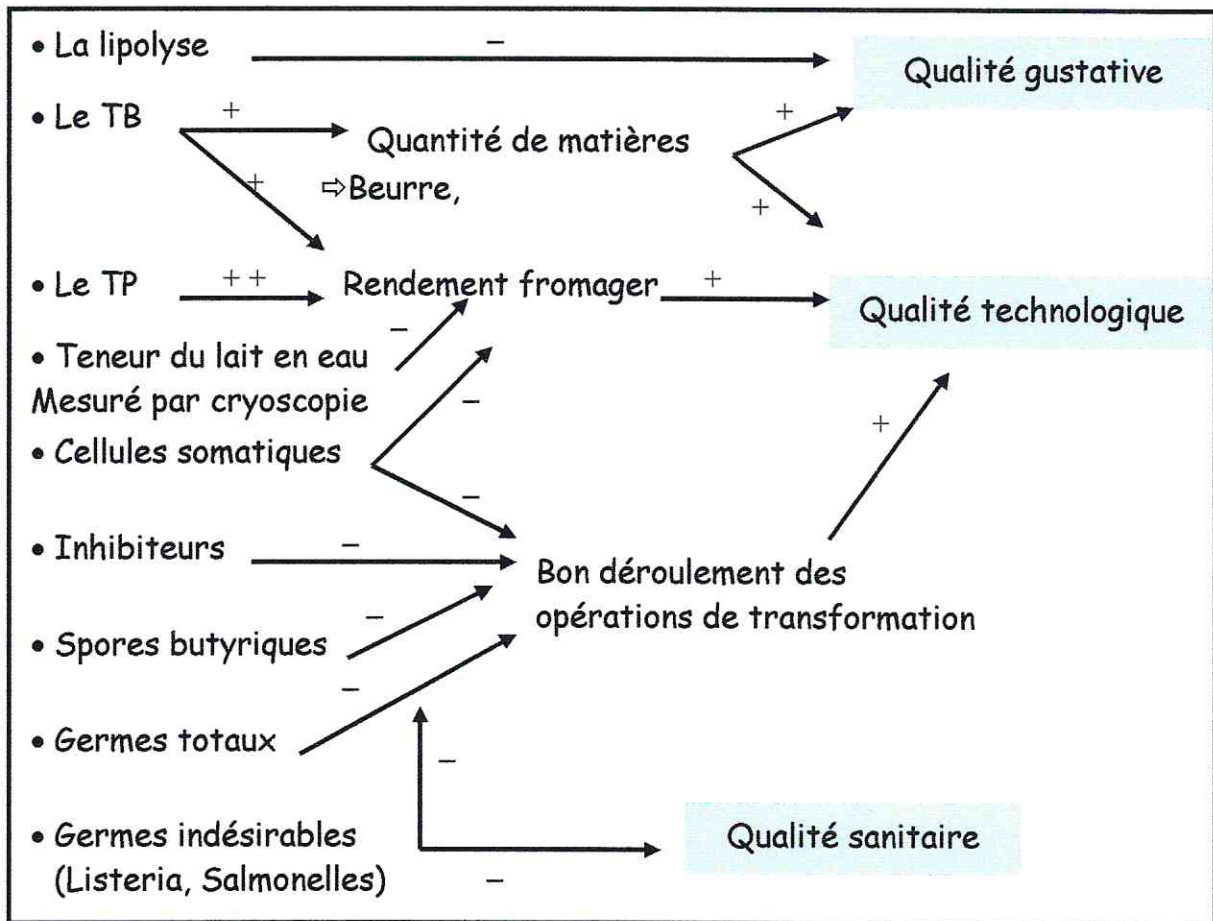


Figure 08 : Les critères de qualité du lait et leurs impacts (Cauty I et Perreau J., 2003).

### V.3. Modalités d'application :

#### V.3.1. Qualité bactériologique :

- ◆ Il existe des méthodes nombreuses et variées pour apprécier la qualité bactériologique d'un lait. Les plus précises et les plus significatives sont celles qui permettent le dénombrement des germes totaux, mais se sont aussi les plus délicates et les plus longues; elles ne exécutées que dans les laboratoires bien équipés.  
L'analyse bactériologique d'un lait exige, en pratique, la numération de la microflore total et des groupes microbiens les plus importants sur le plan de l'hygiène et sur le plan technique, notamment les bactéries pathogènes, Coliformes, Thermorésistantes, Sporulées, productrices de gaz (Alais C., 1984).
- ◆ La méthode la plus utilisée pour le comptage des cellules somatiques est le Coulter-Counter, c'est une méthode électronique reposant sur la modification d'un champ électrique crée par le passage des cellules.  
Les cellules du lait ont un diamètre sensiblement le même que celle de globules gras; c'est pourquoi cette méthode nécessite au préalable un dégraissage de l'échantillon de lait (Fischer J.M., 1992).
- ◆ Plusieurs méthodes ont été utilisées pour la détection des résidus inhibiteurs :
  - Méthodes microbiologiques exemple : Delvotest.
  - Méthodes enzymatiques exemple : penzyme.
  - Méthodes immuno-enzymatique exemple : MRL, Charm test.
  - Méthodes physico-chimiques exemple : HPLC, Spectrophotométrie de masse.
- ◆ Les laboratoire interprofessionnels effectuent par sondage des mesures cryoscopiques en vue de dépister les laits « mouillé » dont l'existence est immédiatement signalée aux laiterie s qui interviennent directement au prés de leurs producteurs (Rotereau J.C.,1985).

#### V.3.2. La composition :

La teneur en matière grasse et en protéines retenue pour le paiement du lait en fonction de sa composition, au cours d'une période déterminée, est calculée en se référant aux taux moyens pondérés en fonction des quantités de lait livrées le jour des prélèvements et des résultats obtenus sur les échantillons prélevés pendant la période considéré (JORF).

##### V.3.2.1. Détermination de la teneur en matière grasse par méthode butyrométrique :

Les méthodes butyrométriques ont généralement un statut de méthode de routine à l'exception de la méthode de GERBER, qui est la méthode officielle pour le paiement du lait à la qualité en France.

Ce sont des méthodes assez simples à mettre en œuvre et qui permettent d'obtenir des résultats dans des délais très courts (Trosat P., 2003).

Selon ALAIS (1984), le dosage est en général exécuté dans les laboratoires interprofessionnels avec des équipements analytiques automatiques. La norme européenne qui était autrefois de 35g/l est passée à 38g/l.

### V.3.2.2. Détermination de la teneur en azote:

#### a. Par méthode Kjeldahl :

Cette méthode introduite par Kjeldahl en 1883, est la méthode de référence internationale pour déterminer la quantité de protéine de lait : elle sert aussi de référence pour l'étalonnage et la validation des laits par les analyseurs par spectroscopie infrarouge (Carole L. V., 2002). C'est une méthode assez longue à mettre en œuvre et coûteuse (réactifs et appareillage) mais elle présente l'avantage d'être applicable à tous les types des produits laitiers (Trossat P., 2003).

**Tableau VIII :** Textes normatifs sur la méthode butyrométrique.

Produits	Documents normatifs	Statut
Lait entier ou particulièrement écrémé	Méthode: NF 04-210(Gerber) Butyromètre: NF B 35-521 Pipette: NF B 35-523	Méthode officielle pour le paiement du lait à la qualité

(Trossat P., 2003).

#### b. Par la méthode au Noire amido :


La méthode au Noire amido est applicable au lait entier, particulièrement ou totalement écrémé, qu'il ait ou subi un traitement physique (homogénéisation, traitement- thermique). Elle a un statut de méthode de routine, mais est la méthode officielle pour le paiement du lait à la qualité en France.

C'est une méthode assez simple à mettre en œuvre, et qui permet d'obtenir des résultats dans des délais très courts. Elle utilise une méthode simple de laboratoire : distributeur de lait et de réactif, colorimètre ou spectrophotomètre pour les principaux (Trossat P., 2003).

**Tableau IX :** Document normatif pour la méthode au noire amido.

Produits/Critères	Documents normatifs	Statut
Lait	NF V 04-216/FIL 98	Méthode officielle pour le paiement du lait à la qualité

(Trossat P., 2003).



*Partie  
expérimentale*



*Chapitre I*

*Matériel et méthodes*

**Lieu de travail :**

Le présent travail a été réalisé au niveau du laboratoire de l'unité de recherche de la faculté des sciences agro-vétérinaires (Université Saad Dahleb). Toutefois, l'analyse des échantillons de lait par les méthodes de références a été effectuée au laboratoire du contrôle de la qualité « CAQE » El-Harrach. Durant la période de mars à septembre 2007.

**I.1. Matériels :****I.1.1. Matériel biologique :**

Les échantillons de lait ont été collectés par docteur SAADAOUI R, collecteur auprès de DANONE et acheminés sous froid au laboratoire.

Nous avons pris :

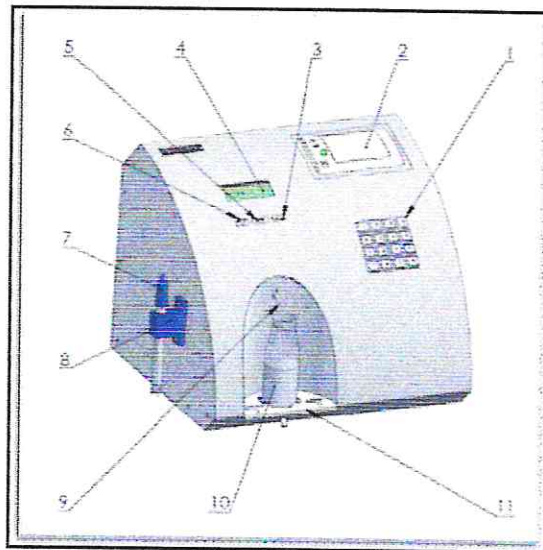
- 10 échantillons de lait pour la validation de la méthode du LACTOSCAN.
- 30 échantillons de lait de Tank pour l'évaluation de la qualité du lait sur la base des critères suivants :
  - Matière grasse.
  - Matière protéique.
  - Mouillage.
  - Numération cellulaire de Tank.
  - Résidus d'antibiotiques.

**I.1.2. Matériel de laboratoire :**

Les équipements et les réactifs utilisés sont apportés en annexe I.

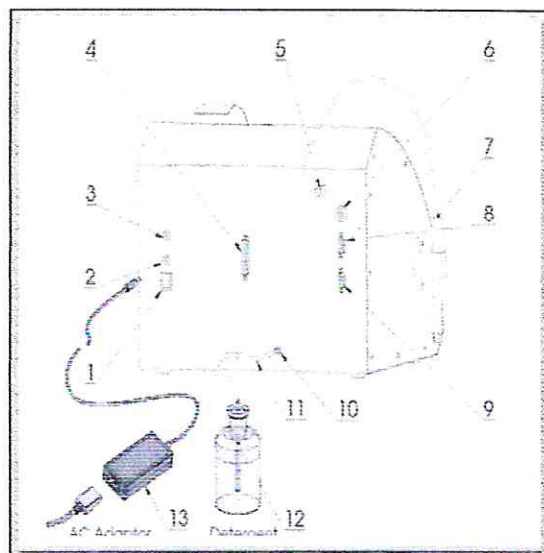
**Matériel :**

Nous avons utilisé le LACTOSCAN MCC 50 pour la détermination des paramètres physico-chimiques du lait.



**Figure 09:** LACTOSCAN modèle MCC 50 vue frontale.

1. Clavier, 2. Imprimeur, 3, 5, 6 Boutons En haut, Entrez, En bas, 4. Écran, 7. pH mètre, 8. Support du pH mètre, 9. Pipe mobile, 10. Échantillon du lait, 11. Support d'échantillon.



**Figure 10:** LACTOSCAN modèle MCC 50 vue dorsale.

1. bouton pour l'alumage d'appareil, 2. L'entrée de l'adaptateur AC, 3. Producteur du Pouvoir Provision DC, 4. connecteur de l'imprimeur Parallèle, 5. entrée pH mètre(option), 6. L'entrée d'échelle à Pesez (option), 7. pH mètre, 8. Com Port , 9. Port Com, 10. Connecteur pour la solution du nettoyage , 11. Pipe plastique, 12. Pipe du métal, 13. Changeant adaptateur.

## I.2. Méthodes :

### I.2.1. Détermination des paramètres physico chimiques du lait au moyen du LACTOSCAN :

#### ➤ Principe :

LACTOSCAN est un analyseur de la qualité du lait sur la base du principe de mesure à ultrasons. Une aliquote de 10 millilitres de lait est aspiré vers la chambre à ultrasons, chauffée à 40°C et soumise aux ultrasons. Les molécules sont caractérisées sur la base de leurs vitesses et de leur absorption des ultrasons.

#### ➤ Paramètres mesurés :

L'analyseur mesure sur le principe des ultrasons les teneurs dans le lait de la matière grasse (FAT), les matières solides non gras (SNF), les protéines, le lactose, la température (°C), le pH, la densité ainsi que la conductivité d'une part; et calcule le point de congélation et le mouillage, d'autre part.

Normes :

Matière grasse :	0,01% à 25% ± 0.06%.
Solides Non Gras (SNF) :	3% à 40% ± 0,15%.
Matière protéique :	2% à 7% ± 0,15%.
Densité :	à partir de 1000 à 1150 kg/m <sup>3</sup> ± 0,3 kg/m <sup>3</sup> .
Lactose :	0,01% à 20% ± 0,20%.
Température du lait :	1°C à 40°C ± 1°C.
pH :	0 à 14 ± 0,05.
Conductivité :	2 à 14 ± 0.05 [mS / cm].
Point de congélation :	- 0400 à - 0700°C ± 0.005°C.
Teneur en eau :	0% à 70% ± 3,0%.

**➤ Mode opératoire de l'appareil :**

- Mettre l'appareil sous tension, attendre qu'il affiche le message « Getting ready » sur l'écran d'affichage au bout de 5 minutes.
- Homogénéiser l'échantillon de lait.
- Placer la pipe mobile au fond du flacon de prélèvement (figure11).
- Presser sur le bouton « enter ». Une aliquote de 10ml de lait est aspirée.
- Nettoyer la pipe avec du papier hygiénique (figure12).
- Les résultats sont affichés sur l'écran et enregistrés sur papier (figure13).
- Rincer l'analyseur avec de l'eau distillée après chaque échantillon.

Après avoir analysé tous les échantillons, l'appareil subit des opérations d'entretien comme suit :

- Lavage de l'appareil avec une solution acido-basique pour éliminer les résidus de matière grasse, minéraux (calcium, magnésium,...).
- Si la quantité de la solution acido-basique arrive à son seuil l'appareil demande l'arrêt du nettoyage par l'expression « Cleaning please wait ».



**Figure 11:** L'analyse du lait.



**Figure12 :** nettoyage de la pipe mobile.



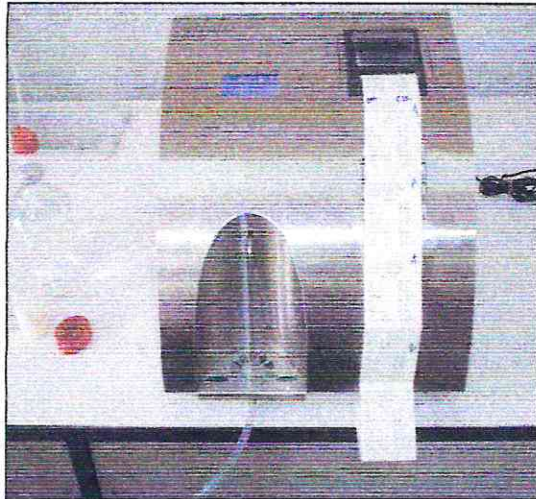


Figure 13: L'obtention des résultats.



Figure 14 : rinçage avec de l'eau distillé.

**I.2.2. Détermination de la teneur en matière grasse par la méthode acido-butyrométrique dite de GERBER : Référence: (F, JO de 25 Janvier 1970) NF V04.210 Décembre 1971.**

➤ Principe :

Séparation de la matière grasse du lait par centrifugation dans un butyromètre après attaque des éléments du lait, matière grasse excitée par l'acide sulfurique.

La séparation de la matière grasse est favorisée par l'addition d'une petite quantité d'alcool iso-amylque.

➤ Mode opératoire :

Sous la hotte :

- Introduire dans le butyromètre 10 ml  $H_2SO_4$ .
- Ajouter 11 ml de lait, en plaçant la pointe de la pipette en contact avec la base du col du butyromètre et en évitant un mélange prématuré du lait avec l'acide.
- Verser à la surface du lait 1 ml d'alcool iso-amylque.
- Boucher le butyromètre.
- Procéder à l'agitation jusqu'à ce que la crème qui se coagule dès que le lait est mélangé à l'acide soit entièrement dissoute.
- On procède à la centrifugation sans laisser refroidir le butyromètre pendant au moins 5 min.
- A la sortie de la centrifugeuse plonger le butyromètre verticalement bouchons en bas dans le bain marie à  $70^\circ C$  pendant 5 min pour éviter la contraction de la matière grasse dans le butyromètre.
- La lecture de la phase grasse doit être effectuée rapidement afin d'éviter le refroidissement du butyromètre et ainsi une contraction de la phase grasse.
- Si l'on n'est parvenu au résultat précédent en 10 secondes replonger le butyromètre dans le bain et refaire la lecture 2 à 3 min plus tard.



Figure 15 : Prélèvement de 11 ml du lait.



Figure 16 : Butyromètre après sa fermeture.



Figure 17 : l'agitation du butyromètre.

Expression des résultats :

La teneur en matière grasse du lait exprimée en g/l est égale à :  $(N1 - N) \times 10$

N1 : Valeur atteinte par le niveau supérieur.

N : Valeur atteinte par le niveau inférieur.

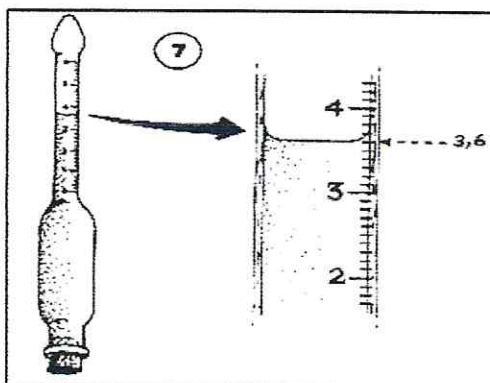


Figure 18: Lecture de Butyromètre.

### L2.3. Détermination de la teneur en protéines vraies par la méthode au Noir amido. Référence: NF V 04-216/FIL 98.

➤ Principe :

La méthode de détermination de la teneur en protéines au Noir amido repose sur le principe d'une réaction de fixation entre un colorant : Le Noir amido (plus précisément les groupements SO<sub>3</sub>) et les protéines du lait (groupement NH<sub>3</sub> des acides aminés basiques des protéines). Elle permet de quantifier la teneur en matière azotée protéique (caséines + protéines sériques) d'un échantillon de lait.

➤ Mode opératoire :

- Introduire dans un tube conique 1ml de lait.
- Ajouter 20ml de Noir amido concentré à 0,9g/l.

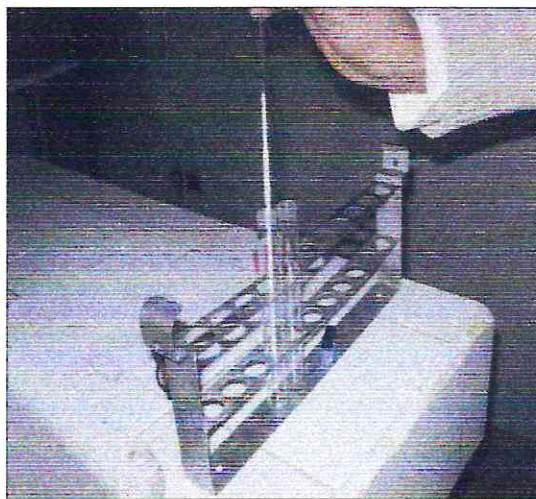


Figure 19 : L'introduction de 1 ml de lait.



Figure 20 : L'ajout de 20 ml de Noir amido.

- Agiter le liquide jusqu'à ce qu'il devienne homogène.
- Centrifuger pendant 5min.
- Diluer le surnageant à un dixième (1ml de surnageant dans 9ml d'eau distillée).
- Agiter le mélange.
- Verser le mélange dans une cuve en quartz de 1ml.
- Régler le spectrophotomètre à zéro en plaçant une solution de 1ml de Noir amido additionnée à 100ml d'eau distillée réglée à 550nm.
- Placer le mélange dans le spectrophotomètre réglé à zéro.
- Mesure ensuite la densité optique du mélange à 550nm.
- Utiliser quatre valeurs des laits étalons (lait concentré, lait riche en protéine, lait moyen, lait pauvre en protéine) et mesurer la densité optique de chaque type d'étalon.

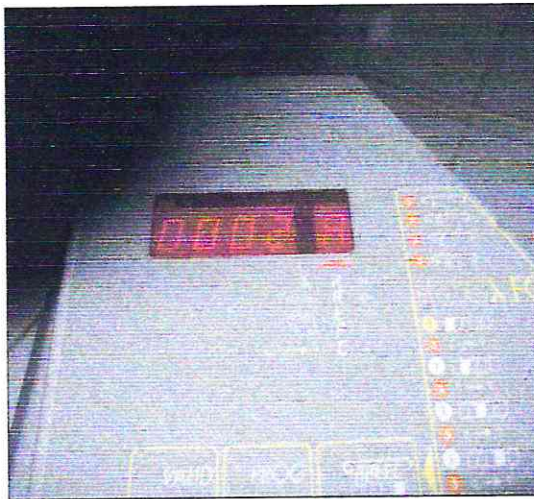


Figure 21: Régler à zéro.



Figure 22: Placement du mélange.



Figure 23 : Les quatre étalons utilisés.

- Tracer ensuite la courbe d'étalonnage (la densité optique des quatre étalons en fonction de la concentration exprimée en g/l), la courbe d'étalonnage est apportée en annexe II.
- Chaque échantillon du lait par sa valeur de densité optique à une concentration tirée de la courbe d'étalonnage.

### I.2.4. Validation de la méthode utilisant le LACTOSCAN (analyse statistique) :

Pour valider la méthode utilisant le LACTOSCAN, il est impératif de s'assurer qu'elle présente une exactitude acceptable selon les critères de fidélité et de justesse comme représenté dans la figure ci dessous.

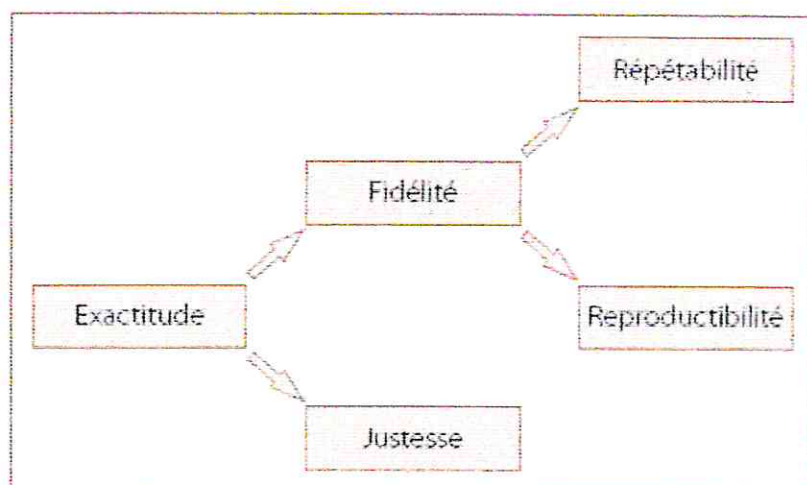


Figure 24: Composantes de l'exactitude (Vandromme, 2005).

Nous avons choisi la matière grasse et la matière protéique comme critères d'évaluation car ils sont utilisés dans le paiement du lait à la qualité.

Les méthodes de références sont :

- Méthode de GERBER pour la matière grasse.
- Méthode au Noir amido (spectrophotométrie) pour la matière azotée.

L'exactitude est déterminée par la justesse<sup>1</sup> et la fidélité<sup>2</sup>.

**1. La justesse** est considérée comme : « étroitesse de l'accord entre la vraie valeur de la grandeur à mesurer et le résultat moyen qui serait obtenu en appliquant le procédé expérimental un grand nombre de fois. Le procédé est d'autant plus juste que la PARTIE SYSTÉMATIQUE des erreurs expérimentales qui affectent les résultats est moindre ».

En pratique, la justesse représente l'écart entre la mesure obtenue (moyenne arithmétique des résultats d'essais) et la vraie valeur (valeur de référence) avec un intervalle de confiance de 95%. Elle a été déterminée par l'application du modèle linéaire utilisant la régression par les moindres carrés ordinaires (MCO) selon le modèle suivant :  $Y = a X$ .

Où :

- **Y** : la variable à expliquer (endogène), le pourcentage de matière grasse ou de matière protéique obtenu avec le LACTOSCAN.
- **X** : la variable explicative (exogène), le pourcentage de matière grasse ou de matière protéique obtenu par les méthodes de références.
- **a** : le coefficient de la pente de la droite de régression.

La justesse a été déterminée sur 10 laits de vache où chaque échantillon a été analysé au moyen du LACTOSCAN et des méthodes de référence.

2. La **fidélité** représente la variation d'un résultat donné par la méthode de mesure. Elle a été déterminée par le modèle d'analyse de variance, modèle qui a été résolu à l'aide du logiciel SAS (version 2008) en utilisant la procédure GLM (General Linear Model).

Le modèle de régression est le suivant :  $y_{ijk} = \mu + \beta + O_i + P_j + (OP)_{ij} + E_{ijk}$ .  $y_{ijk}$   
Où :

- $y_{ijk}$  : Le pourcentage de matière grasse ou de matière protéique.
- $\mu$  : Biais.
- $\beta$  : Vraie valeur.
- $O_i$  : Opérateur.
- $P_j$  : Pièce (nombre d'échantillon de lait).
- $(OP)_{ij}$  : Interaction opérateur et pièce.
- $E_{ijk}$  : Effet répétition.

Le modèle permet de donner les paramètres suivants :

- **Répétabilité** : variation entre les mesures successives de la même pièce, la même caractéristique avec le même instrument de mesure par la même personne. Elle exprime le rapport entre la variance de l'erreur et la somme des composantes de variance et est notée **r**.

$$r = \frac{\text{variance d'erreur}}{\text{somme des composantes de variance}}$$

- **Reproductibilité** : variation des moyennes de mesures réalisées par différents opérateurs avec le même instrument. Elle exprime le rapport entre la somme des composants (opérateur et interaction) et la somme des composants de variance et est noté **R**.

$$R = \frac{\text{somme des composants (opérateur et interaction)}}{\text{somme des composantes de variance}}$$

La fidélité a été déterminée sur 10 laits de vache analysés par trois opérateurs différents où chaque échantillon a été analysé trois fois au moyen du LACTOSCAN. Elle est calculée par la formule suivante :

$$\text{Fidélité}(\%) = \text{Répétabilité}(\%) + \text{Reproductibilité}(\%)$$

### I.2.5. Détermination de la numération cellulaire et recherche des résidus d'antibiotiques dans le lait de Tank :

Les échantillons de lait ont été traités par mademoiselle TARZAALI D, dans le cadre de son mémoire de magister.

#### a. Numération cellulaire :

La méthode utilisée est celle préconisée par la norme FIL 148A:1995, modifiée pour la fixation des échantillons selon la méthode de GRAPPIN et JEUNET (1974).

#### Fixation des échantillons :

- Homogénéiser soigneusement et délicatement les échantillons de lait.

- Prélever 9,8 ml de lait et déposer, à l'aide d'une pipette graduée, dans un tube de 20 ml.
- Ajouter, à l'aide d'une micropipette, 0,2 ml de formol à 3,5%.
- Homogénéiser le mélange et placer les tubes dans un bain marie à la température de 60°C pendant 30 minutes.

**Clarification des échantillons :**

- Préparer une série de tubes étiquetés à raison de 3 tubes pour chaque échantillon de lait fixé. Ensuite, déposer 0,1 ml de lait fixé dans chaque tube et ajouter 9,9 ml de la solution électrolyte filtré.
- Mélanger la solution ainsi préparée et mettre à incuber dans un bain marie à la température de  $80\pm 1^\circ\text{C}$  pendant 10 minutes.
- Retirer les préparations du bain marie et laisser refroidir à température ambiante.
- Procéder ensuite au dénombrement à l'aide du Coulter Counter, modèle Z<sub>2</sub>.

**Comptage des cellules :**

Avec un volume de mesure de 0,1 ml et une dilution de 0,1 ml de lait dans 10 ml de mélange électrolytique émulsionnant, la numération est indiquée, en lecture directe, en milliers de cellules somatique par ml de lait.

**b. Recherche de résidus d'antibiotiques :**

La méthode utilisée, repose sur le Delvotest SP qui est un test de sélection microbiologique à large spectre, permettant de déceler les résidus de substances anti-infectieuse dans le lait. Ce test permet de déceler au niveau des MRL (Maximum Residue Limit) un certain nombre de substances reprises dans la liste de MRL définies pour le lait dans la législation européenne (Règlement CEE 2377/90 et ses modifications ultérieures).

A decorative border of black asterisks surrounds the text. The border is composed of a top row of 15 asterisks, a bottom row of 15 asterisks, and two vertical columns of 15 asterisks each on the left and right sides.

*Chapitre II*  
*Résultats et discussion*



## RESULTATS

L'analyse des dix échantillons de lait au moyen du LACTOSCAN MCC 50 a donné les résultats rapportés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau X:** La moyenne de l'analyse des dix échantillons au moyen du LACTOSCAN.

Échantillons	MG (%)	MP (%)	SNF (%)	Densité	Lactose (%)	Solides	m (%)	T (°C)	T° cong
1	4,456	3,504	9,00	30,72	4,95	00,70	00,00	13,7	- 0,560
2	4,621	3,261	8,33	30,28	4,58	00,69	01,15	12,7	- 0,514
3	4,732	3,303	8,46	30,47	4,65	00,70	00,00	08,5	- 0,523
4	4,102	3,307	8,47	29,98	4,65	00,68	00,00	08,8	- 0,524
5	5,142	3,634	9,29	08,52	5,10	00,68	00,00	15,5	- 0,583
6	4,078	3,483	8,93	28,71	4,91	00,66	00,00	15,4	- 0,554
7	4,109	3,508	9,00	31,12	4,95	00,71	00,00	20,2	- 0,56
8	4,172	3,469	8,96	29,73	4,92	00,68	00,00	20,1	- 0,556
9	4,154	3,446	8,83	29,56	4,85	00,68	00,00	19,3	- 0,547
10	4,173	3,466	8,90	29,72	4,89	00,67	00,00	18,0	- 0,552
Moyenne	4,374	3,438	8,817	27,881	4,845	00,685	0,115	15,220	-0,547

MG : Matière grasse, SNF : Solide non gras, MP : matières protéiques, m : mouillage, T : Température du lait, T° cong : Température de congélation.

Les résultats ont montré que :

- La matière grasse varie de 4,07 à 5,14% avec une moyenne de 4,374%.
- La matière protéique varie de 3,26 à 3,50% avec une moyenne de 3,438%.
- Les solides non gras varient de 8,33 à 9,29% avec une moyenne de 8,817%.
- La densité varie de 8,52 à 31,12% avec une moyenne de 27,881%.
- Le lactose varie de 4,58 à 5,10 %avec une moyenne de 4,845%.
- Les solides varient de 0,66 à 0,70 %avec une moyenne de 0,685%.
- Le mouillage varie de 0,00 à 01,15% avec une moyenne de 0,115%.
- La température varie de 8,5 à 20,2°C avec une moyenne de 15,220°C.
- La température de congélation varie de - 0,514 à - 0,583°C avec une moyenne de -0,547°C.

L'analyse des dix échantillons de lait pour la matière grasse par la méthode de GERBER a donné les résultats rapportés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau XI :** Résultats de l'analyse de la matière grasse par la méthode de GERBER.

Échantillons	Matière grasse (g/l)
1	44
2	45
3	48
4	41
5	50
6	41
7	39
8	40
9	42
10	42
Moyenne	43,2

Il en ressort que la matière grasse varie de 39 à 50 g/l avec une moyenne de 43,2 g/l.

L'analyse des dix échantillons de lait pour la matière protéique par la méthode au Noir amido a donné les résultats rapportés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau XII:** Résultats de l'analyse de la matière protéique par la méthode au Noir amido.

Echantillon	Matière protéique (g/l)
1	35,5
2	35,0
3	35,0
4	35,0
5	35,5
6	34,5
7	34,0
8	35,0
9	35,0
10	34,5
Moyenne	34,9

Il en ressort que la matière protéique est comprise entre 34 et 35,5 g/l avec une moyenne de 34,9 g/l.

**Première partie : Évaluation de la méthode.**

**1. Justesse :**

La confrontation des résultats obtenus au moyen du LACTOSCAN et des méthodes de référence pour les deux critères est rapportée dans le tableau ci-dessous.

**Tableau XIII :** Résultats d'analyse de la matière grasse et la matière protéique au moyen du LACTOSCAN et des méthodes de références.

échantillons	Matière grasse (g/l)		Matière protéique (g/l)	
	LACTOSCAN	Méthode de GERBER	LACTOSCAN	Méthode au Noir amido
1	44,56	44,0	35,04	35,5
2	46,21	45,0	32,61	35,0
3	47,32	48,0	33,03	35,0
4	41,02	41,0	33,07	35,0
5	51,42	50,0	36,34	35,5
6	40,78	41,0	34,83	34,5
7	41,09	39,0	35,08	34,0
8	41,72	40,0	34,69	35,0
9	41,54	42,0	34,46	35,0
10	41,73	42,0	34,66	34,5

Le traitement statistique des résultats avec le modèle linéaire utilisant la régression par les moindres carrés ordinaires (MCO) a donné les paramètres rapportés dans le tableau XIV.

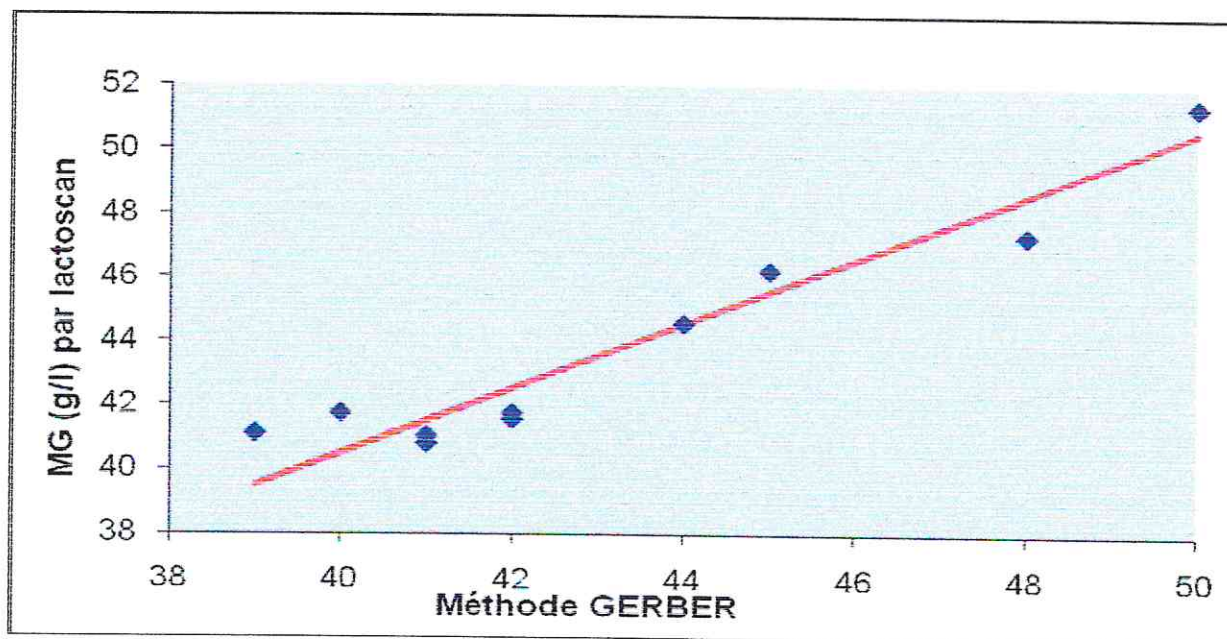
**Tableau XIV:** Résultats du traitement statistique.

Paramètres	Matière grasse	Matière protéique
Pente	1,012208	0,984985
t de Student	137,832	89,837
Probabilité	0,0001	0,0001
Coefficient de corrélation	0,9995	0,9989
Écart type résiduel	0,1006	0,1209
Coefficient de variation	2,30063	3,51980
Intervalle de confiance	0,77 et 1,23	-1,15 et 3,15

**Interprétation des résultats :****• Matière grasse :**

La régression de la méthode du LACTOSCAN en fonction de la méthode de référence (GERBER) donne un coefficient de corrélation de 0,9995 (> 90%) avec un t de Student de 137,8 (probabilité = 0,0001) qui permet de dire que la méthode GERBER explique la méthode utilisée (LACTOSCAN).

La représentation graphique de la droite de régression donne un coefficient de la pente de la droite de régression positif de 1,01 avec un intervalle de confiance à 95% compris entre 0,77 et 1,23. L'écart type résiduel s'élève à 0,1006, soit un coefficient de variation de 2,30063 (Cf. figure 25).



**Figure 25 :** Relation entre la méthode de GERBER et celle du LACTOSCAN.

**• Matière azotée :**

La régression de la méthode du LACTOSCAN en fonction de la méthode de référence (au Noir Amido) donne un coefficient de corrélation de 0,9989 (> 90%) avec un t de Student de 89,837 (probabilité = 0,0001) qui permet de dire que la méthode au Noir Amido explique la méthode utilisée (LACTOSCAN).

La représentation graphique de la droite de régression donne un coefficient de la pente de la droite de régression positif de 0,985 avec un intervalle de confiance à 95% compris entre -1,15 et 3,15. L'écart type résiduel est de 0,1209, avec un coefficient de variation de 3,51980 (Cf. figure 26).

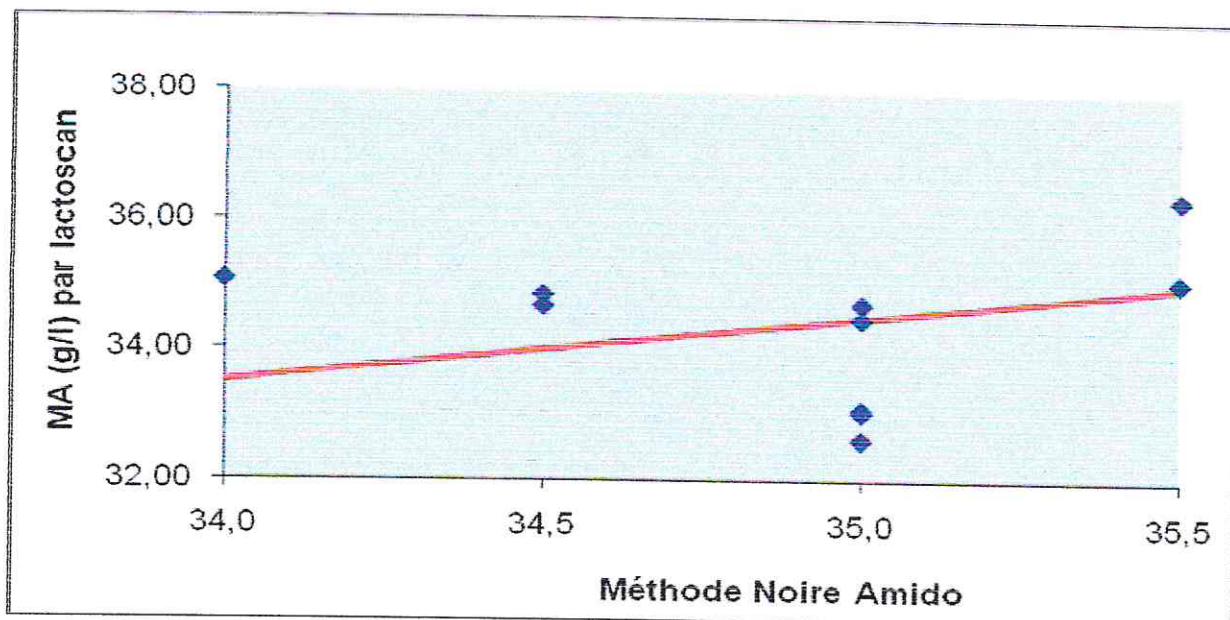


Figure 26 : Relation la méthode au Noir amido et celle du LACTOSCAN.

Sur la base des coefficients de corrélation obtenus (proches de 1), nous pouvons dire qu'il existe une forte corrélation entre les valeurs obtenues au moyen du LACTOSCAN et les deux méthodes de références retenues. Par conséquent, les résultats du LACTOSCAN sont fiables et il présente une bonne justesse.

**2. Fidélité :**

Les résultats de l'analyse des dix échantillons de lait au moyen du LACTOSCAN par les trois opérateurs différents sont rapportés dans les tableaux XV et XVI.

Tableau XV: Résultats obtenus pour la matière grasse au moyen du LACTOSCAN.

	Opérateur 1			Opérateur 2			Opérateur 3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Echantillon 1	4,46	4,46	4,45	4,46	4,45	4,45	4,45	4,46	4,46
Echantillon 2	4,62	4,62	4,62	4,63	4,62	4,62	4,62	4,62	4,62
Echantillon 3	4,73	4,73	4,73	4,74	4,73	4,73	4,73	4,74	4,73
Echantillon 4	4,11	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,11	4,10	4,10
Echantillon 5	5,14	5,14	5,14	5,14	5,15	5,14	5,14	5,15	5,14
Echantillon 6	4,07	4,08	4,07	4,07	4,08	4,07	4,09	4,09	4,08
Echantillon 7	4,10	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11
Echantillon 8	4,17	4,17	4,18	4,17	4,16	4,18	4,17	4,18	4,17
Echantillon 9	4,15	4,14	4,15	4,16	4,15	4,16	4,16	4,16	4,16
Echantillon 10	4,18	4,18	4,17	4,17	4,17	4,17	4,17	4,18	4,17

**Tableau XVI:** Résultats obtenus pour la matière protéique au moyen du LACTOSCAN.

	Opérateur 1			Opérateur 2			Opérateur 3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Echantillon 1	3,51	3,51	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,51	3,51
Echantillon 2	3,26	3,26	3,26	3,26	3,27	3,26	3,26	3,26	3,26
Echantillon 3	3,30	3,30	3,31	3,30	3,30	3,30	3,31	3,31	3,30
Echantillon 4	3,30	3,30	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31	3,30
Echantillon 5	3,63	3,64	3,64	3,63	3,63	3,63	3,64	3,63	3,64
Echantillon 6	3,49	3,48	3,48	3,48	3,48	3,49	3,48	3,48	3,49
Echantillon 7	3,51	3,50	3,51	3,50	3,51	3,51	3,51	3,51	3,51
Echantillon 8	3,46	3,47	3,47	3,47	3,47	3,47	3,47	3,47	3,47
Echantillon 9	3,44	3,45	3,44	3,44	3,45	3,44	3,45	3,45	3,45
Echantillon 10	3,46	3,47	3,46	3,46	3,47	3,47	3,47	3,46	3,47

- **Analyse de la variance :**

Le traitement statistique des résultats obtenus par les trois opérateurs sur les 10 échantillons au moyen logiciel SAS (version 2008), selon la procédure GLM (General Linear Model) pour l'analyse de la variance est rapporté dans le tableau ci-dessous.

**Tableau XVII :** Résultats de l'analyse de variance.

Paramètres	Matière grasse	Matière azotée
Var (laits)	0,12747	0,01315
Var (Opérateurs)	$1,88889 \cdot 10^{-6}$	$1,27778 \cdot 10^{-6}$
Var (laits*opérateurs)	$8,61111 \cdot 10^{-7}$	$-6,0185 \cdot 10^{-7}$
Var (Erreur)	$2,806 \cdot 10^{-5}$	$2,213 \cdot 10^{-5}$
Somme	<b>0,1274982905561</b>	<b>0,0131722364819</b>

Somme = somme des quatre valeurs de variance.

- Répétabilité et reproductibilité.

Les résultats obtenus pour la **répétabilité** et la **reproductibilité** sont rapportés dans le tableau XVIII.

**Tableau XVIII : Résultats de la répétabilité et de la reproductibilité.**

	Répétabilité (< 5%)	Reproductibilité (< 5%)	Fidélité
Matière grasse	2,0 %	0,008 %	2,008 %
Matière azotée	0,17 %	$5,1 \cdot 10^{-4}$ %	0,171 %

Les résultats montrent que la fidélité est de 2,008 % ( $2,0 + 8 \cdot 10^{-3}$ ) et de 0,171 % ( $0,17 + 5,1 \cdot 10^{-4}$ ), respectivement pour la matière grasse et la matière azotée.

Pour l'évaluation de la précision de la méthode, nous nous sommes basés sur le modèle décrit par CLEMENT (2003), rapporté dans le tableau ci-dessous et la norme ISO qui préconise une norme inférieure à 10%.

**Tableau XIX : Critères de qualification relatifs à qualification du processus de mesurage en fonction des tolérances.**

Tolérance (%)	Décision
< à 10%	Excellente
10 à 20 %	Bonne
20 à 30%	Marginale
> à 30 %	Inacceptable

(Clement B., 2003)

Compte tenu des valeurs de fidélité obtenues pour les deux méthodes de 2,008% et 0,171%, respectivement pour la matière grasse et la matière azotée inférieures à 10%, nous pouvons dire que la méthode du LACTOSCAN présente une excellente fidélité.

Par conséquent, nous pouvons conclure que la méthode est valide et l'appareil peut être utilisé pour la détermination de ces paramètres.

**Deuxième partie :** Application de la méthode du LACTOSCAN pour la détermination des critères de qualité.

La détermination des critères de la qualité repose sur l'utilisation de méthodes normalisées comme la méthode de GERBER et le Noir Amido (méthodes de référence), qui présentent certains inconvénients (surtout le nombre limité d'échantillons à analyser quotidiennement). L'utilisation d'appareils tels que le LACTOSCAN permettrait de lever ces contraintes.

Les normes utilisées sont rapportées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau XX:** Normes retenues pour les cinq paramètres.

<b>Paramètres</b>	<b>Normes</b>	<b>Législation</b>
Matière grasse	≥ 34 g/l	JORA, décret n°69 du 27/10/1993
Matière azotée (protéines)	25 à 40 g/l	(AFNOR 1986)
Mouillage	Absence	(AFNOR 1986)
Résidus d'antibiotiques	Absence	(JORA 1993)
Cellules somatiques	≤ 400 000 cellules / ml	(FIL 1995)



Les résultats obtenus pour les paramètres retenus sont rapportés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau XXI:** Les résultats obtenus à partir des 30 laits d'élevages pour les critères retenus.

Laits d'élevages	LACTOSCAN			COULTER NCT (cellules/ml)	Deivotest Sp Résidus ATB
	Matière grasse (g/l)	Matière protéique (g/l)	Mouillage (%)		
1.	46,4	32,9	00,00	4 086 833	+
2.	45,5	34,7	00,00	1 427 000	+
3.	40,8	34,4	00,00	242 100	+
4.	38,5	34,8	00,00	1 081 833	+
5.	46,8	36,7	00,00	956 233	+
6.	44,1	34,2	00,00	1 273 875	+
7.	43,1	33,9	00,00	3 514 375	+
8.	47,9	34,7	00,00	561 850	+
9.	47,0	31,4	5,19	1 171 750	+
10.	44,1	34,5	00,00	786 083	-
11.	33,3	31,8	3,84	318 450	-
12.	35,0	37,2	00,00	179 900	-
13.	31,7	26,8	20,76	315 675	-
14.	42,2	33,8	00,00	337 500	-
15.	45,4	33,5	00,00	1 277 125	-
16.	48,8	34,7	00,00	604 625	-
17.	50,2	36,1	00,00	186 400	-
18.	40,7	32,3	2,11	1 046 625	-
19.	30,6	32,5	1,15	330 575	-
20.	22,5	25,6	24,23	555 600	-
21.	43,6	42,1	00,00	195 300	-
22.	32,2	32,5	1,34	586 600	-
23.	40,5	34,7	00,00	326 567	-
24.	25,8	32,4	1,53	157 033	-
25.	48,3	31,7	4,23	533 367	-
26.	37,4	31,7	4,03	1 715 667	-
27.	42,7	29,2	12,69	1 600 000	-
28.	42,7	29,2	12,69	2 452 833	-
29.	34,6	34,6	00,00	1 916 500	-
30.	44,1	35,3	00,00	4 559 000	-
Moyenne	40,55+/- 6,89	33,33+/- 3,06	3,23+/- 6,14	1 143 242,47 +/- 13229739,23	

L'interprétation des résultats est présentée par critère :

### 1. Matière grasse :

Selon la norme du JORA (1993), la matière grasse doit être de 34g/l au minimum. Le classement des laits d'élevages est rapporté dans le tableau ci-dessous.

**Tableau XXII :** Classement des laits d'élevages selon la norme du JORA (1993).

Matière grasse	Nombre d'échantillon	Pourcentage
< 34g/l	6	20,00
≥ 34g/l	24	80,00
<b>Total</b>	30	100

Les résultats montrent que :

- 06 laits présentent une teneur inférieure à la norme, soit un taux de 20,00%.
- 24 laits présentent une teneur en matière grasse dans les normes, soit un taux de 80,00%.

### 2. Matière azotée :

Selon la norme AFNOR (1986), la matière azotée (protéines) doit être entre 25 et 40 g/l. Le classement des laits d'élevages est rapporté dans le tableau ci-dessous.

**Tableau XXIII :** Classement des laits d'élevages selon la norme AFNOR (1986).

Matière azotée	Nombre d'échantillon	Pourcentage
< 25 g/l	0	00,00
entre 25 et 40 g/l	29	96,66
> 40 g/l	01	03,33
<b>Total</b>	30	100

Les résultats montrent que les trente échantillons de lait présentent une teneur de matière azotée supérieure ou égale à la norme, soit un taux de 100%.

### 3. Mouillage :

Selon la norme AFNOR (1986), le lait ne doit pas contenir de l'eau. Le classement des laits d'élevages est rapporté dans le tableau ci-dessous.

**Tableau XIV :** Classement des laits d'élevages selon la norme AFNOR (1986).

Mouillage	Nombre d'échantillon	Pourcentage
Oui	12	40,00
Non	18	60,00
<b>Total</b>	30	100

Les résultats montrent que 12 échantillons de lait sont mouillés, soit un taux de 40%.

#### 4. Résidus d'antibiotiques :

Selon la norme du JORA (1993), le lait ne doit pas contenir de résidus d'antibiotiques. Le classement des laits d'élevages est rapporté dans le tableau ci-dessous.

**Tableau XXV:** Classement des laits d'élevages selon la norme du JORA (1993).

Résidus d'antibiotiques	Nombre d'échantillon	Pourcentage
Positif	09	30,00
Négatif	21	70,00
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

Les résultats ont révélé :

- La présence des résidus d'antibiotiques dans 09 laits, soit un taux de 30%.
- L'absence des résidus d'antibiotiques dans 21 échantillons, soit un taux de 70%.

#### 5. Cellules somatiques :

Selon la norme du FIL (1995), la concentration des cellules somatiques du lait d'élevage doit être  $\leq 400\ 000$  cellules / ml. Le classement des laits d'élevages est rapporté dans le tableau ci-dessous.

**Tableau XXVI:** Classement des échantillons selon la norme de la FIL (1995).

NCT	Nombre d'échantillon	Pourcentage
> 400 000 cellules / ml	13	43,33
$\leq 400\ 000$ cellules / ml	17	56,66
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

Les résultats montrent que :

- 17 laits présentent une concentration cellulaire dans la norme, soit un taux de 56,66%.
- 13 laits seulement présentent une concentration cellulaire supérieure à la norme, soit un taux de 43,33%.

**DISCUSSION :****• Les matières grasse et protéique :**

Les résultats obtenus montrent que les teneurs en matière grasse et en matière protéique varient entre 22,5 et 50,2 g/l et 25,6 et 42,1 g/l, respectivement. En effet, 80,00% des laits ont une teneur en matière grasse  $\geq 34$ g/l et presque la totalité (96,66%), une teneur en matière protéique comprise entre 25 et 40 g/l. Les taux élevés de matière grasse obtenus dans la présente étude correspondent à la période où l'alimentation est d'origine fourragère (printemps) et le taux protéique est lié à la distribution de concentrés.

Différents facteurs peuvent être mis en cause dans cette fluctuation entre les différents élevages. Mais, d'une manière générale, les principaux facteurs qui peuvent influencer la composition du lait sont : la race, les stades et rangs de lactation, les facteurs climatiques, les pratiques de traite et surtout l'alimentation. Toutefois, il est reconnu et établi qu'il existe de grands écarts dans la composition du lait d'une race à une autre, surtout pour la teneur en matière grasse. Les races les plus laitières présentent des taux butyreux et protéiques des plus faibles.

De nombreux travaux ont rapporté les relations entre la variabilité des matières grasses et protéiques et ces différents facteurs :

- Selon ESSALHI (2002), l'étude des relations entre les systèmes de production bovins ayant porté sur 43 élevages au Maroc et certaines caractéristiques physico-chimiques du lait a confirmé que la race Montbéliarde produit un lait plus riche en matières grasses que celui de la race Holstein.
- Selon AGABRIEL (2001), la saison, la race et la conduite de l'alimentation des vaches sont les principaux facteurs d'explication des variations de la composition chimique du lait. Les laits riches en protéines et en minéraux, et dont les proportions d'acides gras longs et insaturés dans la matière grasse sont les plus forts. Il s'agit de laits de fin d'été, produits par des troupeaux de race Montbéliarde, la race Salers est caractérisée par un très faible taux butyreux.
- Selon KINAL (2005), la quantité de lait et le taux protéique sont élevés dans le deuxième et le troisième mois de lactation.
- Selon KULONZAM (2008), le taux protéique varie entre deux traites. Il est plus élevé dans le lait de la traite du matin que celle du soir.

Dans la majorité de nos élevages caractérisés par un mélange de races, d'animaux à différents âges et de stade de lactation différents, ces facteurs ne sont pas souvent maîtrisés. Et comme l'éleveur donne ce qui est disponible, l'alimentation reste le facteur le plus prépondérant malgré son importance capitale. En effet, selon SAHRAOUI (2002), dans les élevages laitiers de la Mitidja, les rations sont souvent déséquilibrées avec un déficit azoté. Les quantités de concentré distribuées ne distinguent pas entre les vaches à faible production et celles en pic de lactation.

Selon SRAIRI ET ABED (2006), au MAROC les études réalisées montrent que le taux butyreux est le plus variable des critères chimiques c'est pourquoi dans les étables suburbaines dominées par une alimentation riche en concentré, ou encore dans les étables à forts niveaux de productivité, le taux butyreux chute à des niveaux pénalisants (jusqu'à moins de 30g/kg).

Les travaux de ARIBA et LEGOUINI (2006), ont montré que le taux butyreux variait de 32 à 40 g/l sur les laits livrés à la laiterie COLAITAL. Comme la matière grasse est étroitement

liée au taux de mouillage, cette variabilité pouvait s'expliquer par la fraude d'écémage et de mouillage.

- **Le mouillage :**

Les résultats obtenus montrent que 40,00% des laits analysés contiennent une quantité d'eau variant entre 1,15% et 24,23%. Cette situation est grave car le mouillage est un acte délibéré du producteur qui a pour intention d'augmenter la quantité de lait livrée donc ses revenus.

Conformément à la réglementation (JORA, 1993), le lait ne doit pas subir de soustraction ou de substitution de ses composants nutritifs. Le mouillage est considéré comme une fraude.

L'addition d'eau au lait cru a été rapporté par ARIBA et LEGOUINI (2006), au niveau du complexe laitier COLAITAL avec un taux de 26,44% de mouillage pour 93,33% des échantillons analysés. Selon BONFOH et al. (2003), 22% du lait frais vendu à Bamako (Mali) est mouillé car la production laitière en saison chaude est faible.

- **Les cellules somatiques :**

Les résultats obtenus ont révélé que la numération cellulaire des laits d'élevages varie de 157 033 à 4 559 000 cellules/ml avec une moyenne de 1 143 242,47 cellules/ml. Selon GHARBI (2002), 86% des élevages de la région de la Mitidja ont une concentration cellulaire supérieure à 400 000 cellules/ml.

De nombreux facteurs peuvent influencer la numération cellulaire du lait d'élevage. Quoique, il est reconnu et établi que la principale cause de variation demeure le statut infectieux de la mamelle, la numération cellulaire varie en fonction de l'âge, du rang de lactation et du niveau de production.

La situation observée semble s'expliquer par le statut sanitaire alarmant des élevages de la région de l'étude confortée par les résultats des études antérieures où le taux de mammites cliniques et subcliniques étaient de 31,84 % et 55,35 %, respectivement (Kebbal S., 2002).

- **Les résidus d'antibiotiques :**

Les résultats obtenus ont montré un taux de contamination du lait par les résidus d'antibiotiques de 30%.

La contamination des laits par les résidus d'antibiotiques a déjà été décrite :

- En Algérie (région de la Mitidja), par :
  - BADANI (2004) et OUSSER (2006), où les taux sont de 34% et 31,99%, respectivement pour les laits d'élevages.
  - TARZAALI (2008), où le taux de contamination est de 90,90% pour le lait de citernes (mélange de plusieurs élevages).
- Au Maroc, par SRAÏRI et al, (2004), où le taux est de 25 %.

Cette situation semble être la conséquence de l'utilisation abusive des médicaments vétérinaires et du non respect des délais d'attente.

La présence des résidus dans les laits destinés à la transformation et à la consommation pose un sérieux problème aussi bien technologique que pour la santé publique. En effet, OUELLETTE (2004), a montré que la présence d'antibiotiques dans le lait inhibait la croissance des bactéries désirables en production de produits fermentés tels que le fromage et le yogourt.

**APPROCHE DE PAIEMENT DU LAIT A LA QUALITE :**

La législation Algérienne ne retient que la matière grasse comme critère retenu pour le paiement du lait à la qualité.

Dans les pays exportateurs de lait (poudre), le paiement du lait à la qualité prend en considération :

- La matière grasse, la matière protéique et la numération cellulaire de tank (lait d'élevage) pour l'attribution des primes, basée sur les résultats d'un suivi avec un système de notation de l'élevage. Le principe est simple : on définit un lait de référence répondant simultanément aux différentes normes qui obtient le prix maximum (prix de référence). Des réactions sont appliquées si le lait ne répond pas aux conditions de référence (Béguin M., 1994).
- Les résidus d'antibiotiques et le mouillage pour les pénalités.

En Algérie, il n'y a aucune structure qui puisse prendre en charge ce système de multicritères. L'interprétation des résultats obtenus montre que :

- 80% des élevages bénéficient d'une prime sur chaque gramme de matière grasse au dessus du seuil retenu.
- La notion de pénalité ne peut être appliquée car la production laitière nationale acquiesce un déficit de l'ordre de 50%. Toutefois sur le terrain, les laiteries (étatiques et privées) ne sont pas astreintes à la même réglementation, le mouillage et la présence de résidus d'antibiotiques sont interprétés différemment. Certaines laiteries tolèrent un taux de mouillage inférieur à 5%. Dans d'autres établissements, la recherche des résidus d'antibiotiques est devenue systématique. Il en ressort que :
  - La tolérance de mouillage (fraude par addition d'eau au lait) modifiée à la hausse (60% vs 83,33%) le nombre de lait payé sans que les producteurs ne se soucient des conséquences de leurs actes.
  - Comme la présence de résidus d'antibiotiques dans un seul lait d'élevage (éleveur inconscient) peut contaminer une citerne (lait de plusieurs élevages), toute la quantité collectée doit être éliminée, ce qui occasionne de lourdes pertes économiques. Toutefois, la systématisation de la recherche des résidus d'antibiotiques dans les laiteries et transformateurs laitiers privés (investisseurs étrangers) est entrain de favoriser la prise au sérieux de ce problème.



# *Conclusion*

En Algérie, le paiement du lait au producteur repose sur la teneur en matière grasse seulement qui est déterminée par les méthodes chimiques de référence très lourdes et coûteuses. Elles ne sont plus les seules solutions pratiques et économiques car les méthodes automatisables offrent une formule très intéressante en permettant d'obtenir le résultat dans un délai court d'une part et en offrant toute une gamme de paramètres en une seule et même opération, d'autre part.

Sur la base des résultats obtenus avec le LACTOSCAN qui sont fiables car présentant une bonne justesse et une excellente fidélité, nous pouvons dire que la méthode est valide pour la détermination des paramètres pouvant servir à l'évaluation de la qualité du lait.

L'approche pour le paiement du lait à la qualité de nos élevages, selon les critères internationalement reconnus, a montré que ce système ne peut être appliqué sans que le contrôle laitier ne soit instauré dans notre pays. Comme les équipements et les méthodes d'évaluation sont disponibles (COULTER pour la NCT, LACTOSCAN pour la MG, MP et mouillage, Kit delvotest Sp).



### **Recommandations :**

Il reste juste la décision politique à prendre pour l'approche de paiement du lait à la qualité. Les retombées seront multiples :

- Augmentation de la production laitière par amélioration de la qualité du lait.
- Amélioration du statut sanitaire des élevages.
- Réduction des pertes.

La mise en place de cette stratégie aurait un impact favorable sur la transformation et la santé du consommateur.



*Références*

*bibliographiques*

## Références bibliographiques :

- Andelot P., le control laitier. Facteur d'amélioration technique : Rev lait Franc, (1983).
- Amellal R., la filière lait en Algérie. Entre l'objectif de la sécurité alimentaire et la réalité de la dépendance Département Économie Rurale : INA El Harrach(Alger), (2000), 238p.
- Agabriel C., Coulon J.B., Journal C., Derancourt B., productions animales. Composition chimique du lait et systèmes de production dans les exploitations du Massif central : INRA, (2001).
- Alais C., Science du lait : principe et technique laitière 4<sup>e</sup> Ed. Paris : Sepaic, (1984), 814p.
- Auriol P. et Jarrige R., fédération international de laiterie, (1962), (partie 2,1-39).
- Ariba M. et Legouini A., contribution à la détection d'éventuelle fraude d'ordre chimique (mouillage) et analyse microbiologique du lait de vache industrialisé à Colaital de Birkhadem. Mémoire d'ingénieur d'état en Biologie : Université de SAAD DAHLEB de BLUDA, (2006).
- Anonyme, Journal Officiel de la République Algérienne (JORA) N°69 du 27/10/1993 : 16p.
- Anonyme, Journal Officiel de la République Algérienne (JORA) N°35 du 28/05/1998 : 8p.
- Anonyme, numération des cellules somatiques du lait. Norme FIL Internationale 148A : Fédération Internationale de Laiterie), (1995).
- Benelkadi K., industrie du lait en Algérie : Elwatan, (2005).
- Blanc B., biochemical aspects of human milk comparison with bovine milk: Wld Rev Nut Diet, (1982), (36:1-89).
- Boudier J.F., biocatalyseurs du lait in Luquet F.M., lait et produits laitiers vache, brebis, chèvre Tom I les laits de la mamelle à la laiterie. Paris : Lavoisier, (1985), 397p.
- Brouillet P., maîtrise de la présence d'inhibiteurs dans le lait in Bourgelat C., recueil de médecine vétérinaire Tom 170 qualité du lait. Maison Alfort : (1994), 492p.
- Broster W.H. et Tuck V.G., variation of milk compoment: j cam phyto, (1967), (69-465-477).
- Bruhn JC et Franke AA, Milk and dairy products : Revue Sci, (1977), (60-696-700).
- Beguin M., 1994 la qualité du lait: point de vue transformateurs et conséquences sur le système de paiement in Bourgelat C., recueil de médecine vétérinaire Tom 170 qualité du lait. Maison Alfort : (1994), 492p.
- Bonfoh B., Fané A., Traoré N. A., Coulibaly Z., Simbé C. F., Alfaroukh O. I., Nicolet J., Farah Z., Zinsstag J., qualité microbiologique du lait et des produits laitiers vendus en saison chaude dans le district de BAMAKO au MALI, Rev. Inter. Sci. de la Vie et de la Terre : Côte d'Ivoire, (2003).

- BADANI K., recherche de résidus d'inhibiteur dans le lait. Mémoire en science vétérinaire : Université de SAAD DAHLEB de BLIDA, (2004).
- Coulon J.B., effets du stade physiologique et de la saison sur la composition chimique du lait de vache et ses caractéristiques technologiques in Bourgelat C., recueil de médecine vétérinaire Tom 170 qualité du lait. Maison Alfort : (1994), 492p.
- Cartier P., aspects biochimique de la lipolyse spontanée du lait de vache thèse doct université de chérmont-forrand II. Laboratoire de lactation : INRA theix, (1987).
- Cordonnier D, économie de la production laitière. Paris INRA: Lavoisier, (1986), 218p.
- Charron G, les productions laitières d'aujourd'hui Tom II. Science et technique d'application. Paris: Lavoisier, (1986), 292p.
- Carole L.V., Science et technologie du lait. Transformation du lait. Édition scientifique : canada, (2002), 400p.
- Chardigny J., les lipides du lait in Debry G., lait nutrition et santé. Paris : Lavoisier, (2001), 566p.
- Cauty I. et Perreau J., la conduite du troupeau laitier. Paris : France Agricole, (2003), 279 p.
- Clement B (2003), évolution d'un processus mesure. Méthodologie de l'évaluation du processus mesurage : Analyse de tolérance globale (Répétitivité et Reproductibilité).
- Damour H, Pointurier H, Vieille M, gestion matières externe in Pointurier H., la gestion matières dans l'industrie laitière : Collection Sciences et techniques Agroalimentaires. Paris : Lavoisier, (2003), 388p.
- Dosogne H, Arendt J, Cabriel A, Burvmich C., Aspects physiologiques de la sécrétion laitière par la mamelle bovine : Ann, Med, Vet, (2000), (357- 371- 372).
- Essalhi .M, Relations entre les systèmes de productions bovines et les caractéristiques du lait : Mémoire d'Ingénieur – IAV Hassan II Rabat, (2002).
- Fargeas J, Revue de médecine vétérinaire Tom cxxx les mécanismes de déclenchement et de l'entretien de la sécrétion lactée : école national vétérinaires de Lyon et de Toulouse, (1979).
- Fischer J.M., Conséquence des mammites subcliniques bovines sur la quantité et la qualité du lait dans un grand troupeau. Thèse pour le doctorat vétérinaire : École d'ALFORT, (1992).
- Guéguen L., minéraux et oligoélément du lait in Debry G., lait nutrition et santé. Paris : Lavoisier, (2001), 566p.
- Got R., les enzymes du lait : Ann Nut Alim, (1971), (25 : A291-A311).
- Guéguen L., la composition minérale du lait et son adaptation aux besoins minéraux de jeune : Nut Alim, (1971), (25 :A335-A381).

- Guéguen L. et Journet M., les variations de la composition minérale du lait de vache : Ann Biol anim Bioch Biophys, (1961), (1 :305-310).
- Goursaud J., composition et propriétés physico-chimiques in Luquet F.M., lait et produits laitiers vache, brebis, chèvre Tom I les laits de la mamelle à la laiterie. Paris : Lavoisier, (1985), 397p.
- Guéguen L., contribution à l'étude des facteurs d'évaluation de l'élevage laitier communautaire. Thèse de doctorat vétérinaire : Toulouse, (1979).
- Goursaud J., Le contrôle de la qualité du lait : Matière première de l'industrie. In cepil : Le lait matière première de l'industrie laitière, (2001), (385-394).
- Grimard et Seegers, éditorial in Bourgelat C., recueil de médecine vétérinaire Tom 170 qualité du lait : Maison Alfort, (1994), 492p.
- GRAPPIN et JEUNET (1974). Premiers essais de l'appareil « Fossomatic » pour la détermination automatique de la numération de cellules du lait. Le lait54 : 627-644.
- GHARBI, essai de dépistage des mammites au moyen d'un COULTER COUNTER : Étude préliminaire dans la région de Mitidja. Thèse de magistère en science Vétérinaire : Université de SAAD DAHLEB de BLIDA, (2002).
- Hanzen C.H., Propédeutique et pathologie de la reproduction male et femelle biotechnologie de la reproduction pathologie de la glande mammaire 3<sup>e</sup> partie, 4<sup>e</sup> Ed : université de liège, (2000).
- Heuchel V et Chilliard Y, le point sur la lipolyse du lait de vache : ITEB, (1988), 35p.
- Hygiène alimentaire : Journal officiel de la république française : lait et produits laitiers, (1996).
- Hartheiser M., La maîtrise de la contamination du lait par les spores butyriques in Bourgelat C., recueil de médecine vétérinaire Tom 170 qualité du lait. Maison Alfort : (1994), 492p.
- Hacini, N., « Filière lait et risques alimentaires » : Mag.vet, (2007), (22-29).
- Hot C., the milk salts: their secretion concentration and physical chemistry. In: Fox PF developpements in dairy chemistry.3. Lactose and minor constituents. London and New york : Elsevier, (1985), (143-181).
- JennessR., comparative aspects of milk proteins: J dairy Res, (1979), (46: 197-210).
- Journet M., Rappel à un séminaire sur l'industrie laitière de l'avenir, (1976).
- Journet M et Hoden A., la vache laitière aspect génétique, alimentaire et physiologique .Paris INRA : Lavoisier, (1978), 342p.
- Jensen R.G, Hand book of milk composition: Academic press, (1995), (688-692-718).

- Kellogg D.W. et Miller D.D., composition of milk and transformation: Sci, (1977), (44-118-123).
- Kinal S et al., application of organic form of zinc, copper and manganese in the first three months of dairy cow lactation and their effect on the yield, composition and quality of milk, (2005).
- Kulonszam G., the chemical composition and technological proprieties of cow milk from the morning and evening milking in the summer month, (2008).
- KEBBAL, 2002. Méthodes de diagnostic des mammites et facteurs de risque : Enquête dans la région de Mitidja. Thèse de magistère en science Vétérinaire : Université de SAAD DAHLEB de BLIDA, (2002).
- Kirchgessner M, Friesecke H, Koch G, (1967) in Journet M et Hoden A, la vache laitière aspect génétique, alimentaire et physiologique .Paris INRA : Lavoisier, (1978), 342p.
- Le Roux, Y., Les mammites chez la vache laitière inflammation de la glande mammaire première pathologie en élevage laitier, internet explorateur, (1999), (1-10).
- Lapiet Let Petransxiene D, la qualité bactériologique du lait et de produits laitiers analyses et tests. Paris : Lavoisier, (1981), 228 p.
- Ledu J, incidence du matériel de traite sur la lipolyse du lait colloque. INRA-ENSAR-INAPG : la composition du lait et ses incidences technologie : ENSAR, (1984).
- Mathieus J., initiation à la physico-chimie du lait. Paris : Lavoisier, (1998), 220p.
- Mahieu H., Synthèse du lait et les facteurs de variation de la composition du lait in Luquet F.M., lait et produits laitiers vache, brebis, chèvre Tom I les laits de la mamelle à la laiterie. Paris : Lavoisier, (1985), 397p.
- Monsallier G., maîtrise de la teneur en germes mésophiles totaux du lait à la production in Bourgelat C., recueil de médecine vétérinaire Tom 170 qualité du lait : Maison Alfort, (1994), 492p.
- Meffe N, la lipolyse dans le lait de vache : bien comprendre les mécanismes et les causes pour mieux la prévenir in Bourgelat C., recueil de médecine vétérinaire Tom 170 qualité du lait. Maison Alfort : (1994), 492p.
- Madelmont C. et Michon G., teneurs en potassium des laits de provenances divers. France : Bull Acad V, (1965), (397-404).
- Mahaut H, Jeantel R, Brute G, Schuche P, les produits industriels laitiers. Paris : Lavoisier, (2000), 178p.
- Boumehdi Z., cours de 2<sup>ème</sup> année vétérinaire d'histologie : Université de SAAD DAHLEB BLIDA : (2008).

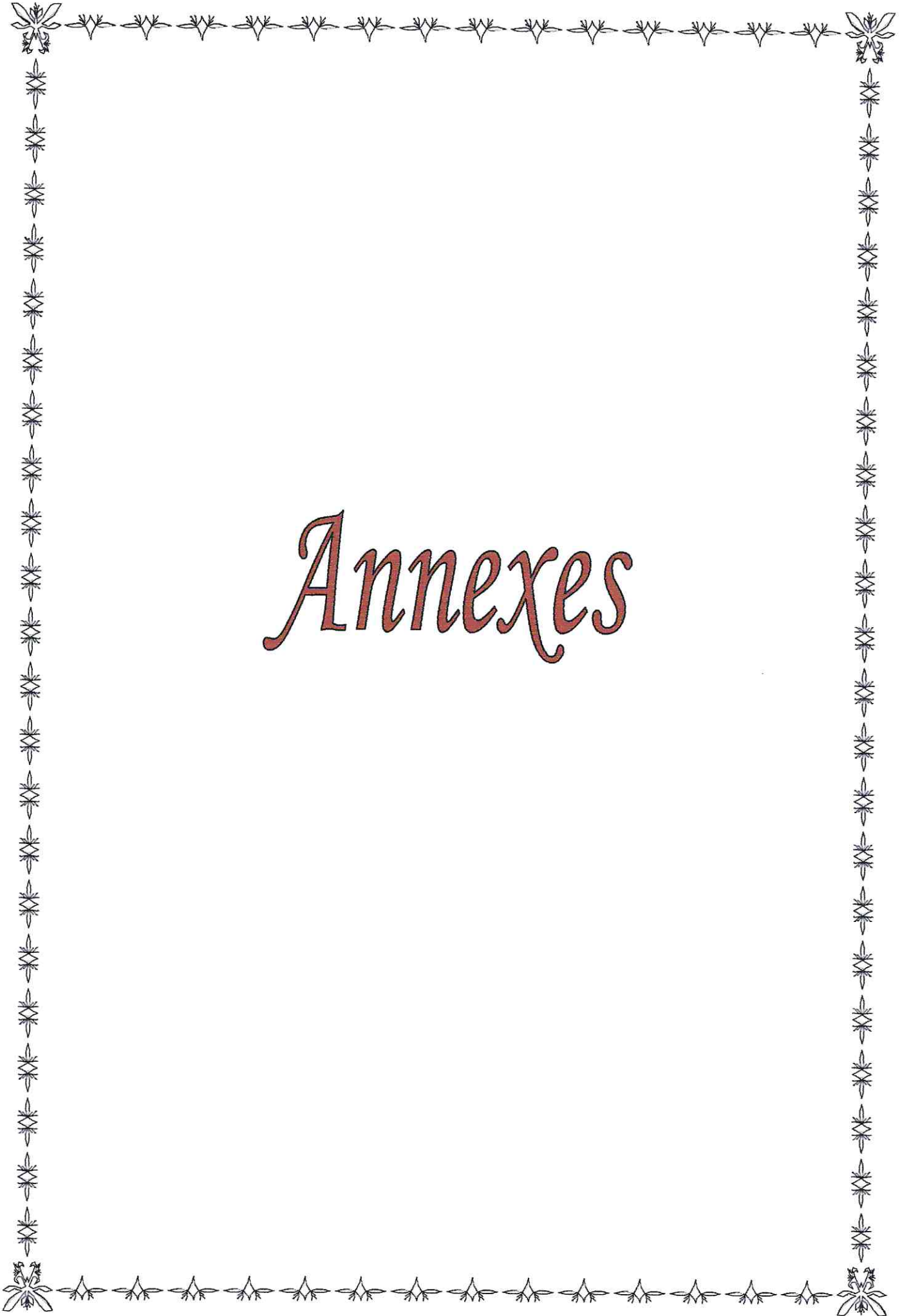
- Newburg D.S et Neubauer S.H., Carbohydrates in milk : analysis, quantities and significance. In : Jensen R.G, 1995. Hand book of milk composition. New york : Acad press, (1995), (273-347).
- Newburg D.S. et Neubauer S.H., carbohydrates in milks: Analysis quantities and significance. In: Jensen R.G., hand book of milk composition. New York: Acad Press, (1995), (273-347).
- OUELLETTE, Symposium sur les bovins laitiers, du bon lait pour du bon fromage !!: CRAAQ, (2004).
- OUSSER N., Recherche des résidus d'antibiotique dans le lait cru par le Delvotest sp Mémoire en science vétérinaire : Université de SAAD DAHLEB de BLIDA, (2006).
- Pougheon S. et Goursaud J., le lait : caractéristiques physico-chimique in Debry G., lait nutrition et santé. Paris : Lavoisier (2001), 566p.
- Pernoud S, Scheid N, Agentti V, Breton S, Faurie J.M, Marchal L, Obis D, Ondelot E, Paquet D, Robinson T: les bactéries lactiques et probiotiques. Paris : Lavoisier, (2005), 307p.
- Perrot P et Pointurier H; définition et bases de la gestion matières in Pointurier H. la gestion matières dans l'industrie laitière Collection Sciences et techniques Agroalimentaires. Paris : Lavoisier, (2003), 388p.
- Remond B., influence de l'alimentation et de la saison sur la composition du lait in Journet M. et Hoden A., la vache laitière : Aspect génétique, alimentaire et physiologique .Paris INRA : Lavoisier, (1978), 342p.
- Richard W Matthewman, le technicien agriculture tropical : la production laitière .Paris : Maisonneuve et Larose, (1996), 223p.
- Roissart H.B., Les bactéries lactiques in Luquet F.M., lait et produits laitiers vache, brebis, chèvre Tom III qualité énergie et tables de composition. Paris: Lavoisier, (1986), 445p.
- Rotereau J.C, paiement du lait à la qualité en France in Luquet F.M., lait et produits laitiers vache, brebis, chèvre Tom I les laits de la mamelle à laiterie. Paris : Lavoisier, (1985), 397p.
- Sérieys F., tarissement des vaches laitières : une période clé pour la santé, la production et la rentabilité du troupeau. Paris : France Agricole, (1997), 217p.
- Roger V., technologie du lait : constitution, récolte, traitement, transformation du lait 3<sup>e</sup> Ed : Collection Science et Technique Agricole, (1979), 713p.
- Soltner D., la reproduction des animaux d'élevage. Inhibition du réflexe de l'éjection du lait d'après « Zootechnie générale »Tom I. Paris : Science et Technique Agricole, (2001), 122p.
- Solter.D., Zootechnie general Tom I : La production des animaux d'élevage 2<sup>e</sup> Ed Collection Science et Technique Agricole : (1993), (115- 119-121-127).

- SRAÏRI M ET ABED H., transfert de la technologie en agriculture qualité globale du lait cru de vache au Maroc. Concepts, état des lieux et perspectives d'amélioration : Royaume du Maroc, (2006).
- SRAÏRI M.T., ALAOUI I. H, HAMAMA A.et FAYE B. Relations entre pratiques d'élevage et qualité globale du lait de vache en étables suburbaines au Maroc : Revue Méd. Vét., (2004), (156, 3, 155-162).
- SAHRAOUI (2002) Influence de l'alimentation sur la production laitière Enquête dans la région de Mitidja. Thèse de magistère en science Vétérinaire : Université de SAAD DAHLEB de BLIDA, (2002).
- Trosat P., saisie des composants laitiers in Pointurier H. la gestion matières dans l'industrie laitière Collection Sciences et techniques Agroalimentaires. Paris : Lavoisier, (2003), 388p.
- Tarzaali D., Dechicha A., Gharbi S., Bouaissa M.K., Yamnaine N., Guetarni D., 6ème journées des sciences Vétérinaire. Recherche des résidus des tétracyclines et des bétalactamines dans le lait cru par le MRL Test (ROSA TEST) : École Nationale Vétérinaire d'El Harrach-Alger, (2008).
- Vandromme, 2005). Capacité du processus : Techno méca, (2005).
- Wolter R, alimentation des vaches laitières 1<sup>o</sup> Ed : France agricole, (1992), 223p.
- Walstra P et Jenness R., (1984) in Pernoud S. et al, les bactéries lactiques et probiotiques. Paris : Lavoisier, (2005), 307p.

Site internet :

- AFNOR : <http://www.afnor.fr>





# *Annexes*

## Annexe 1 : Équipement du laboratoire utilisé pour l'analyse physico-chimique.

### Équipements utilisée :

- Flacon de prélèvement.
- Pipettes de (1, 10, 11et 20ml).
- Portoir.
- Papier hygiénique.
- Butyromètre.
- Centrifugeuse.
- Bain marie.
- Tubes coniques.
- Cuves en quartz.
- Spectrophotomètre.

### Réactifs :

- Acide sulfurique (1,82 Normal).
- Alcool iso-amylque (MM=88,15/1litre).
- L'eau distillée.
- Noir amido concentré a 9g/l.
- Les quatre valeurs d'étalon du lait.
- Les quatre étalons (lait concentré, lait riche en protéine, lait moyen, lait pauvre en protéine).
- Solution acide et basique pour le nettoyage du LACTOSCAN.

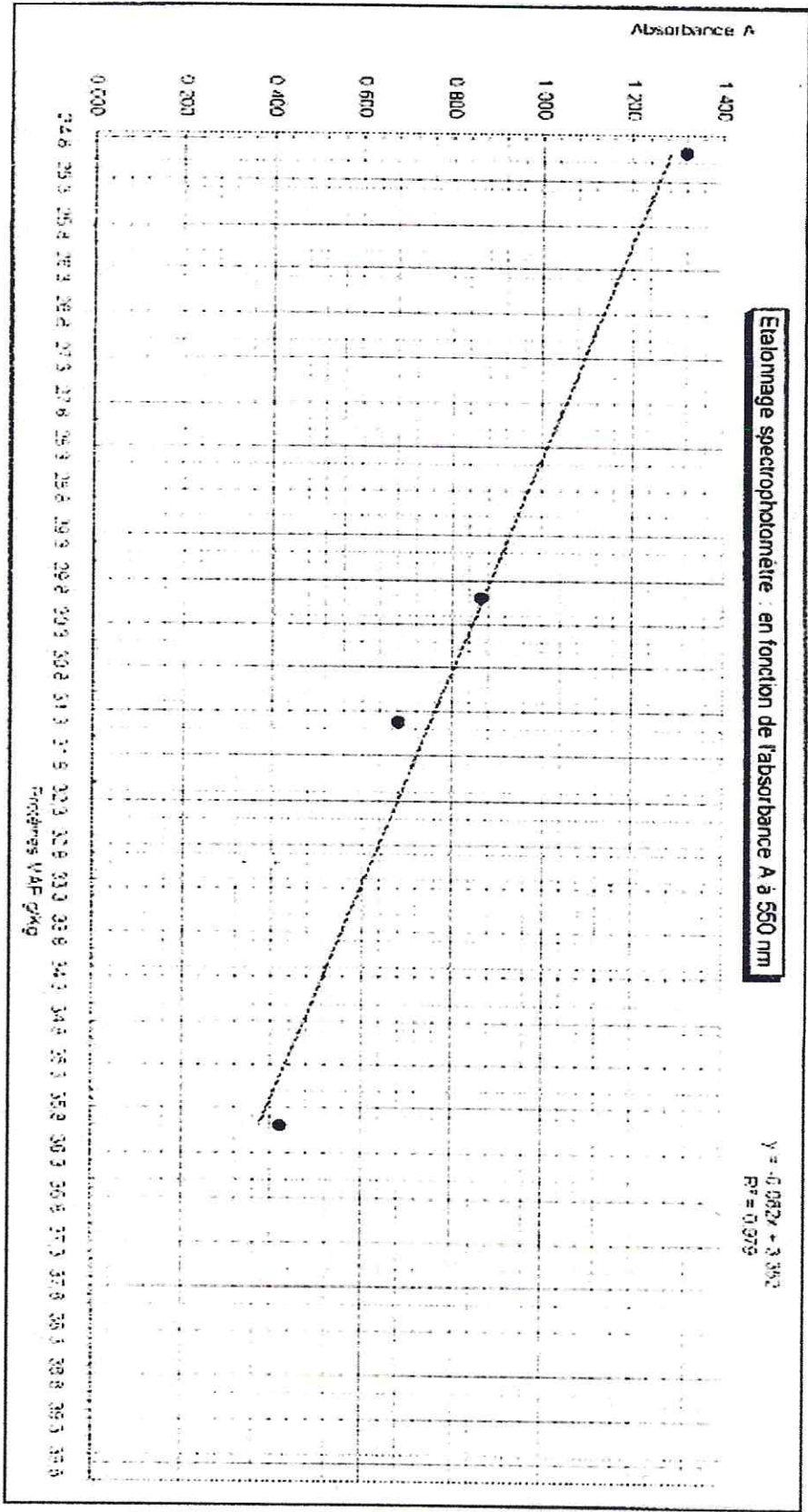
Préparation de la solution nettoyage du LACTOSCAN Pour les deux solutions (acide et basique) :

- Mettez 100g de poudre chimique concentré dans un bécher approprié.
- Ajouter ensuite un volume d'un litre d'eau distillé.
- Procédez à l'Agitation le mélange jusqu'à ce que la poudre soit entièrement dissoute.



Figure 27: Solution acido-basique de nettoyage du LACTOSCAN.

## Annexe II : Courbe d'étalonnage.



**Annexe III: Résultats du traitement statistique avec le modèle linéaire utilisant la régression par les moindres carrés ordinaires (MCO).**

1. Matière grasse : MG

Dependent Variable: MG

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	1.05875	1.05875	95.564	0.0001
Error	8	0.08863	0.01108		
C Total	9	1.14738			

Root MSE	0.10526	R-square	0.9228
Dep Mean	4.37397	Adj R-sq	0.9131
C.V.	2.40643		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob >  T
INTERCEP	1	0.203436	0.42791871	0.475	0.6472
REFMG	1	0.965401	0.09875515	9.776	0.0001

Dependent Variable: MG

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	192.37238	192.37238	18997.570	0.0001
Error	9	0.09114	0.01013		
U Total	10	192.46352			

Root MSE	0.10063	R-square	0.9995
Dep Mean	4.37397	Adj R-sq	0.9995
C.V.	2.30063		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob >  T
REFMG	1	1.012208	0.00734380	137.832	0.0001

2. Mtière azoté: MA

Dependent Variable: MA

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	0.00034	0.00034	0.023	0.8834
Error	8	0.11802	0.01475		
C Total	9	0.11836			

Root MSE	0.12146	R-square	0.0029
Dep Mean	3.43806	Adj R-sq	-0.1218
C.V.	3.53278		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob >  T
INTERCEP	1	2.972237	3.07547583	0.966	0.3621
REFMA	1	0.133474	0.88115644	0.151	0.8834

Dependent Variable: MA

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	118.18913	118.18913	8070.769	0.0001
Error	9	0.13180	0.01464		
U Total	10	118.32092			

Root MSE	0.12101	R-square	0.9989
Dep Mean	3.43806	Adj R-sq	0.9988
C.V.	3.51980		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob >  T
REFMA	1	0.984985	0.01096408	89.837	0.0001

**Annexe IV: Résultats de l'analyse de variance selon la procédure GLM (General Linear Model).**

The SAS System 17:01 Wednesday, February 25, 2009 1

Variance Components Estimation Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
oper	3	1 2 3
rep	3	1 2 3
lait	10	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Number of Observations Read	90
Number of Observations Used	90

MIVQUE(0) SSQ Matrix

Source	oper	rep	lait	oper*rep
oper	1800.0	1.3101E-29	1.9731E-31	600.00000
rep	1.3101E-29	1800.0	1.9731E-31	600.00000
lait	1.9731E-31	1.9731E-31	729.00000	6.5594E-32
oper*rep	600.00000	600.00000	6.5594E-32	800.00000
Error	60.00000	60.00000	81.00000	80.00000

MIVQUE(0) SSQ Matrix

Source	Error	gras
oper	60.00000	0.0056000
rep	60.00000	0.0014000
lait	81.00000	92.93004
oper*rep	80.00000	0.0038000
Error	89.00000	10.32796

MIVQUE(0) Estimates

Variance Component	gras
Var(oper)	1.88889E-6
Var(rep)	-4.4444E-7

Var(lait) 0.12747  
 Var(oper\*rep) 8.61111E-7  
 Var(Error) 0.00002806

The SAS System 17:01 Wednesday, February 25, 2009 2

Variance Components Estimation Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
oper	3	1 2 3
rep	3	1 2 3
lait	10	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Number of Observations Read 90  
 Number of Observations Used 90

MIVQUE(0) SSQ Matrix

Source	oper	rep	lait	oper*rep
oper	1800.0	1.3101E-29	1.9731E-31	600.00000
rep	1.3101E-29	1800.0	1.9731E-31	600.00000
lait	1.9731E-31	1.9731E-31	729.00000	6.5594E-32
oper*rep	600.00000	600.00000	6.5594E-32	800.00000
Error	60.00000	60.00000	81.00000	80.00000

MIVQUE(0) SSQ Matrix

Source	Error	na
oper	60.00000	0.0032667
rep	60.00000	0.0016667
lait	81.00000	9.58821
oper*rep	80.00000	0.0022889
Error	89.00000	1.06718

MIVQUE(0) Estimates

Variance Component	na
Var(oper)	1.27778E-6
Var(rep)	3.88889E-7

Var(lait)	0.01315
Var(oper*rep)	-6.0185E-7
Var(Error)	0.00002213

**Résultats du teste pour la MG:**

- La répétabilité = variance de l'erreur / somme des composantes de variance.  
 $r = 0,00002806 / 0,1274982905561$   
 $r = 0,02$  très faible
- La reproductibilité = Somme des composants opérateurs et interaction / somme de composants de variance.  
 $R = 0,000000105 / 0,1274982905561$   
 $R = 0,00008$  très très faible

**Résultats du teste pour la MP:**

- La répétabilité = variance de l'erreur / somme des composantes de variance.  
 $r = 0,00002213 / 0,0131722364819$   
 $r = 0,17 \cdot 10^{-3}$  très faible
- La reproductibilité = Somme des composants opérateurs et interaction / somme de composants de variance.  
 $R = 0,0000000675928 / 0,0131722364819$   
 $R = 5,1 \cdot 10^{-6}$  très très faible