

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la
recherche scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou



Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques

Département : Des sciences agronomiques

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master en sciences agronomiques

Spécialité : Transformation et conservation des produits agricoles

Thème

**Etude comparative de la qualité
physicochimique du lait issu de différentes races
bovines et son aptitude à la coagulation**

Présenté par :

M^{elle} Djaroum Nouara.

M^{me} Mahtout Touati Rachida.

Jury :

Président : M^r Amir Y. Professeur à l'UMMTO.

Promoteur : M^{me} Remane Benmallem Y. Maître assistant à l'UMMTO.

Examineur : M^r Amrouche T. Maître de conférences à l'UMMTO.

Examineur : M^{me} Ounnaci L. Maître assistant à l'UMMTO.

Année universitaire 2015-2016

Remerciements

Nous remercions tout d'abord le bon dieu, le tout puissant de nous avoir donné le courage afin de mener ce travail à terme.

*Au préambule de ce modeste travail, nous tenons à remercier vivement notre promotrice **M^e Remane Benmalle** **Y.** pour avoir dirigée et orientée notre travail, aussi pour sa contribution avec beaucoup d'efficacité à l'élaboration de ce travail, pour sa compréhension et sa gentillesse.*

*Nous tenons à remercier **M^r Amir Y.** Le responsable de la spécialité transformation et conservation des produits agricoles à **l'UMMTO.***

Nous remercions également les membres de jury :

*Monsieur **Amir Y.**, Pour avoir accepté de présider le jury de ce mémoire.*

*Monsieur **Amrouche T.**; Pour son aide et pour avoir accepté de juger ce travail.*

*Madame **Ounaci L.**; pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

Nous sommes très honorées d'avoir accepté de faire partie de ce jury et merci pour le temps consacré pour évaluer ce travail.

*Nos vifs remerciements vont à **M^r Ould ali.** Gérant de l'exploitation (SEA) de Draa Ben Khedda, et **M^e Selhi.** Responsable Technique de l'exploitation, pour leur accueil, leur disponibilité, leurs conseils et leurs aides sans oublier **M^{elle} Ben Djoudi Ouadda.** Ingénieur de la Production Animale et tout le personnel de l'exploitation, qu'ils trouvent ici le témoignage de notre reconnaissance.*

*Je tiens également à remercier **M^r Saheb N;** gérant de la SARL laiterie Matinale ainsi que **M^e Medjkane** de nous avoir accordé l'autorisation à effectuer nos analyses au laboratoire sans oublier **M^e Krim** responsables du laboratoire d'analyse physico-chimique de la laiterie matinal pour son aide précieuse.*

Enfin nous exprimons nos remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

*A ma mère Tassadit pour son amour et son
soutien tout au long de mes études*

A mon père Said pour tous ces sacrifices

A mon frère Brahim qui m'a beaucoup aider

Et ma sœur Nacera et sa famille

A mon binôme Rachida et toute sa famille

A mon oncle Achour et ma tante Wardia

A Yacine , Youcef, Ali ,Smail, Said

A Ghnima et Tassadit fodile et Fadhma

*A ma tante Malika et toute sa famille,
Mouhamed, Radia, Hadjila ,Tassadit, Sarah,
Djelalli, Makhlouf , Abu said*

A ma tante Tassadit et toute sa famille

A ma Tante Sadia et toute sa famille

*A tous mes amies, Kahina , Nadia, Tassadit,
Fariza,....*

A toute la promotion TCPA 2016

*A toute personne qui me connaît de près ou
de loin*

Nouara

Dédicaces *Dédicaces*

*A travers ce modeste travail je tiens
A travers ce modeste travail je tiens
à exprimer toutes ma gratitude, mon
respect et mon amour :*

- *A mon cher mari Kamel et mes
deux anges Ghiles et Yara.*
- *A mes très chers parents
Meziane et Hadda que dieu
les gardes.*
- *A ma sœur Hassina et sa fille
Kenza.*
- *A tous mes frères et sœurs et
leurs enfants.*
- *A toute ma belle-famille
surtout ma belle-mère.*
- *A tous mes collègues de
travail surtout Farida,
Djamila, Nassima et Nacira.*
- *A ma très chère Roza.*
- *A mon binôme Nouara et
toute sa famille.*

Rachida

Liste des abréviations

Aa : acide amine

AFNOR: Association Française de Normalisation

BLA: Bovin laitier amélioré

BLL: Bovin laitière locale

BLM: bovin laitier moderne

Cnis: Centre national de l'informatique et des statistiques de douanes

ddl: degré de liberté

EC : Ecart

ESD : Extrait Sec Dégraissé

EST : Extrait Sec Total

FAO: Food Agriculture Organization

g: gramme

ha: hectare

INRA : Institut national de la recherche agronomique

j: jour

J.O.R.A : Journal Officiel de la République algérienne

Kg: Kilogramme

l : litre

M: Molarité

M.A.D.R : ministre de l'agriculture et le développement rural

Met : méthionine

MG: Matière grasse

Moy: moyenne

mn: minute

N: Normalité

ONIL: Office Nationale Interprofessionnel du Lait

p: probabilité

pH : Potentiel d'Hydrogène

Phe: phenylalanine

pHi : potentiel d'Hydrogène isoélectrique

PNDA : Plan National de Développement Agricole

PNDAR: Plan National de Développement Agricole et rural

s: seconde

SAU : superficie agricole utile

SEA : société d'exploitation agricole

SI : surface irriguée

TB: Taux Butyreux

TP : Taux Protéique

Tcp : temps de coagulation par présure

°C : degré Celsius

°D : degré dornique

% : pourcentage

Liste des figures

Figure n° 1: Composition de la matière grasse du lait	17
Figure n° 2 : Modèle de micelle de caséine avec sous-unité	19
Figure n° 3: Phases de la coagulation enzymatique du lait et formation du réseau	25
Figure n° 4: Image satellite de l'exploitation de DBK.....	31
Figure n° 5 : Photo de la Prim'Holstein de l'exploitation de DBK Erreur ! Signet non défini.	
Figure n° 6 : photo de la montbéliarde de l'exploitation de DBK .. Erreur ! Signet non défini.	
Figure n° 7 : Photo de la Fleckvieh de l'exploitation de DBK	Erreur ! Signet non défini.
Figure n° 8 : Photo représentant l'application du produit antiseptique pour les mamelles avant la traite.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure n° 9 : Photo représentant le lavage des mamelles à l'eau courante avant la traite.....	37
Figure n° 10: Photo prise lors de la traite à l'aide des chariots trayeurs.....	40
Figure n° 11: Photo des vaches expérimentales	41
Figure n° 12: Photo prise lors de prélèvement du lait.....	42
Figure n° 13: Préparation du substrat de Berridge	48
Figure n° 14 : Mesure du temps de coagulation par la méthode de Berridge (1945) modifié par Collin et al., (1977)	49
Figure n° 15 : Variation du pH en fonction de la race	51
Figure n° 16 : Variation de l'Acidité en fonction de la race	52
Figure n° 17: Variation du taux de la matière grasse en fonction de la race.....	53
Figure n° 18: Variation de la densité en fonction de la race	55

Figure n° 19 : Variation de taux de protéine des échantillons du lait analysée	56
Figure n° 20 : Variation du taux de l'EST en fonction de la race	58
Figure n° 21 : Variation de l'ESD en fonction de la race	Erreur ! Signet non défini.
Figure n° 22 : Variation du temps de coagulation par la présure en fonction de la race.....	60

Liste des tableaux

Tableau n°1 : Evolution des effectifs du cheptel bovin en Algérie durant la période (2000-2010)	6
Tableau n°2 : Age moyen au vêlage selon les races.....	7
Tableau n°3 : Les caractéristiques physico-chimiques du lait de vache.....	13
Tableau n°4 : Composition moyenne du lait de vache	15
Tableau n°5 : compositions moyenne des matières azotées de lait de vache (en% relatif) ...	20
Tableau n°6 : Composition minérale du lait de vache	21
Tableau n°7 : La production laitière quotidienne moyenne des vaches expérimentales durant la période d'étude au niveau de l'exploitation de DBK (en litre/jour).....	39
Tableau n°8 : Analyse statistique (test ANOVA à un facteur) des différents paramètres du lait de la race Prim'Holstein et la Montbéliarde et la Fleckvieh	50

Sommaire

Introduction 1

Chapitre I : l'élevage bovin en Algérie

I-1. Généralités **3**

I-2. Les races constituant le cheptel bovin laitier **3**

I-3. Modes d'élevage **4**

 I-3.1. Système extensif 4

 I-3.2. Système intensif 4

I-4. Evolution de l'effectif bovin en Algérie **5**

I-5. Les facteurs de la variation de la production et la composition du lait **6**

 I-5.1. Facteurs intrinsèques 6

 I-5.1.1. Facteurs génétiques 6

 I-5.1.2. Facteurs physiologiques 7

 I-5.1.2.1. L'âge au premier vêlage 7

 I-5.1.2.2. Le numéro de lactation 7

 I-5.1.2.3. Stade de lactation 8

 I-5.1.2.4. L'état de gestation 8

 I-5.2. Facteurs extrinsèques 8

 I-5.2.1. L'alimentation 9

 I-5.2.1.1. La nature des fourrages 9

 I-5.2.1.2. La nature des concentrés 9

 I-5.2.1.3. La suralimentation 9

 I-5.2.1.4. La sous- alimentation 10

 I-5.2.2. La saison 10

 I-5.2.3. Le climat 10

 I-5.2.4. La traite 10

 I-5.2.5. L'état sanitaire 11

Chapitre II : Le lait

II-1. Définition **12**

II-2. Les caractéristiques physicochimiques de lait.....	12
II-2.1. La densité du lait.....	13
II-2.2. Le point de congélation	13
II-2.3. Point d'ébullition	13
II-2.4. L'acidité du lait.....	14
II-2.5. pH du lait	14
II-3. La composition du lait	14
II-3.1. L'eau	16
II-3.2. Les glucides du lait	16
II-3.3. Les matières grasses du lait	17
II-3.4. La protéine du lait.....	18
II-3.4.1. Les protéines solubles	18
II-3.4.2. Les caséines laitières :.....	18
II-3.5. Les matières minérales	21
II-3.6. Les vitamines du lait :.....	21
II-3.7. Les enzymes du lait	21

Chapitre III : la coagulation du lait

III-1. Aptitude du lait à la coagulation.....	23
III-1.1. La coagulation acide.....	23
III-1.2. La coagulation par voie enzymatique.....	24
III-1.3. Coagulation mixte	26
III-2. Les enzymes coagulantes du lait	26
III-2.1. La présure	26
III-2.2. Composition de présure.....	26
III-2.2.1. La chymosine.....	26
III-2.2.2 La pepsine.....	27
III-2.3. Extraction de la présure	27
III-2.4. Les succédanés de présure.....	27
III-2.4.1. Les succédanés d'origine animale	27
III-2.4.2. Succédanés d'origine microbienne.....	29
III-2.4.3. Succédanés d'origine végétale.....	29

Matériels et méthodes

1. Objectif de l'étude et choix de l'exploitation.....	30
2. Présentation du site de l'expérimentation	30
2.1. Le site	30
2.2. Situation géographique de la ferme :	30
2.3. Capital foncier et spéculations végétales	31
2.4. Les ressources hydriques :	32
2.5. Bâtiment d'élevage et infrastructures	32
2.6. Caractéristiques du troupeau	32
2.7. Conduite de la reproduction	36
2.8. Conduite d'hygiène :	36
2.9. Conduite de l'alimentation	38
2.10. La production laitière de la ferme.....	38
3. Echantillonnage	40
3.1. Matériel utilisé à la ferme	40
3.2. Prélèvements d'échantillons	40
4. Analyse physicochimique du lait	42
4.1. Matériel utilisé au niveau du laboratoire	42
4.1.1. Matériel biologique	42
4.1.2. Matériel utilisé au laboratoire	43
4.1.3. Les réactifs utilisés.....	43
4.2. Les analyses physicochimiques	43
4.2.1. Mesure du pH	44
4.2.2. Densité (AFNOR, 1986)	44
4.2.3. Détermination de la matière sèche :	44
4.2.4. Détermination de l'extrait sec dégraissé (ESD)	45
4.2.5. Détermination de l'acidité (AFNOR, 1986) :	45
4.2.6. Détermination de la teneur en matière grasse par méthode à l'acidobutyromètre (AFNOR, 1986) :	45
4.2.7. Dosage des protéines	45
4.3 Aptitude à la coagulation	46
4.3.1 Préparation du substrat de Berridge	46

4.3.2. Préparation de la solution enzymatique	46
4.3.3. Addition de la solution enzymatique	47
5. Traitement statistique des résultats	47

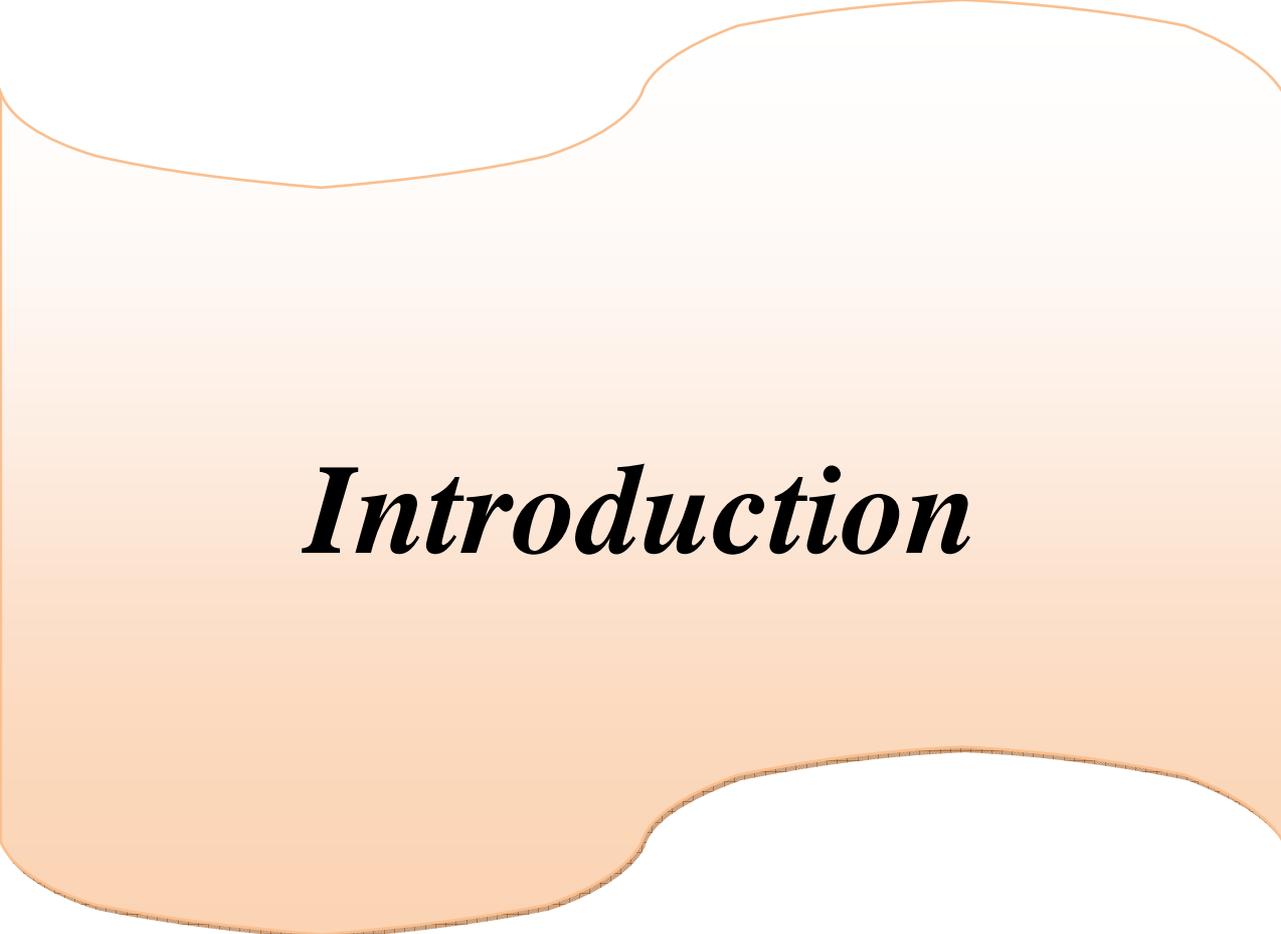
Résultats et discussions

1. Effet de la race sur la composition physicochimique du lait et son aptitude à la coagulation.....	50
1.1. Influence de la race sur le pH et l'acidité	51
1.2. Influence de la race sur la matière grasse	53
1.3. Influence de la race sur la densité	54
1.4. Influence de la race sur Le taux protéique.....	56
1.5. Influence de la race sur l'extrait sec total et l'extrait sec dégraisse.....	57
1.6. Influence de la race sur l'aptitude à coagulation par la présure	59

<i>Conclusion</i>	62
--------------------------------	----

Références bibliographiques

Annexes



Introduction

Introduction

De part sa composition, le lait est considéré comme étant l'un des aliments complet et noble dont l'apport est nécessaire à la vie de l'organisme.

Les produits laitiers occupent une place importante dans l'alimentation humaine par leurs très grandes diversités, de nature, de présentation de goût et d'usage : leur qualité fondamentale réside le plus souvent dans leurs compositions, en particulier leurs richesses en calcium, protéines, vitamines, minéraux et oligo-éléments.

Le lait constitue un produit de base dans le modèle de consommation algérien puisqu'il permet de suppléer à d'autres aliments coûteux, tel que la viande (**Abbas et Madani, 2005**). En effet, l'Algérie comme tous les pays du Maghreb, est confrontée à une hausse continue de la demande intérieure en produits laitiers, étant donné une dynamique démographique vigoureuse.

La consommation moyenne est de l'ordre de 100 à 110 litres/habitant/an, alors que le taux de couverture par la production locale est estimé à 40% (**Nedjraoui, 2001**).

Le déficit étant comblé par l'importation de la poudre du lait avec 172 902 tonnes durant le premier semestre 2016 soit 414,2 millions de dollars, indiquent les chiffres du centre national de l'informatique et des statistiques de douanes (**Anonyme, 2016**).

Pour pallier à cette situation l'état a déployé des efforts en misant sur les potentialités existantes par la mise en place des moyens et des structures d'accompagnements nécessaires, comme le PNDA à partir de 2000 qui s'est élargi en 2002 à la dimension rurale le PNDAR, (aides aux éleveurs, encouragements de la collecte à la ferme, aides à la création de petites industries laitières) d'une part et d'autre part, l'introduction de vaches modernes importées (BLM) au cheptel algérien et qui représentent 24,53% du totale des vaches laitières participant ainsi à 48 % de la production laitière nationale (**M.A.D.R, 2008**).

L'installation des réseaux de collecte et la naissance de petites industries de transformation de lait se sont confrontés à la grande variabilité de la quantité et surtout la qualité du lait produit. Ces variations quantitatives et surtout qualitatives (composition physico-chimique, qualité technologique et hygiénique) du lait à la collecte sont devenues un inconvénient aux éleveurs qui doivent ainsi réfléchir à l'amélioration de ces dernières.

L'Office national interprofessionnel du lait (ONIL) avait décidé en 2008 de réduire de 50% les quotas accordés à certaines laiteries. Décision qui a ramené nombre de laiteries privées à fonctionner au ralenti et à observer des arrêts de production, pour certaines. L'ONIL a importé 145 000 tonnes de poudre de lait en 2008 contre 120 000 tonnes en 2009, soit une baisse de 25000 tonnes. La politique portant instauration d'un système de quotas, au profit des producteurs visait essentiellement la réduction des importations massives de la poudre de lait et l'augmentation de l'intégration du lait cru dans la production nationale (**El Watan, 2011**).

Des variations d'origine physiologique (nombre de vêlage, époque de lactation, état de santé, activité de l'animal) et d'origines génétique (race), zootechnique (mode, moment de la traite), alimentaires (foin, fourrage...etc) et climatique interviennent dans la fluctuation de la quantité de lait produite pour l'animal et sa composition (**FAO, 1998**). Il est donc important de connaître les avantages relatifs de chacune de ces races pour les aptitudes fromagères des laits.

C'est dans cette optique que s'inscrit notre travail dont l'objectif a été d'étudier l'effet de la race sur la qualité du lait et son aptitude fromagère.

Pour la réalisation de ce travail nous avons exploité les différents échantillons de lait issus des trois races bovines (la race Prim'Holstien, Montbéliarde et la Fleckvieh), sur lesquels nous avons effectué des analyses physicochimiques afin de déterminer leurs compositions.

Puis nous avons procédé à des tests de l'aptitude à la coagulation par la mesure du temps de coagulation pour déterminer lequel des laits issus des trois races étudiées est proche du temps de coagulation adéquat et du fait lequel de ces laits est une bonne aptitude fromagère.



Première partie :
Données bibliographiques



Chapitre I : l'élevage bovin en Algérie

Chapitre I : l'élevage bovin en Algérie

I -1. Généralités

L'élevage bovin assure d'une part une bonne partie de l'alimentation humaine par la production laitière et la production de la viande rouge et d'autre part, il constitue une source de rentabilité pour les producteurs et les agriculteurs.

L'élevage bovin occupe une place prépondérante en Algérie car il est capable de tirer la meilleure partie de l'espace et représente un secteur essentiel de l'économie (**Hadjem, 2002**).

I-2. Les races constituant le cheptel bovin laitier

Le cheptel bovin en Algérie se caractérise par la présence de trois catégories : la race locale, la race moderne et la race améliorée.

➤ Les races locales (BLL)

Les races locales représentées principalement par la population Brune de l'Atlas et ses variétés : la guelmoise, la chélifienne, la cheurfa et la sétifienne et qui représente 61.2% du cheptel national (**Salhi, 2005**).

Elles se trouvent dans les zones montagneuses et le nord de l'Algérie. Comparativement aux races importées, les races locales sont caractérisées par l'adaptation aux conditions difficiles du milieu. En effet, elles sont adaptées à la marche en terrains difficiles, aux variations des régimes alimentaires, la résistance à la sous-alimentation et aux maladies (**Yakhlef, 1989 ; Eddebbarh, 1989**). Le cheptel des races locales assure que 20% de la production du lait de vache (**Bencharif, 2001**).

➤ Les races modernes (BLM)

Constituées par la Pie Noire, la Montbéliarde et la Holstein avec un haut potentiel génétique, sélectionnées dans leur pays sur les aptitudes laitières. Elles sont conduites essentiellement dans les zones à potentiel de production fourragère, au niveau des plaines et périmètres irrigués du nord. Cet élevage assure 51% de la production nationale (**Cherifi, 2000**).

➤ **Les races améliorées (BLA)**

Sont le résultat des croisements entre population locale et races importées. Ce type de bovin est localisé au niveau des élevages privés, il constitue 19.7 % de cheptel national et assure 29% de la production laitière (**Salhi, 2005**).

I-3. Modes d'élevage

L'élevage en Algérie ne constitue pas un ensemble homogène (**Yekhlef, 1989**). Car une grande variété d'élevage se rencontre dans le pays, que l'on peut différencier par la taille, le degré de spécialisation et le niveau de technicité dans la conduite d'élevage, notamment le mode de gestion des ressources alimentaires (**Mouffok, 2003**).

On distingue selon les types d'élevage deux systèmes de production :

I-3.1. Système extensif

Le bovin conduit par ce système, est localisé dans les régions montagneuses et son alimentation est basée sur le pâturage (**Adamou et al., 2005**).

Ce système de production bovine en extensif occupe une place importante dans l'économie familiale et nationale (**Yakhlef, 1989**), il assure également 40% de la production laitière nationale (**Nedjraoui, 2001**).

Cet élevage est basé sur un système traditionnel de transhumance entre les parcours d'altitude et les zones de plaines. Il concerne les races locales et les races croisées et correspond à la majorité du cheptel national (**Feliachi et al., 2003**).

Le système extensif est orienté vers la production de viande (78% de la production nationale) (**Nedjraoui, 2001**).

I-3.2. Système intensif

Selon **Faye (1997)**, le système intensif met en stabilisation les animaux pour leur apporter les ressources alimentaires nécessaires pour la production de lait ou la viande.

Par ailleurs, **Nedjraoui (1981)**, révèle que le système intensif concerne principalement les races améliorées. Ce système s'applique aux troupeaux orientés vers la production laitière où les productions fourragères sont à favoriser.

I-4. Evolution de l'effectif bovin en Algérie

D'après les statistiques du ministère de l'agriculture et du développement rural, l'effectif bovin a connu une évolution notable durant la période allant de 1966 à 1986, avec un accroissement annuel de 2,8 % de 1966 à 1976, et de 3,8 % de 1976 à 1986, ensuite il a subi une régression durant les décennies 80 et 90 passant de 1416000 têtes en 1985 à 1255000 têtes en 1997, soit une diminution de 11,37%.

Madani et Mouffok (2008), expliquent cette régression par le fait que de nombreux éleveurs ont dévié la vocation laitière de leur cheptel vers celle de la viande en faisant anticiper la réforme des vaches laitières, quelques fois même au bout de la 4^{ème} lactation en raison de l'évolution du prix de la viande étant favorable sur le marché.

Depuis 1997 le gouvernement a lancé un plan de développement de la production laitière qui consistait à l'importation de 5000 vaches laitières, donc on a enregistré une progression sensible qui a fait passer le nombre de têtes à 1613040 têtes en 2001.

Entre 2001 à 2010 l'effectif a connu un faible rythme d'évolution avec des fois des diminutions estimées à 6,4 en 2005 (Tableau n° 1).

Selon **Benyoucef (2005)**, la situation de faible développement de l'élevage bovin laitier s'est accentuée récemment à cause de grandes mutations subies par le domaine foncier public et de la réorganisation des exploitations agricoles.

L'élevage bovin contribue pour plus de 80 % à la production nationale de lait cru, l'espèce bovine vient en première position suivie par les espèces ovines, caprines et marginalement l'espèce cameline (**M.A.D.R, 2011**).

Tableau n°1 : Evolution des effectifs du cheptel bovin en Algérie durant la période (2000-2010) (Unité : têtes)

Années	Effectifs		
	Vaches	Autres bovins	Total
2000	997 060	598 320	1 595 380
2001	1 007 230	605 810	1 613 040
2002	892 960	658 610	1 551 570
2003	833 694	726 861	1 560 545
2004	844 500	769 200	1 613 700
2005	828 830	757 240	1 586 070
2006	847 640	760 250	1 607 890
2007	859 790	773 840	1 633 810
2008	853 523	787 207	1 640 730
2009	882 282	800 151	1 682 433
2010	915 400	832 300	1 747 700
Moyenne 2000-2010	887 553	7337	1 621 170

Source : (M.A.D.R, 2011)

I-5. Les facteurs de la variation de la production et la composition du lait

De nombreux facteurs agissent sur la composition et la quantité du lait produit, ces facteurs peuvent être classés en deux catégories : les facteurs intrinsèques et les facteurs extrinsèques.

I-5.1. Facteurs intrinsèques

Ce sont les facteurs liés à l'animal, ils sont d'ordre génétique et physiologique.

I-5.1.1. Facteurs génétiques

Les facteurs génétiques expliquent une part très importante de la variation des taux de matière grasse et de matière protéique (Bonaiti et Mocquot, 1982 cité par Lebras, 1991), ce qui explique une variation très importante intra races, notamment pour le taux butyreux.

Wolter (1994), note que les effets génétiques ont une forte influence sur le niveau de production et plus encore sur les taux (TB, TP) car leur degré d'héritabilité est de l'ordre de la moitié, alors qu'il se situe vers un quart pour la production laitière.

Selon **Belhadi et Chérif (2003)**, la race affecte significativement sur la production laitière et l'acidité. Ils ont trouvé que la Pie Rouge produit moins de lait et de MG que la Pie Noire qui produit plus de lait et de MG.

I-5.1.2. Facteurs physiologiques

I-5.1.2.1. L'âge au premier vêlage

Ce facteur agit aussi bien sur la quantité que sur la composition du lait, le rendement qualitatif en lait et en MG augmente avec l'accroissement de l'âge au premier vêlage d'une part et d'autre part, la production de la première lactation est plus faible chez les génisses très jeunes que chez les plus âgées (**Mekhebeche, 1988**, cité par **Haddadi et Chekhir, 2005**).

Craplet et Thibier (1973), citent qu'en France, les génisses vêlent à des âges très différents même pour une race donnée et une région peu étendue. D'autres auteurs ont montré la grande variation de l'âge au premier vêlage, selon les races, les régions et les conduites d'élevage, ces différences peuvent aller jusqu'à sept mois (Tableau n° 2).

Tableau n° 2 : Age moyen au vêlage selon les races.

Race	Age au premier vêlage
Montbéliarde, Flamande	2 ans et 8 mois
Française Frisonne Pie Noire	2 ans et 7 mois
Normande, Saler, Pie Rouge d'est	2 ans et 9 mois
Tarentaise, Brune des alpes	2 ans et 10 mois
Jersyaise	2 ans et 3 mois

I-5.1.2.2. Le numéro de lactation

La quantité du lait augmente d'une lactation en lactation jusqu'à la 4^{ème} ou la 6^{ème} lactation, une augmentation de 40 à 45% est à noter entre la première lactation et lactation maximale. Au delà de cette dernière la quantité diminue (**Hafiane et Larfaoui, 1997**).

Craplet et Thibier (1973), rapportent que le taux butyreux décroît lentement mais régulièrement dès la deuxième lactation pour se stabiliser à partir de la cinquième, alors que le taux protéique reste assez stable au cours des lactations successives.

I-5.1.2.3. Stade de lactation

La production et la composition du lait subissent des variations selon le stade de lactation.

D'après **Craplet et Thibier (1973)**, le taux butyreux varie au sens inverse de la production laitière.

Selon **Agabriel et al., (1990)**, la richesse en matières utiles (matière grasse et protéique) varie au sens inverse de la quantité du lait produite, le taux butyreux et le taux protéique présentent un minimum respectivement en deuxième et troisième mois de lactation et augmentent ensuite linéairement jusqu'au tarissement.

I-5.1.2.4. L'état de gestation

La gestation a un effet marqué sur la baisse de la production laitière, cela est dû à la production de la progestérone par le placenta. **Coulon et al., (1995)**, notent que la quantité journalière du lait secrétée continue à diminuer avec l'avancement de la lactation et de la gestation, dont l'effet commence à se faire sentir vingt semaines environ après la fécondation.

Selon **Chupin (1974)**, la production laitière diminue rapidement chez la vache gestante, notamment durant les 120 jours qui suivent la saillie fécondante que chez la vache vide.

L'approche du vêlage accélère progressivement les évolutions commencées dès le milieu de la lactation sous l'influence de la gestation. Les taux butyreux et protéiques augmentent, tandis que le taux de lactose diminue. **Ramond et Bonnefoy., (1997)**, notent que l'approche du vêlage accroît les différences individuelles de façon considérable pour certains constituants (acides gras libres, immunoglobulines, cellules somatiques,...).

I-5.2. Facteurs extrinsèques

Sont tous les facteurs liés à l'environnement dans lequel l'animal vit, à l'exemple de l'alimentation, le climat, la saison,...

I-5.2.1. L'alimentation

L'alimentation joue un rôle très important, elle peut agir à court terme de manière différente sur la variation de la composition du lait en MG et en MP et aussi sur sa production.

I-5.2.1.1. La nature des fourrages

Les régimes à base d'ensilage de maïs permettent de produire un lait plus riche en matière grasse et en protéines, que la ration à base de foin et d'ensilage d'herbe (**Le Dore et al., 1986** et **Jarrige, 1988**). En revanche, le taux protéiques semble systématiquement plus faible avec l'ensilage d'herbe qu'avec le foin (**Le Dore et al., 1986**).

Selon **Araba (2009)**, Les fourrages contribuent dans l'augmentation du taux butyreux du lait par le biais des micro-organismes qui fermentent la cellulose et l'hémicellulose en acétates et butyrates, précurseurs de la fabrication de la matière grasse du lait. L'ensilage de maïs donne un lait riche en matières grasses en comparaison avec d'autres ensilages (tel que l'ensilage d'herbe), car il est relativement bien pourvu en matières grasses (environ 4% MS) et favorable aux fermentations butyriques.

Selon le même auteur L'apport d'ensilage de maïs est aussi souvent associé à des taux protéiques élevés, en raison de sa valeur énergétique élevée. Les comparaisons faites entre ensilages et foins montrent que le foin est plus efficace dans l'élaboration d'un taux butyreux élevé par rapport au même fourrage ensilé, même s'ils présentent la même quantité de fibres.

I-5.2.1.2. La nature des concentrés

La nature des concentrés peut avoir plus d'influence sur la composition du lait que sur la quantité produite. Les rations trop riches en amidon ont tendance à favoriser l'engraissement, à faire chuter le TB et elle peut provoquer des acidoses. Il ne faudrait pas dépasser sur les 30% d'amidon des aliments concentrés dans la ration et la quantité de fourrage prend part d'au moins 40% et que le taux de cellulose soit de 15 à 17% (**Charon, 1986**).

I-5.2.1.3. La suralimentation

La suralimentation durant la période de lactation n'a que peu d'effet sur la production et la composition du lait, selon **Remond (1985)**; **Sporndly (1989)** ; **Coulon et Remond (1991)**, une suralimentation énergétique et/ou azotée a peu d'effet sur l'augmentation de la production

laitière et de la composition du lait en début de lactation. Cependant, l'appétit de la vache qui est très réduite ne progresse que lentement et modérément, donc la sur alimentation, pendant cette période est considérée comme une perte économique pour l'éleveur.

I-5.2.1.4. La sous- alimentation

Une sous-alimentation pendant la période de tarissement provoque la perte du poids de la vache, qui aura des répercussions néfastes sur la production laitière de la lactation suivante, selon **Bazin (1985)**, les vaches amaigries par leur lactation doivent impérativement reprendre de l'état pendant leur période de tarissement, si non la lactation à venir pourrait être pénalisée.

I-5.2.2. La saison

L'effet de la saison a une grande influence sur la production laitière en quantité et en qualité, l'influence de la saison qui n'est pas facile à isoler de celle de l'alimentation, peut intervenir pour atténuer ou accentuer l'amplitude des variations liées au stade de lactation (**Jouzier et Cohen, 1995**).

La production laitière est minimale en été, croit en automne et en hiver pour atteindre un maximum au printemps (**Maymone, 1969**).

En effet, le taux protéique du lait varie considérablement dans le lait de la vache suivant la saison de production. Ces variations saisonnières entraînent des écarts de taux devant aller jusqu'au moins 2 g/l (**Durand, 2001**).

I-5.2.3. Le climat

Chez la vache laitière, la quantité du lait produite et sa composition restent constantes dans une plage de température (0 et 25°C). Cette plage varie en fonction d'autres facteurs liés à l'animal (niveau de la production laitière) et aux conditions climatiques (température, vent, rayonnement solaire).

I-5.2.4. La traite

L'augmentation du nombre de traites par jour, entraîne une élévation de la quantité de lait accompagnée d'une diminution du taux butyreux et de protéines (**Dahl et al., 2004**). Par

ailleurs les vaches traies trois fois par jour produisent 19,6 % de lait de plus que celles traies une fois par jour (**Patton et al., 2006**).

La traite des vaches une seule fois par jour est à l'origine d'une diminution de la production laitière de l'ordre de 20 à 30 % et d'une augmentation des taux butyreux (plus de 2,8 g/l) et protéique (plus de 1,5 g/l) (**Coulon et al., 2005**).

I-5.2.5. L'état sanitaire

L'état sanitaire de la vache a des effets variables sur sa vie productrice, il peut provoquer :

- Une diminution de la production laitière pour une durée courte, longue ou définitive suivant la gravité de l'infection bactérienne ou virale.
- Une modification de la composition du lait, d'après (**Toureau et al., 2004**), les mammites sont les infections les plus fréquentes dans les élevages laitiers. Elles sont à l'origine d'une modification des composants du lait avec pour conséquence, une altération de l'aptitude à la coagulation des laits et du rendement fromager.



Chapitre II : le lait

Chapitre II : Le lait

II-1. Définition

Le lait a été défini dans le **J.O.R.A n° 69 du 27 octobre 1993** : « Le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Le lait doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir du colostrum ».

En outre, le lait qui ne présente aucune indication sur l'espèce animale de provenance correspond au lait de vache, alors que s'il s'agit d'une autre espèce il doit être désigné par la dénomination «**lait**» suivie de l'indication de l'espèce animale dont il provient (**Luquet, 1985**).

Selon **Aboutayeb (2009)**, le lait est un liquide blanc, opaque, de saveur légèrement sucrée, constituant un aliment complet et équilibré, sécrété par les glandes mammaires de la femme et par celles des mammifères femelles pour la nutrition des jeunes.

Le lait cru est un lait qui n'a subi aucun traitement de conservation sauf la réfrigération à la ferme. La date limite de vente correspond au lendemain du jour de la traite. Le lait cru doit être porté à l'ébullition avant consommation (car il contient des germes pathogènes). Il doit être conservé au réfrigérateur et consommé dans les 24h (**Fredot, 2006**).

Jeantet et al., (2008), rapportent que le lait doit être en outre collecté dans de bonnes conditions hygiéniques et présenter toutes les garanties sanitaires. Il peut être commercialisé en l'état mais le plus souvent après avoir subi des traitements de standardisation lipidique et d'épuration microbienne pour limiter les risques hygiéniques et assurer une plus longue conservation .

II-2. Les caractéristiques physicochimiques de lait

Les principales propriétés physico-chimiques utilisées dans l'industrie laitière sont la densité, le pH, le point de congélation, le point d'ébullition et l'acidité (**Amiot et al., 2002**).

Tableau n° 3 : Les caractéristiques physico-chimiques du lait de vache

Caractéristiques physiques	Valeurs
pH (20°C)	6,6 – 6,8
Densité	1,030 – 1,033
Température de congélation (°C)	- 0,53
Caractéristiques chimiques (g / 100g)	
Extrait sec total	12,7
Taux de matière grasse	3,9
Teneur en matière azotée totale	3,4
Teneur en caséines	2,8
Teneur en albumines et globulines	0,5
Teneur en lactose	4,9
Teneur en cendres	0,90
Vitamines, enzymes et gaz dissous	Traces

Source : (Bourgeois et al., 1990)

II-2.1. La densité du lait

Cette valeur correspond au rapport de la masse d'un volume de lait à une température donnée sur celle du même volume d'eau à la même température. Celle du lait de vache est généralement comprise entre 1,028 et 1,036 (Luquet, 1985 ; Alves De Oliveira, 2006).

II-2.2. Le point de congélation

Le point de congélation du lait est légèrement inférieur à celui de l'eau puisque la présence de solides solubles abaisse le point de congélation. Il peut varier de -0,530°C à -0,575°C avec une moyenne à 0,555°C. Un point de congélation supérieur à -0,530°C permet de soupçonner une addition d'eau au lait (Carole, 2002).

II-2.3. Point d'ébullition

On définit le point d'ébullition comme la température atteinte lorsque la pression de vapeur de la substance ou de la solution est égale à la pression appliquée. Ainsi, comme le point de congélation, le point d'ébullition subit l'influence de la présence des solides solubles.

Il est légèrement supérieur au point d'ébullition d'eau, soit 100,5°C. Cette propriété physique diminue avec la pression, on applique ce principe dans les procédés de concentration du lait (Carole, 2002).

II-2.4. L'acidité du lait

L'acidité du lait résulte de l'acidité naturelle, due à la caséine, aux groupes phosphates, au dioxyde de carbone et aux acides organiques et de l'acidité développée, due à l'acide lactique formé dans la fermentation lactique (Carole, 2002).

II-2.5. pH du lait

Les différents laits ont une réaction ionique voisine de la neutralité. Le pH est compris entre 6,4 et 6,8. C'est la conséquence de la présence de la caséine et des anions phosphoriques et citriques, principalement. Le pH n'est pas une valeur constante, il peut varier au cours du cycle de lactation et sous l'influence de l'alimentation. Cependant, l'amplitude des variations est faible dans une même espèce. Le colostrum a un pH plus bas, du fait de la teneur élevée en protéines (Gaucher *et al.*, 2008). Le pH du lait change d'une espèce à l'autre, étant donné les différences de la composition chimique, notamment en caséines et en phosphates.

II-3. La composition du lait

Le lait est un substrat très riche fournissant à l'homme et aux jeunes mammifères un aliment presque complet. Protides, glucides, lipides, sels minéraux et vitamines sont présents à des concentrations tout à fait satisfaisantes pour la croissance et la multiplication cellulaire (Bourgeois *et al.*, 1990).

Fredot (2006), rappelle que le lait est constitué de quatre phases :

- Une émulsion de matières grasses ou phase grasse constituée de globules gras et de vitamines liposolubles (A, D) ;
- Une phase colloïdale qui est une suspension de caséines sous forme de micelle ;
- Une phase aqueuse qui contient les constituants solubles du lait (protéines solubles, lactose, vitamines B et C, sels minéraux, azote non protéique) ;
- Une phase gazeuse composée d'O₂, d'azote et de CO₂ dissous qui représente environ 5 % du volume du lait.

Tableau n° 4 : Composition moyenne du lait de vache

Les constituants	composition (g/l)	Etat physique des composants
Eau	905	Eau libre (solvant) plus eau liée (3,7 %)
Glucides (lactose)	49	solution
Lipides Matière grasse proprement dite lécithine (phospholipides) insaponifiable (stérols, carotènes, tocophérol)	35 34 0,5 0,5	émulsion des globules gras (3 à 5 µm)
Protides Caséines Protéines solubles (globulines, albumines) Substances azotées non protéiques	35 27 2,5 1,5	suspension micellaire phosphocaséinate de calcium (0,08 à 0,12 µm) solution (colloïdale) solution (vraie)
Sels de l'acide citrique (en acide) de l'acide phosphorique (P ₂ O ₃) du chlorure de sodium (NaCl)	9 2 2,6 1,7	solution ou état colloïdale
constituants divers (vitamines, enzymes, gaz dissous)	traces	
Extrait sec total	127	
Extrait sec non gras	92	

Source : (Alais *et al.*, 2008)

II-3.1. L'eau

L'eau contenue dans le lait représente 87 à 88% de son poids total. Elle se trouve sous deux formes :

✓ L'eau libre (96 %) sert de solvant au lactose, à une partie des matières salines, aux acides aminés...etc, elle permet la dissémination des micro-organismes dans le milieu et favorise leur développement ;

✓ L'eau liée (4 %) est principalement et fortement liée aux protéines (**Mietton et al., 1994**). L'eau donne au lait sa forme liquide (**FAO, 1998**).

D'après **Amiot et al., (2002)**, l'eau est le constituant le plus important du lait. La présence d'un dipôle et de doublets d'électrons libres lui confère un caractère polaire. Ce caractère polaire lui permet de former une solution vraie avec les substances polaires telles que les glucides, les minéraux et une solution colloïdale avec les protéines hydrophiles du sérum. Puisque les matières grasses possèdent un caractère non polaire (ou hydrophobe), elles ne pourront se dissoudre et formeront une émulsion du type huile dans l'eau. Il en est de même pour les micelles de caséines qui formeront une suspension colloïdale puisqu'elles sont solides.

II-3.2. Les glucides du lait

Dans le lait, les glucides représentés essentiellement par le lactose (la proportion des autres glucides étant toujours très faible). C'est un disaccharide à saveur relativement peu sucrée, peu soluble, qui possède un groupement réducteur, sa molécule $C_{12}H_{22}O_{11}$, est constituée d'un résidu galactose uni à un résidu glucose. Le lactose est synthétisé dans les cellules des acini à partir du glucose sanguin. Celui-ci est en grande partie produit par le foie (**Mathieu, 1998**).

Le lactose joue un rôle important dans les produits laitiers autant que substrat de fermentation, il est à l'origine de fermentations lactique, propionique, butyrique et alcoolique (**Mietton et al., 1994**).

II-3.3. Les matières grasses du lait

Les matières grasses sont présentes dans le lait sous forme d'une émulsion de globules gras de diamètre de 0,1 à 10 μm . La teneur en matières grasses du lait est appelée taux butyreux (TB) (Courtet Leymarios, 2010).

Les principaux constituants de la matière grasse du lait sont les lipides neutres, avec 98 % de triglycérides et 0,2 à 0,5 % de diglycérides. Les phospholipides représentent environ 1%, les acides gras libres 0,1 à 0,4%, l'insaponifiables 0,3 à 0,5 % (Choisy et al., 1987).

La figure n° 1 présente un globule gras du lait. La membrane est constituée de phospholipides, de lipoprotéines, de cérébrosides, de protéines, d'acides nucléiques, d'enzymes et d'oligoéléments (métaux) et d'eau (Bylund, 1995).

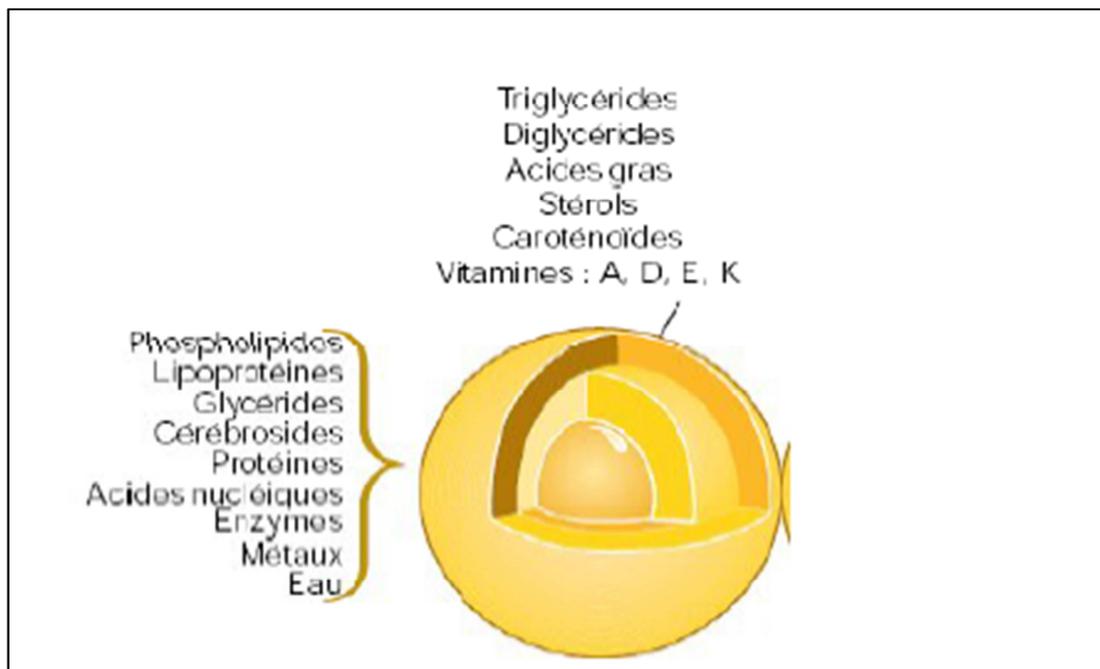


Figure n° 1: Composition de la matière grasse du lait (Bylund, 1995)

La matière grasse du lait de vache représente à elle seule la moitié de l'apport énergétique du lait. Elle est constituée de 65 % d'acides gras saturés et de 35 % d'acides gras insaturés. Elle renferme :

- Une très grande variété d'acides gras (150 différents) ;
- Une proportion élevée d'acides gras à chaînes courtes, assimilés plus rapidement que les acides gras à longues chaînes ;
- Une teneur élevée en acide oléique (C18 :1) et palmitique (C16 :0) ;
- Une teneur moyenne en acide stéarique (C18 :0) ;

La matière grasse du lait est produite principalement à partir des acides gras volatils (acides acétique et butyrique). Le premier est formé principalement à partir des glucides pariétaux des fourrages (cellulose) et le second à partir des glucides rapidement fermentescibles (sucre de betterave). Une partie de la matière grasse du lait provient de la mobilisation des réserves lipidiques de la vache (jusqu'à 60 kg). Sous certaines conditions, des graisses alimentaires peuvent également contribuer à la formation de la matière grasse du lait (Stoll, 2003).

II-3.4. La protéine du lait

On distingue deux grands groupes de protéines : les protéines des caséines et les protéines du Lactosérum (Tableau n°5).

II-3.4.1. Les protéines solubles

Elles sont moins abondantes que les caséines. Elles ont la particularité de ne pas flocculer en présence d'enzymes coagulantes ou d'acide ; de ce fait elles ne participent pas à la coagulation mais ont une grande valeur nutritionnelle due à la présence d'acides aminés soufrés et de la lysine. Parmi ces protéines on peut citer : la β -lactoglobuline, l' α -lactalbumine, les protéases peptones, les immunoglobulines (Mezine, 2001).

II-3.4.2. Les caséines laitières :

Elles représentent environ 80 % des protéines totales et forment la structure même du fromage (Mezine, 2001).

Les caséines se définissent comme le groupe de protéines phosphorées qui précipitent à partir du lait écrémé à pH 4,6 et à 20°C (Lenoir, 1985).

Elles se présentent dans le lait sous forme d'un complexe organique et minéral, les micelles qui sont formées par l'association des différentes caséines (α_{s1} , α_{s2} , β et κ) de quelques fragments peptidiques et de composants salins dont les principaux sont le calcium et le phosphate. (Lenoir *et al.*, 1997).

❖ Organisation de la micelle

Les micelles sont formées de sous unités (Figure n° 2), les submicelles qui sont de forme sphériques de 15 à 20 nm de diamètre dont la disposition donne à la micelle l'aspect d'une framboise (Cheftel *et al.*, 1985 ; Brule et Lenoir, 1990 ; Brule *et al.*, 1997), ces sous unités sont associées entre elles par des liaisons hydrophobes et électrostatique (Lenoir, 1985).

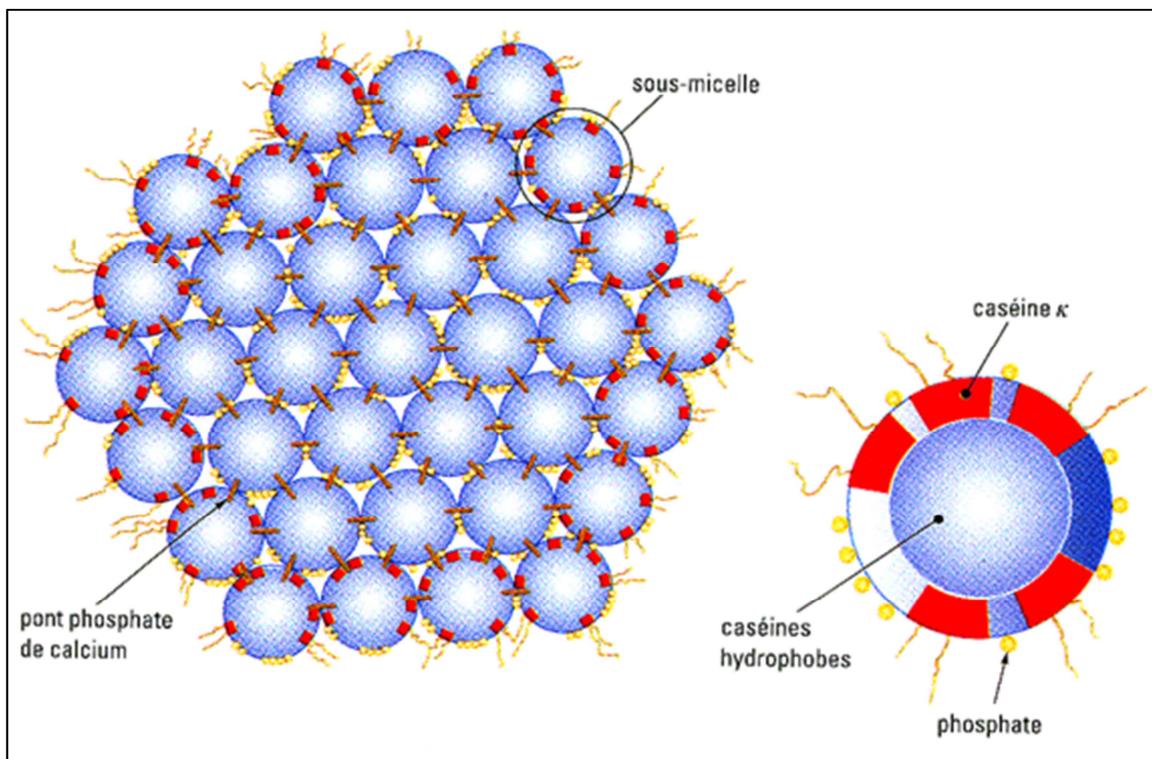
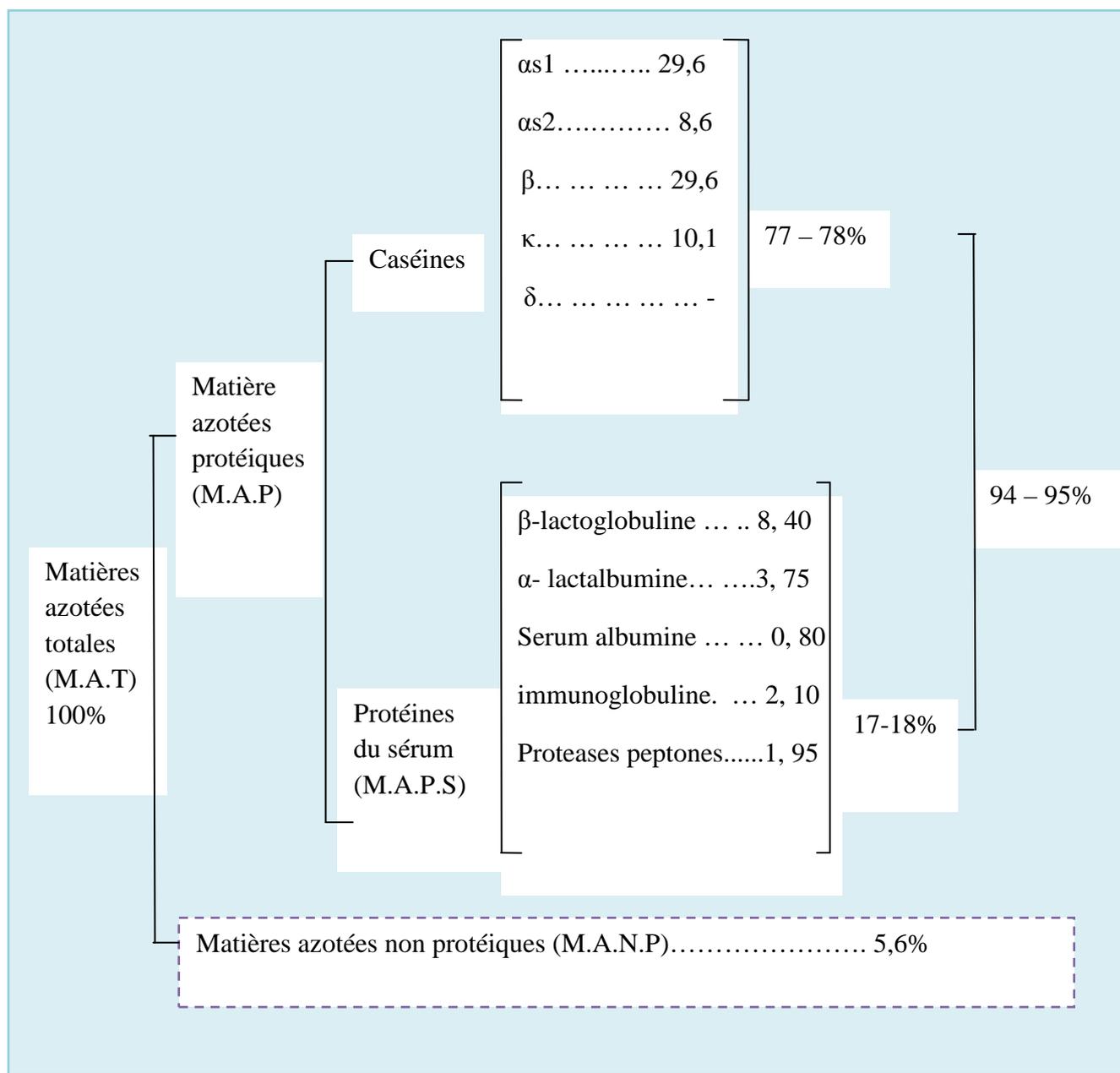


Figure n°2 : Modèle de micelle de caséine avec sous-unité
(Amiot *et al.*, 2002).

Tableau n° 5 : compositions moyenne des matières azotées de lait de vache (en% relatif)



Source : (Mietton et al, 1994)

II-3.5. Les matières minérales

Le lait contient une grande variété de minéraux, qui sont présents sous forme de sels non ionisés ou faiblement ionisés. Les principaux cations sont le potassium, le calcium, le sodium et le magnésium, les principaux anions sont les phosphates, les chlorures et les citrates (**Larousse Agricole ,1981**) (Tableau n°6).

Les matières minérales sont pour une partie à l'état dissous et pour une autre sous forme colloïdale, dans ce dernier cas elles sont associées aux caséines dans les micelles (**Brule, 1981 ; Brule et Lenoir, 1990 ; Mietton et al., 1994**). Entre la formes solubles et colloïdales et les formes ionisées et non dissociées, existe un état d'équilibre qui contribue à la stabilité à la stabilité des micelles (**Mietton et al., 1994**).

Tableau n° 6 : Composition minérale du lait de vache

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

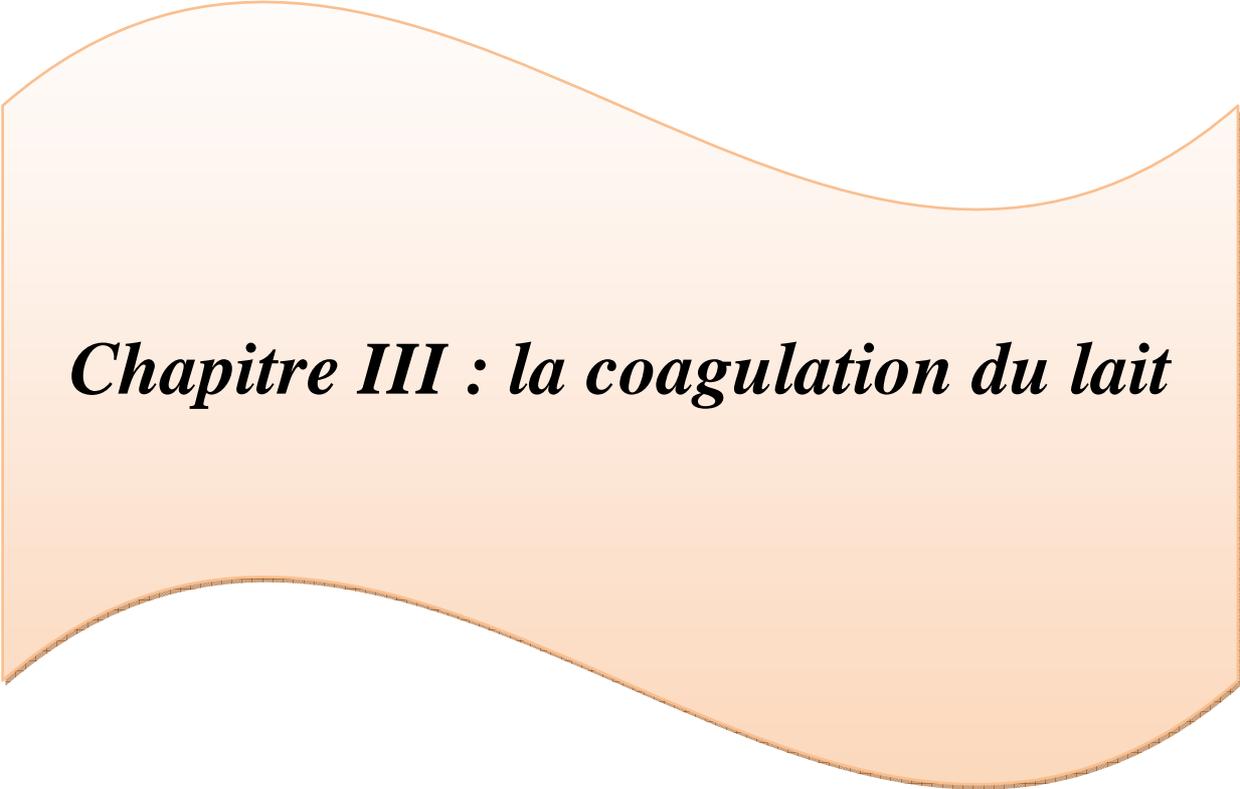
Source : (**Jeantet et al., 2007**)

II-3.6. Les vitamines du lait :

Le lait et tous les produits laitiers restent depuis toujours une meilleure source de vitamines. Parmi ces vitamines, on peut citer les vitamines liposolubles (vitamines A, D, E et K) dont les proportions sont relatives et proportionnelles à l'écémage et les vitamines hydrosolubles (vitamines du groupe B, vitamine PP, vitamine C et l'acide pantothénique). (**Mezine, 2001**).

II-3.7. Les enzymes du lait

Les enzymes sont des substances organiques de nature protidique, produites par des cellules ou des organismes vivants, agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimiques. Environ 60 enzymes principales ont été répertoriées dans le lait dont 20 sont des constituants natifs. Une grande partie se retrouve dans la membrane des globules gras mais le lait contient de nombreuses cellules (leucocytes, bactéries) qui élaborent des enzymes, la distinction entre éléments natifs et éléments extérieurs n'est donc pas facile (**Pougheon, 2001**).



Chapitre III : la coagulation du lait

Chapitre III : la coagulation du lait

III-1. Aptitude du lait à la coagulation

L'aptitude du lait à la coagulation est sa capacité à donner après action de la présure, un coagulum à caractère rhéologique précis, sans perte lors de l'égouttage. Certains laits coagulent lentement, formant des gels mous qui tendent à se fragmenter, donnant des caillés humides, dont l'affinage est difficile à maîtriser (**Lenoir et Schneid, 1987**).

Les moyens de contrôle sont généralement le temps de coagulation, la vitesse de raffermissement du gel, sa fermeté maximale et enfin la vitesse et l'importance de la synérèse. L'aptitude du lait à la coagulation dépend de certains facteurs tels que la composition chimique du lait notamment sa richesse en caséines et leur dimension et la composition minérale (**Alais, 1974**).

La coagulation du lait, qui se traduit par la formation d'un gel, résulte des modifications physico-chimique intervenant au niveau des micelles de caséine ; ces modifications sont induites par acidification ou par action des enzymes coagulantes (**Brule et Lenoir, 1990 ; Brule et al., 1997**).

III-1.1. La coagulation acide

Elle consiste à précipiter les caséines à leur point isoélectrique ($pH_i = 4,6$) par acidification biologique à l'aide de ferments lactiques qui transforment le lactose en acide lactique, ou par acidification chimique (injection de CO_2 , addition de glucono 6 lactone ou ajout de protéines sériques à pH acide, (**Jeantet et al., 2007**).

En pratique fromagère, la fermentation lactique peut être conduite en faisant appel :

- Aux bactéries lactiques présentes à l'état naturel dans le lait cru.
- Aux bactéries lactiques apportées sous forme de levains.

Dans les deux cas, l'acidification est directement liée aux propriétés des bactéries lactiques présentes et aux facteurs du milieu qui conditionnent leur développement.

Selon **Alais (1974)**, le mécanisme de la coagulation est de nature électrochimique, l'acidification progressive du lait entraîne une neutralisation des charges électronégatives portées par les caséines, accompagnée d'une déminéralisation de la micelle.

Selon le même auteur la solubilisation du phosphate et de calcium liés à la caséine croit avec l'acidification. Au pH isoélectrique ($pH_i = 4,6$) la charge minérale de la caséine devient nulle, donc la neutralisation des charges est complète, les micelles de caséine flocculent et forme un coagulum homogène.

Le coagulum formé par voie acide est friable, peu élastique, son raffermissement est très limité et très lent, sa porosité est bonne, sa perméabilité élevée mais son aptitude à l'égouttage est limitée (**Ramet, 1985**).

III-1.2. La coagulation par voie enzymatique

Divers enzymes protéolytiques ont la propriété de coaguler le lait, en particulier la présure. Cependant, il existe d'autres enzymes protéolytiques d'origine animale, végétale ou microbienne ayant une activité coagulante. Le phénomène de coagulation a été largement étudié. **Alais (1974)**, a caractérisé trois phases biochimiques successives illustrées dans la figure n° 3 et qui sont :

- A) Phase primaire ou enzymatique ;
- B) Phase secondaire ou d'agrégation des micelles déstabilisées ;
- C) Phase tertiaire ou phase de réticulation.

A) Phase primaire

C'est une phase dite enzymatique, qui résulte de l'hydrolyse par l'enzyme de la liaison 105-106 (Phe-Met) dans la molécule de caséine, alors il y'aura formation de deux peptides :

- ❖ La caséino-glycopeptide, un gros peptide (65Aa) de caractère très acide et elle a un grand pouvoir de solvatation.
- ❖ La paracaséine κ est la partie protéique, hydrophobe et insoluble, avec un caractère basique. (**Alais et Linden, 1997**).

Cette hydrolyse entraîne une réduction de la charge négative et des répulsions stériques de telle sorte que les micelles de caséines deviennent susceptibles à l'agrégation (**Lucey, 2002**)

B) Phase secondaire

C'est la phase de coagulation proprement dite qui correspond à la formation du gel par agrégation des micelles modifiées (**FAO, 1995**). Cette réaction exige la présence de calcium ionisé, elle se déroule à des températures supérieures à 15°C. La coagulation n'a jamais été constatée sans que la réaction enzymatique ne se soit produite préalablement (**Alais, 1974**).

C) Phase tertiaire

Les micelles agrégées subissent de profondes réorganisations par la mise en place de liaisons phosphocalciques. La coagulation enzymatique est influencée par plusieurs facteurs comme, la concentration en enzymes, le pH, la température, la teneur en Ca, la composition en caséines et les traitements préalables du lait (**Jeantet et al., 2008**).

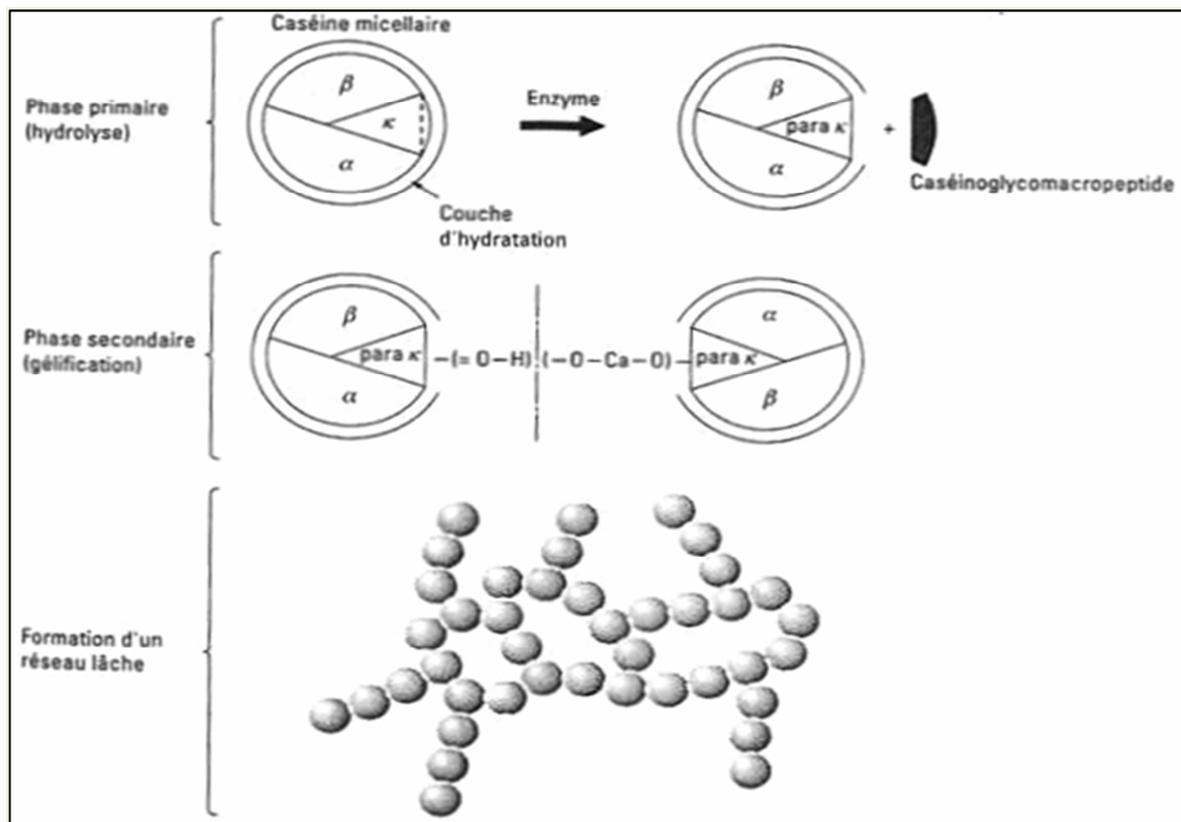


Figure n° 3: Phases de la coagulation enzymatique du lait et formation du réseau
(Alais, 2003)

III-1.3. Coagulation mixte

Résulte de l'action combinée de l'enzyme protéolytique et de l'acidification. Cette méthode est largement utilisée, notamment pour la fabrication des fromages frais et des pâtes molles (**Cheftel et Cheftel, 1980**).

III-2. Les enzymes coagulantes du lait

Les enzymes sont des catalyseurs biochimiques de nature protéique qui interviennent dans toutes les réactions métaboliques énergétiquement possible, qu'elles accélèrent par activation spécifique. Ce sont des outils clé de la biotechnologie et de la bio-industrie (**Frenot et Vierling, 1997 ; Cuvellier, 1999**).

Un grand nombre d'enzymes protéolytiques ont la propriété de coaguler le lait. Les plus utilisées sont de loin les protéases d'origine animale et microbienne. Les préparations coagulantes d'origine végétale sont rarement utilisées (**Mietton et al., 1994**).

La présure animale et ses substituts sont de loin les enzymes les plus largement utilisées dans l'industrie laitière (**Cerning et al., 1984**).

III-2.1. La présure

La dénomination « présure » est réservée à l'extrait coagulant commercial obtenu à partir de caillettes de jeunes bovins nourris au lait (**Lenoir et al., 1985**).

III-2.2. Composition de présure

La présure qui est utilisée sous forme de liquide est en réalité, un mélange de deux enzymes bien distincts. Les deux enzymes existent en proportion différente suivent l'âge de l'animale, sont la chymosine et pepsine.

III-2.2.1. La chymosine

La chymosine est la principale composante de la présure. D'après **Mahout et al., (2003)**, la chymosine est une endo-peptidase appartenant au groupe des protéases acides aspartates, est sécrétée sous forme inactive. Selon **Boudier et Luquet (1981)**, la chymosine est sécrétée dans la caillette animale sous une forme inactive qui est transformée par la suite en enzyme

active par un processus auto-catalytique par les ions H^+ , elle a une activité coagulante énorme.

Elle est stable à pH 5,3-6,3, inactive à pH voisin de 7,5 et dénaturée à pH 8, son activité est affaiblie à température ambiante (20 à 35°C) et inhibée à 65°C, sa température optimale est de 42°C (**Goursaud, 1999**).

III-2.2.2 La pepsine

D'après **Goursaud (1999)**, la pepsine est secrétée par la caillette en quantité importante après le sevrage des bovidés, elle est stable à pH 5 à 5,5 et instable à un pH 2, elle est thermosensible à plus de 50°C et complètement dénaturée à 70°C. Les teneurs en chymosine et en pepsine bovine sont étroitement dépendantes de l'âge de l'animal.

La pepsine à l'inverse de la chymosine a un effet protéolytique prédominant par rapport à celui coagulant qui est généralement médiocre. (**Ramet, 1987**).

III-2.3. Extraction de la présure

La présure est obtenue par macération de caillettes des jeunes bovins dans une saumure de NaCl et contenant des additifs nécessaires à la conservation et à la coloration. Le jus est ensuite purifié par diverses méthodes physico-chimiques et chromatographiques.

III-2.4. Les succédanés de présure

Ce sont toutes les enzymes ou mélanges d'enzymes pouvant à l'échelle traditionnelle, expérimentale ou industrielle faire office de présure, et possédant de manière générale les propriétés de cette dernière.

Le classement qui se fait de nos jours sur les succédanés de présure se base sur leur origine. Suivant ce classement on a trois catégories de coagulases qui sont d'origine animale, microbienne et végétale.

III-2.4.1. Les succédanés d'origine animale

Le tube digestif de certains mammifères secrète des protéases autres que la présure, notamment la trypsine, la chymotrypsine et la pepsine. Les deux premières enzymes donnent

un fromage de mauvaise qualité suite à leur activité protéolytique trop élevé (**Ramet, 1990**). Par contre la pepsine, en particulier celle de bœuf et de porc présente un intérêt industrielle.

A. La pepsine porcine

C'est une protéase à caractère plus acide que la chymosine, son activité est bonne au milieu acide mais décroît fortement au-dessus de pH 6,3 (**Ramet, 1990**), au pH du lait frais la coagulation n'a pas lieu, la protéolyse est plus lente au cours de l'affinage et des goûts amers ou étranges apparaissent (**Desmaseaud, 1990**).

Mélangé à la présure, la pepsine porcine apparaît être d'une utilisation plus large, notamment pour la fabrication de fromages acides (**Desmaseaud, 1990**).

B. La pepsine bovine

Elle est extraite à partir des caillettes d'animaux adultes et de veaux sevrés, l'extrait brut contient un pepsinogène majoritaire et plusieurs pepsinogènes mineurs qui donnent après activation à pH 2 la série des pepsines correspondantes (**Chow et Kassell, 1986**). Les propriétés protéolytiques de la pepsine bovine sur les caséines sont plus semblables à celles de la chymosine.

C. Pepsine extraite d'autres animaux

La pepsine a été extraite récemment d'estomac d'autre animaux. En effet la pepsine extraite de l'estomac de la morue de l'atlantique coagule le lait à 15°C plus efficacement que la chymosine de veau, elle serait donc intéressante pour l'emprésurage à froid de lait dans les préparations des fromages Cheddar (**Goursaud, 1999**).

La pepsine du pro-ventricule de poulet a été également expérimentée avec succès en Israël pour la fabrication du fromage local (**Ramet, 1990**).

Dernièrement, une pepsine a été isolée à partir de la muqueuse gastrique du phoque au Canada et elle a donné de bons résultats dans la fabrication de Cheddar (**Goursaud, 1999**).

III-2.4.2. Succédanés d'origine microbienne

Selon (**Bouix et Leveau, 1999**) de multiples enzymes coagulantes sont produites à partir des bactéries et champignons inférieurs. Les principaux avantages de ses enzymes sont :

- Une production indépendante des contraintes saisonnières et géographiques.
- Une possibilité d'utilisation de matière première bon marché.
- Des rendements de production peuvent être augmentés de façon importante.

a) Succédanés d'origine bactérienne

Les bactéries les plus étudiées sont des genres *Bacillus* et *Pseudomonas*. Elles ont fourni plusieurs préparations coagulantes qui ont été testées dans les fabrications fromagères. Les résultats ont été en général décevants en raison de l'activité protéolytique généralement très élevée de ces protéases par rapport à celle de la présure (**Ramet, 1990**).

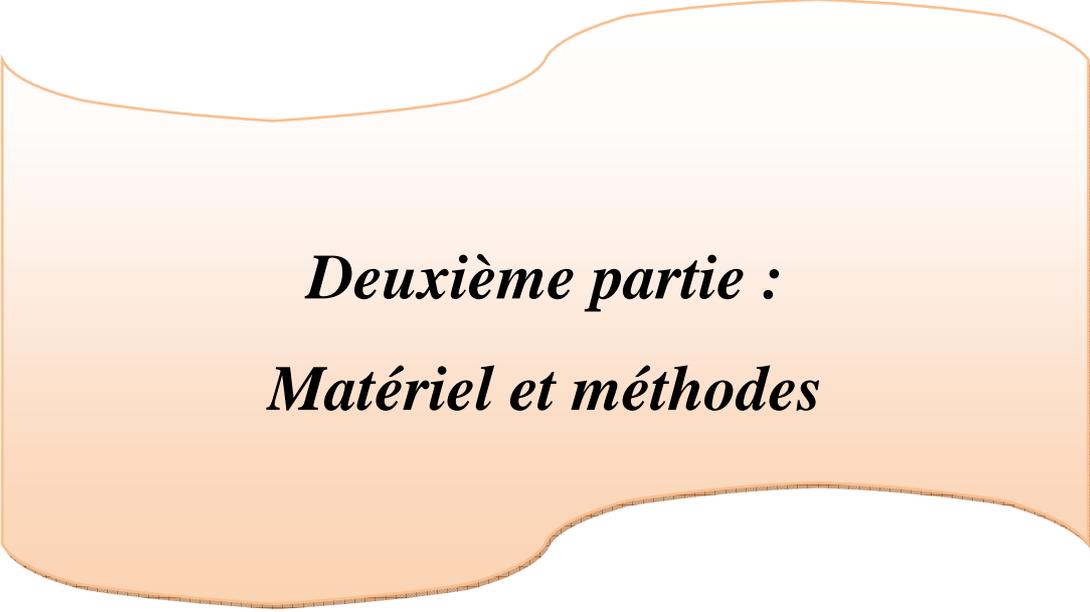
b) Succédanés d'origine fongique

Trois espèces de moisissures sont explorées : *Endothia parasitica*, *Mucor pusillus* et *Mucor miehei*. Les solutions enzymatiques extraites de ces espèces présentent des spécifications d'action et leur emploi en fromagerie implique trois techniques d'utilisation différentes (pH, température et dose). Il est alors possible d'obtenir des fromages de qualité souhaitée, sachant qu'avec la solution extraite d'*Endothia parasitica*, l'action protéolytique est d'avantage marquée qu'avec celle issue de *Mucor pusillus* ou de *Mucor miehei* vis-à-vis du modèle obtenu par utilisation de présure (**Goursaud, 1999**).

III-2.4.3. Succédanés d'origine végétale

Diverses préparations coagulant le lait sont extraites par macération de divers organisme de plantes supérieures, à savoir la papaine (extraite du papayer), la broméline (extraite de l'ananas) et la ficine (extraite de la figue) (**Cuvellier, 1999**).

Ces divers préparations végétales ont donné des résultats assez décevant en fromagerie, car elles possèdent le plus souvent une activité protéolytique très élevée qui résulte de la composition particulière de ces extraits, renfermant des enzymes à sites actifs peu spécifique et /ou des systèmes enzymatiques complexes dont il est difficile de maîtriser leurs activités (**Ramet, 1990**).



Deuxième partie :
Matériel et méthodes

1. Objectif de l'étude et choix de l'exploitation

L'objectif de l'étude est d'évaluer l'influence de la race, d'une part sur la composition du lait et d'autre part sur son aptitude à la coagulation. Cette étude a été menée dans des conditions d'élevage intensif, au niveau de la société d'exploitation agricole (SEA) de Draâ Ben Khedda dans la willaya de Tizi Ouzou.

Le choix de l'exploitation est basé sur les critères suivants :

- Disponibilité de plusieurs races ;
- Disponibilité de nombre suffisant des vaches laitières ;
- Bon état de santé des vaches ;
- Même conduite d'élevage ;
- Coopération du personnel et disponibilité de l'information.

2. Présentation du site de l'expérimentation

2.1. Le site

La ferme EURL SEA de Draa Ben Khedda "ex ferme pilote" est créée en 1969 dans le cadre du développement national de production animale, fonctionnelle à partir de l'année 1970. Le 13 octobre 1989 est devenue une société d'exploitation agricole «SEA» munie d'un registre de commerce.

Sa vocation principale est la production laitière ainsi que la production des veaux, génisses et secondairement la production d'agrumes et de pomme de terre.

2.2. Situation géographique de la ferme :

La ferme est située au centre de la ville de Draa Ben Khedda à 10 km du chef-lieu de la willaya de Tizi Ouzou. Elle est limitée au nord par oued «Sebaou», à l'est par la cité «Touares», à l'ouest par oued «Boughedoura» et au sud par la chaîne montagneuse de «Sidi Ali Bonnabe».



Figure n° 4 : Image satellite de l'exploitation de DBK (google earth, 2009)

2.3. Capital foncier et spéculations végétales

La ferme EURL SEA de Draa Ben Khedda est dotée d'une superficie totale (SAT) de 219 ha dont :

- 206 ha en superficie agricole utile (SAU) avec 100 ha en irriguée (SI) ;
- Le reste soit 13 ha environ sont occupés par les différentes infrastructures et parcours.

La superficie agricole utile est répartie comme suit :

- ❖ 60 ha destinés aux céréales (blé dur)
- ❖ 30,5 ha destinés pour les cultures pérennes soit :
 - ✓ 22,8 pour les orangers;
 - ✓ 1 ha pour les citronniers;
 - ✓ 1 ha pour les oliviers.
- ❖ 116 ha sont réservés pour les cultures fourragères.

2.4. Les ressources hydriques :

Comme nous l'avons cité dans le paragraphe ci-dessus l'exploitation est limitée par deux oueds, celui de Sebaou au nord et de Boughedoura à l'est, donc l'exploitation n'a pas de problème d'approvisionnement en eau, comme elle possède aussi trois forages avec un équipement d'irrigation constitué de six kits plus dix canons et un enrouleur.

2.5. Bâtiment d'élevage et infrastructures

La ferme dispose de cinq étables plus un lazaret, de nature ancienne qui sont répartis comme suit :

- ❖ L'étable principale pour les vaches laitière d'une capacité de 200 têtes ;
- ❖ Une étable d'une capacité de 20 têtes pour les vaches en instance de vêlage ;
- ❖ deux étables, une pour les génisses d'une capacité de 500 têtes et une pour les tourillons d'une capacité de 200 têtes ;
- ❖ La dernière étable est réservée pour les taureaux d'une capacité de 30 têtes.

La ferme est munie aussi d'une nurserie pour les veaux (d'un jour à 4 mois), comportant 20 petits boxes d'une capacité allant de 1 à 4 têtes pour chacun (selon l'âge des veaux), d'une salle de traite qui est en rénovation possédant une cuve de réfrigération et une salle de mise bas.

Notant que pour la période de notre étude la traite est effectuée dans l'un des hangars à l'aide de chariots trayeurs. Le troupeau est conduit en stabulation libre.

2.6. Caractéristiques du troupeau

La ferme dispose de 129 têtes dont 49 vaches laitières et le reste est reparti entre veaux, vèles, génisses et taurillons

Le cheptel bovin laitier provient de l'importation, il est constitué de trois races :

- **La Prim'Holstein**

La Prim'Holstein est originaire de la hollande, la robe est typiquement noire et blanc. La sélection au niveau de cette race est axée essentiellement sur le lait, la Holstein devient petit à

petit un animal de grand format présentant une forte production laitière. On trouve un petit pourcentage de sujets pie rouge. Les muqueuses sont claires et les cornes en croissant court. Elle possède généralement de bons aplombs, et une bonne mamelle. C'est une vache de grande taille, la hauteur au sacrum est en moyenne de 1,45 m (INRA, 2006).

La production atteint 9 330 kg de moyenne par lactation avec un taux de matière grasse de 39,7 g/l et un taux protéique de 31,9 g/l. Son succès est dû à sa croissance rapide et à sa grande adaptabilité à l'élevage intensif. Elle est peu adaptée à la fabrication de fromage de par la composition de son lait (moins riche en caséines nécessaires à la fabrication de fromages (INRA, 2006).



Figure n° 5 : Photo de la Prim'Holstein de l'exploitation de DBK

- **La Montbéliarde**

Race bovine laitière originaire de France et appartenant au rameau pie rouge. D'après **Charlet et Bougler (1978)**, cité par **Akli et Nait Mouloud (2002)**, c'est une race rustique bien adaptée au climat rude et à la chaleur. Elle se caractérise par une tête blanche d'une longueur moyenne avec des cornes courtes, en croissant ainsi que le front et mufle larges,

chignons saillants, profil droit, encolure fine, son corps est muni d'une poitrine profonde et la mamelle est ample, dos droit bien musclé, bassin assez large légèrement incliné, sa culotte est descendue et sa robe est pie rouge foncée.

Elle se caractérise par une grande taille (hauteur au garrot 1,35 à 1,40 m), un poids de 600 à 650 kg. La production laitière est plus importante que celle des autres races du même rameau pie rouge, elle est de 4400 kg de lait avec un taux butyreux de 37 g/l et un taux protéique de 32g/l.

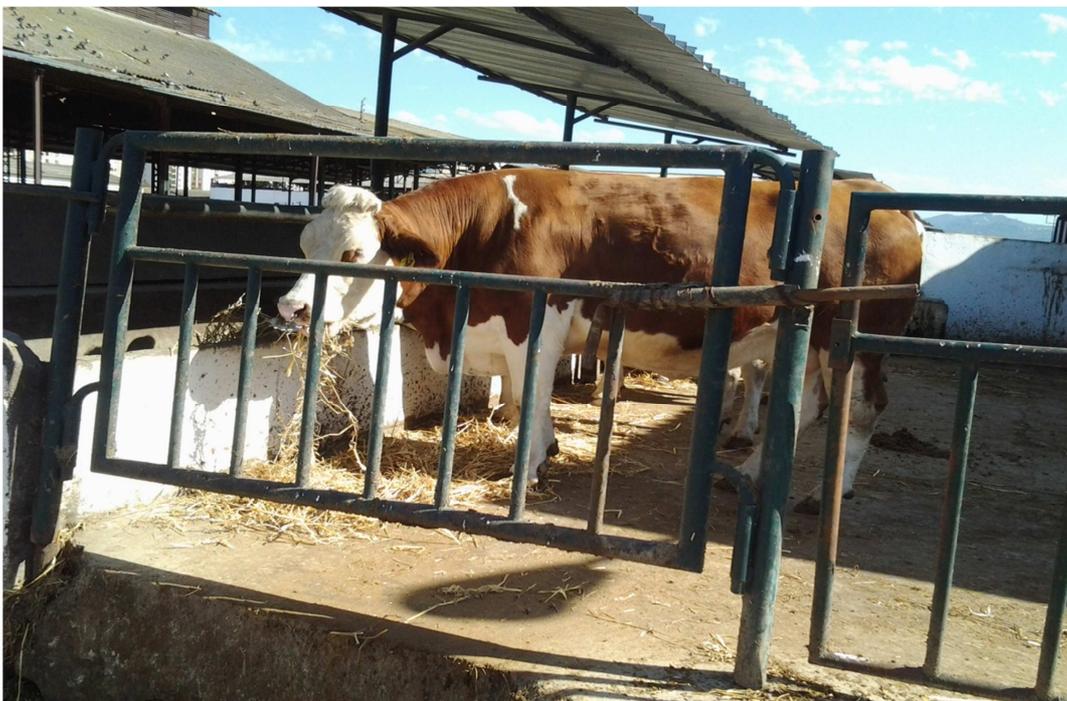


Figure n° 6 : Photo de la Montbéliarde de l'exploitation de DBK

- **La Fleckvieh**

Est la seconde race laitière au monde et première race mixte (à tendance lait et viande), la race Fleckvieh fait partie du rameau des races pie rouge à tête blanche des montagnes dont l'archétype originel est la Simmental suisse. En Allemagne, où l'on dénombre la population la plus importante (près de 900,000 vaches).

Les vaches Fleckvieh produisent de plus en plus de lait au fil des lactations, l'efficacité alimentaire est meilleure car elle est très adaptée, au pâturage et au système tout herbe et la

longévité est accrue étant le critère de sélection le plus important chez la Fleckvieh avec 44,1%, c'est la base pour avoir une vache féconde et en bonne santé. Elle porte une robe pie rouge, avec les membres et la tête blanche. Les taches sont bien délimitées et peuvent varier du froment foncé au rouge presque acajou (**Grupp, 2002**).

Selon le même auteur c'est une race de grande taille la vache mesure 142cm pour 750 kg. Elle produit 5 000 kg d'un lait de bonne qualité, en particulier pour la production fromagère (40 g/l de matières grasses et 34 g/l de taux protéique). Ses mamelles sont bien adaptées à la traite mécanique. Elle est bien conformée pour la conduite en alpage grâce à son aptitude à la marche et à sa résistance aux amplitudes de températures. Elle est une productrice efficace de viande de par sa musculature puissante.



Figure n° 7: Photo de la Fleckvieh de l'exploitation de DBK

Les vaches laitières importées sont identifiées dès qu'elles arrivent à la ferme par deux séries de chiffres portés sur des boucles en plastique fixées aux oreilles. Ces chiffres indiquent respectivement :

- ❖ Les deux premiers de la série, l'année de naissance de l'animal ;
- ❖ Les trois derniers sont spécifiques à la ferme correspondant au nombre de vaches laitières achetées ;
- ❖ Les deux de l'autre série correspondent au numéro de travail.

Exemple : 11032/ 36.

2.7. Conduite de la reproduction

La reproduction du cheptel est assurée par l'insémination artificielle, réalisée par le vétérinaire de la ferme.

2.8. Conduite d'hygiène :

L'entrée de l'exploitation est menée de deux bacs pédiluves un pour le personnel et l'autre pour le troupeau, les étables sont nettoyées quotidiennement deux fois par jours (matin et fin de journée) en grattant le parterre à l'aide d'un grattoir. Pendant la saison froide l'air de couchage des animaux est couverte de paille, afin d'éviter tout risque de rhumatisme, cette litière est changée dès que c'est nécessaire. Le parterre est désinfecté à l'aide de biocides à base d'iode et de l'acide phosphorique.

Une désinfection des mamelles est pratiquée avant et après chaque traite afin d'éviter toutes sortes de contaminations microbiennes :

❖ Avant la traite : une désinfection se fait à l'aide d'un produit antiseptique à base d'iode puis le lavage des mamelles à l'eau courante.

❖ Après la traite : une deuxième désinfection se fait par un gel visqueux teinté toujours à base d'iode pour éviter toute contamination (pénétration des microorganismes à travers les ouvertures des trillons et leurs prolifération.

Afin d'éviter toute sorte de contamination du lait, le matériel utilisé pour la traite et le stockage du lait est nettoyé en utilisant un produit acide.

Des mesures de prévention telles que la mise en quarantaine sont prises pour isoler les vaches malades, gestante ou en tarissement.



Figure n° 8 : Photo représentant l'application du produit antiseptique pour les mamelles avant la traite



Figure n° 9: Photo représentant le lavage des mamelles à l'eau courante avant la traite

2.9. Conduite de l'alimentation

Il est à préciser que les vaches laitières triées pour l'expérimentation ont reçu le même rationnement que le cheptel laitier de la ferme, cependant les vaches au stade de tarissement reçoivent une alimentation à part à base de paille et de foin.

Notre étude est réalisée pendant la saison du printemps (avril, mai) qui se caractérise par la présence des fourrages verts.

Il est à noter que l'alimentation du cheptel couvre les besoins et elle est équilibrée par l'addition du concentré distribué pour les vaches laitière ainsi que pour les taureaux. Le pourcentage du concentré est calculé selon la ration de base. Les veaux et vèles reçoivent dès leur naissance le lait artificiel pour leur alimentation du fait que les vaches sont lactantes non allaitantes.

Les aliments sont distribués dans l'ordre chronologique suivant :

- 06h 00 distribution du concentré des vaches laitières (2 kg/tête) lors de la première traite ;
- 09h 30 distribution du l'ensilage de maïs sorgho ;
- 11h 00 luzerne (dernière coupe) ;
- 14h 30 luzerne, Pierre à lécher pour le calcium ;
- 18h 00 concentré des vaches laitières lors de la deuxième traite.

Par ailleurs, l'abreuvement est à volonté.

2.10. La production laitière de la ferme

Lors de notre expérimentation à la ferme de DBK, la salle de traite n'est pas fonctionnelle à cause des travaux non achevés dans cette dernière et la traite se fait dans une étable. Le lait est prélevé à l'aide des chariots trayeurs au nombre de trois et la traite se fait deux fois par jour avec un intervalle d'environ 12 heures.

Les productions journalières moyennes des vaches triées durant la période de notre étude sont données par le tableau n°7.

Tableau n°7 : La production laitière quotidienne moyenne des vaches expérimentales durant la période d'étude au niveau de l'exploitation de DBK (en litre/jour)

La race	Code de la vache	Mois d'avril	Mois de mai
Prim'Holstein	11033/37	25,5	27
	10003/02	24,5	29
	11001/05	24	18
	11038/41	18,25	20
	12001/43	20,25	21
	11003/07	17,5	19
Quantité moyenne (l/j)		21.66	22.33
Montbéliarde	11031/35	19	20
	11029/33	10	5
	11032/36	22,5	20
	12003/45	17	21
	11016/20	15,5	18
	10002/01	8,5	15
Quantité moyenne (l/j)		15.41	16.5
Fleckvieh	11026/30	17,75	19
	11020/24	24,5	22
	11023/27	13,5	8
	11028/32	18	20
	11022/26	16,5	14
	11017/21	18,5	18
Quantité moyenne (l/j)		18.12	16.83

l/j : litre par jour



Figure n° 10: Photo prise lors de la traite à l'aide des chariots trayeurs

3. Echantillonnage

3.1. Matériel utilisé à la ferme

- ✓ Des chariots trayeurs ;
- ✓ Des bidons gradués de 20 litre ;
- ✓ Une louche ;
- ✓ Un entonnoir ;
- ✓ Des flacons stériles en verres de 250 ml.

3.2. Prélèvements d'échantillons

Une fois les informations sur la conduite d'élevage du cheptel étaient fournies au cours d'un déplacement au niveau de la ferme à la mi-avril, un échantillonnage a été effectué durant la période fin Avril et début du mois de Mai. L'échantillon est composé de 18 vaches réparties en trois lots de six vaches chacun. Le premier lot contenait des vaches appartenant à la race Prim'Holstein, le deuxième à la race Montbéliarde et le troisième à la race Fleckvieh. Il est à signaler que les vaches choisies étaient pour la majorité au 6^{ème} mois de lactation et complètement intégrées avec le reste du troupeau.

Les prélèvements ont été effectués sur l'ensemble des dix-huit vaches au cours de la traite du soir.

Les échantillons de lait ont été recueillis avec soin en respectant les règles d'hygiène dans des flacons stérilisés, identifiés par des étiquettes portant la race et le numéro d'identification de la vache. Aussitôt prélevé le lait est conservé à 4°C pour subir les différentes analyses.



Figure n°11: Photo des vaches expérimentales



Figure n° 12: Photo prise lors de prélèvement du lait

4. Analyse physicochimique du lait

Les principaux constituants du lait peuvent varier considérablement d'une race à l'autre et d'un individu à l'autre d'une même race. De plus la qualité du lait peut être affectée par des paramètres de production en occurrence l'alimentation. Pour évaluer ces variations et mettre en évidence les aptitudes à la transformation, il est indispensable de procéder à une analyse physico-chimique du lait.

4.1. Matériel utilisé au niveau du laboratoire

4.1.1. Matériel biologique

- ✓ Le lait de vache prélevé ;
- ✓ La poudre de lait écrémé «Low heat»
- ✓ La présure.

4.1.2. Matériel utilisé au laboratoire

- ✓ Un butyromètre ;
- ✓ Etuve ;
- ✓ pH mètre ;
- ✓ Un thermo lactodensimètre ;
- ✓ Une éprouvette de 150 ml ;
- ✓ Des pipettes graduées de 1,2, 10 et 11 ml ;
- ✓ Des béchers ;
- ✓ Burette ;
- ✓ Une centrifugeuse ;
- ✓ Balance de précision ;
- ✓ Micropipette automatique ;
- ✓ Agitateur magnétique ;
- ✓ Le barreau magnétique ;
- ✓ Le bain marie ;
- ✓ Le thermomètre ;
- ✓ Les tubes à essai ;
- ✓ L'eau distillée.

4.1.3. Les réactifs utilisés

- ❖ La solution d'alcool isoamylique ;
- ❖ L'acide sulfurique ;
- ❖ Le phénol phtaléine ;
- ❖ Le NaOH (0,11N) ;
- ❖ Solution de chlorure de calcium (CaCl_2) ;
- ❖ Solution de HCl.

4.2 Les analyses physicochimiques

Les différentes analyses effectuées sont les suivantes :

4.2.1. Mesure du pH

Le pH correspond au logarithme de la concentration molaire d'ion hydronium (H_3O^+). Il renseigne sur l'état de fraîcheur du lait.

Après que le pH mètre soit étalonné (solution étalons), l'électrode est plongée dans le bécher contenant l'échantillon (lait de vache), puis la valeur du pH est donnée par lecture directe sur l'écran du pH mètre.

4.2.2. Densité (AFNOR, 1986)

La densité du lait est une grandeur sans dimension qui désigne le rapport entre la masse d'un volume donné de lait à 20°C et la masse du même volume d'eau (**Pointurier, 2003**).

La densité est déterminée par aréométrie à l'aide d'un lactodensimètre gradué comportant un thermomètre. Si la température n'est pas exactement de 20°C, il faudra corriger la densité lue (Annexe n°1).

Pour faire la correction, il suffit de savoir qu'un degré de température modifie la densité de 0,0002 degré densimétrique de part et d'autre de la température de référence.

4.2.3. Détermination de la matière sèche :

La teneur en matière sèche d'un échantillon est déterminée selon les normes françaises (**AFNOR, 1986**).

Elle est obtenue par la pesée du résidu après dessiccation dans une étuve à une température égale ou légèrement supérieure à 100°C, la matière sèche (MS) est calculée par la relation suivante :

$$MS = (M1 - M0 / M2 - M0) \cdot 100$$

M0 : Masse en gramme de la capsule vide.

M1 : masse en gramme de la capsule et du résidu après dessiccation.

M2 : masse en gramme de la capsule et de la prise d'essai.

4.2.4. Détermination de l'extrait sec dégraissé (ESD)

Après la détermination de la MS et MG, l'extrait sec dégraissé est déduit en appliquant la relation suivante :

$$\boxed{ESD = EST - MG}$$

4.2.5. Détermination de l'acidité (AFNOR, 1986) :

L'acidité est déterminée par le dosage de l'acide lactique par l'hydroxyde de sodium à 0,11N. La présence de phénolphtaléine comme indicateur coloré indique la limite de la neutralisation par changement de couleur (Annexe n°2).

L'acidité est exprimée en degré Dornic (°D) où 1°D représente 0,1g d'acide lactique par litre de lait, équivaut alors au nombre de ml de soude versée

4.2.6 Détermination de la teneur en matière grasse par méthode à l'acidobutyromètre (AFNOR, 1986) :

La détermination de la teneur en matière grasse est basée sur la dissolution des protéines par addition d'acide sulfurique concentré. La matière grasse, résistant à l'action de celui-ci, est séparée par centrifugation à chaud, dans le butyromètre. Cette séparation est favorisée par l'addition de petite quantité d'alcool isoamylique. Les gouttelettes de graisses se réunissent en une couche claire et sont évaluées quantitativement grâce à une échelle adéquate (Annexe n°3).

Le résultat, donné en pourcentage ou en gamme de matière grasse par litre, s'obtient par lecture directe sur le butyromètre.

4.2.7. Dosage des protéines

La teneur en protéines du lait est déterminée par dosage de l'azote selon la méthode Kjeldhal (Annexe n° 4) dont le principe est basé sur la transformation de l'azote organique en azote minéral par destruction de la matière organique sous l'effet de l'acide sulfurique concentré. L'azote minéral présent sous forme de sulfate d'ammonium est transformé sous

forme d'ammoniac par une solution d'hydroxyde de sodium puis entraîné par la vapeur d'eau. L'ammoniaque est piégée dans une solution d'acide borique et finalement titré par une solution d'acide sulfurique de normalité connue. Le coefficient de 6,38 permet la transformation de la quantité d'azote déterminée en poids de protéines.

4.3. Aptitude à la coagulation

L'aptitude à la coagulation des différents laits prélevés, est évaluée par la détermination du temps de coagulation par la présure de référence selon un procédé modifié de **Berridge (1952)** rapporté par **Collin et al., (1977)** dont le principe est basé sur l'addition de 1 ml de la solution enzymatique d'abord à 10 ml de substrat de **Berridge** (lait témoin), puis à 10 ml de lait expérimental préalablement ramenés à 30°C. L'intervalle de temps compris entre l'introduction de la solution enzymatique et l'apparition des premiers flocons sur les parois internes des tubes à essai est défini comme le temps de coagulation (figure n°14).

Chaque échantillon de lait doit subir au minimum 10 essais pour pouvoir apprécier le temps de coagulation.

4.3.1. Préparation du substrat de Berridge

Le substrat est préparé en ajoutant à $12 \pm 0,02$ g de poudre de lait écrémé (low heat) $100 \pm 0,1$ ml de solution de CaCl_2 (Annexe n°5). Le pH du substrat doit être de 6,4 à une température de 20°C.

Le procédé de préparation du substrat de **Berridge** est illustré dans la figure n°13.

4.3.2. Préparation de la solution enzymatique

La solution enzymatique est préparée comme suit :

- On introduit 0.5g de présure commerciale dans 10ml d'eau distillée pour obtenir la solution mère ;
- A partir de la solution mère, on prépare des dilutions enzymatiques de sorte à obtenir un temps de coagulation du lait standard entre 12 à 15 mn (**FAO, 1998**).

4.3.3. Addition de la solution enzymatique

Pour mesurer le temps de coagulation, on introduit 10 ml du substrat de **Berridge** dans un tube à essai, incubé au préalable dans un bain-marie à 30°C pendant 15 minutes.

A l'aide d'une micropipette automatique, on prélève 1ml de la solution enzymatique qu'on introduit dans le tube à essai contenant le substrat. Ensuite on effectue trois retournements successifs du tube pour parfaire le mélange de l'enzyme et du substrat et on le remet au bain-marie.

Le temps de coagulation est déterminé par l'apparition des premiers flocons sur la paroi du tube.

5. Traitement statistique des résultats

A partir des résultats obtenus, une analyse statistique va permettre d'établir la relation entre la race et les variables physico-chimiques et technologiques (temps de coagulation).

Les données issues des analyses physicochimiques et de l'aptitude à la coagulation sont traitées par le test d'ANOVA à un facteur à l'aide du logiciel **Statistica** version 8.0.550.

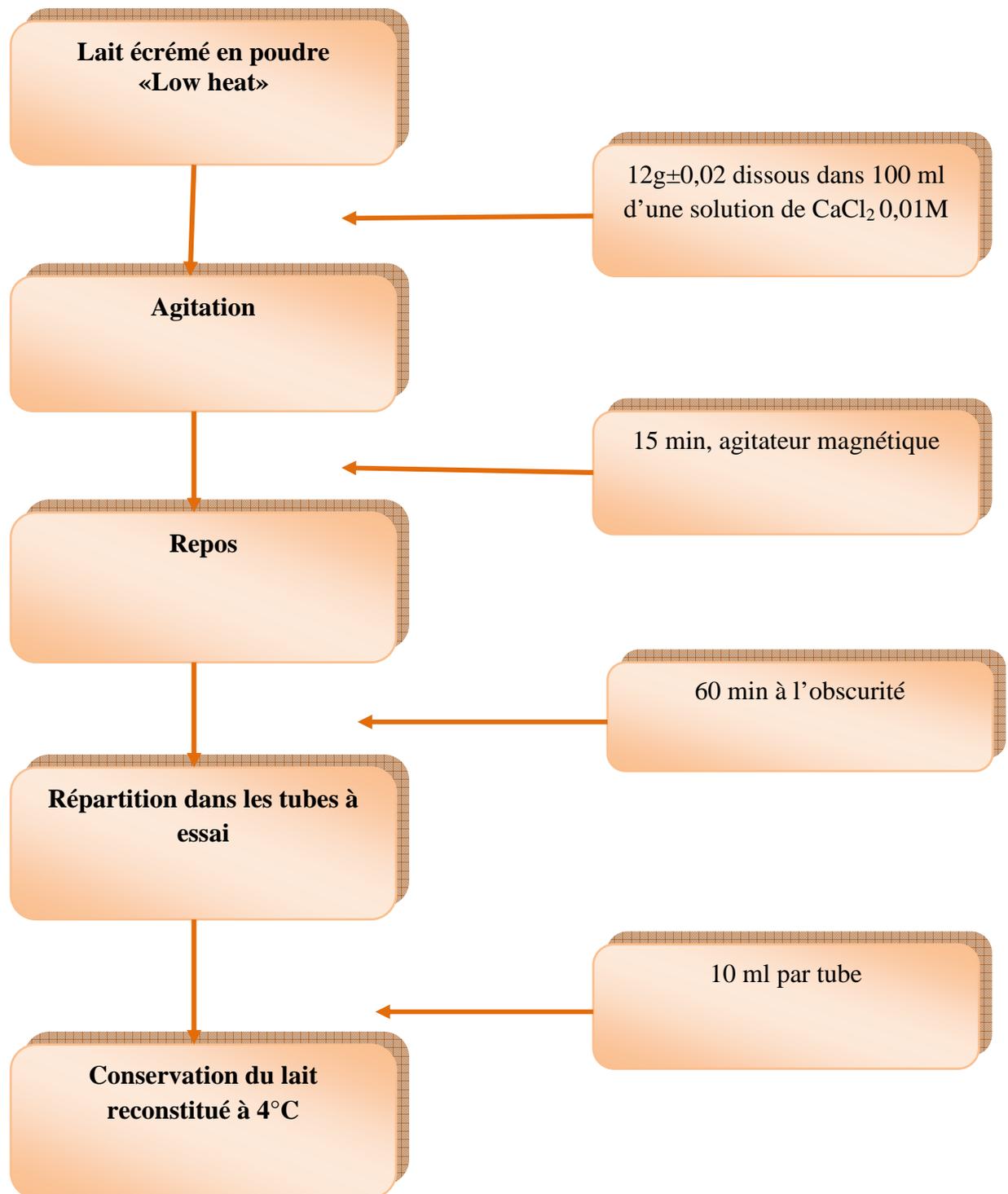


Figure n° 13: Préparation du substrat de **Berridge**

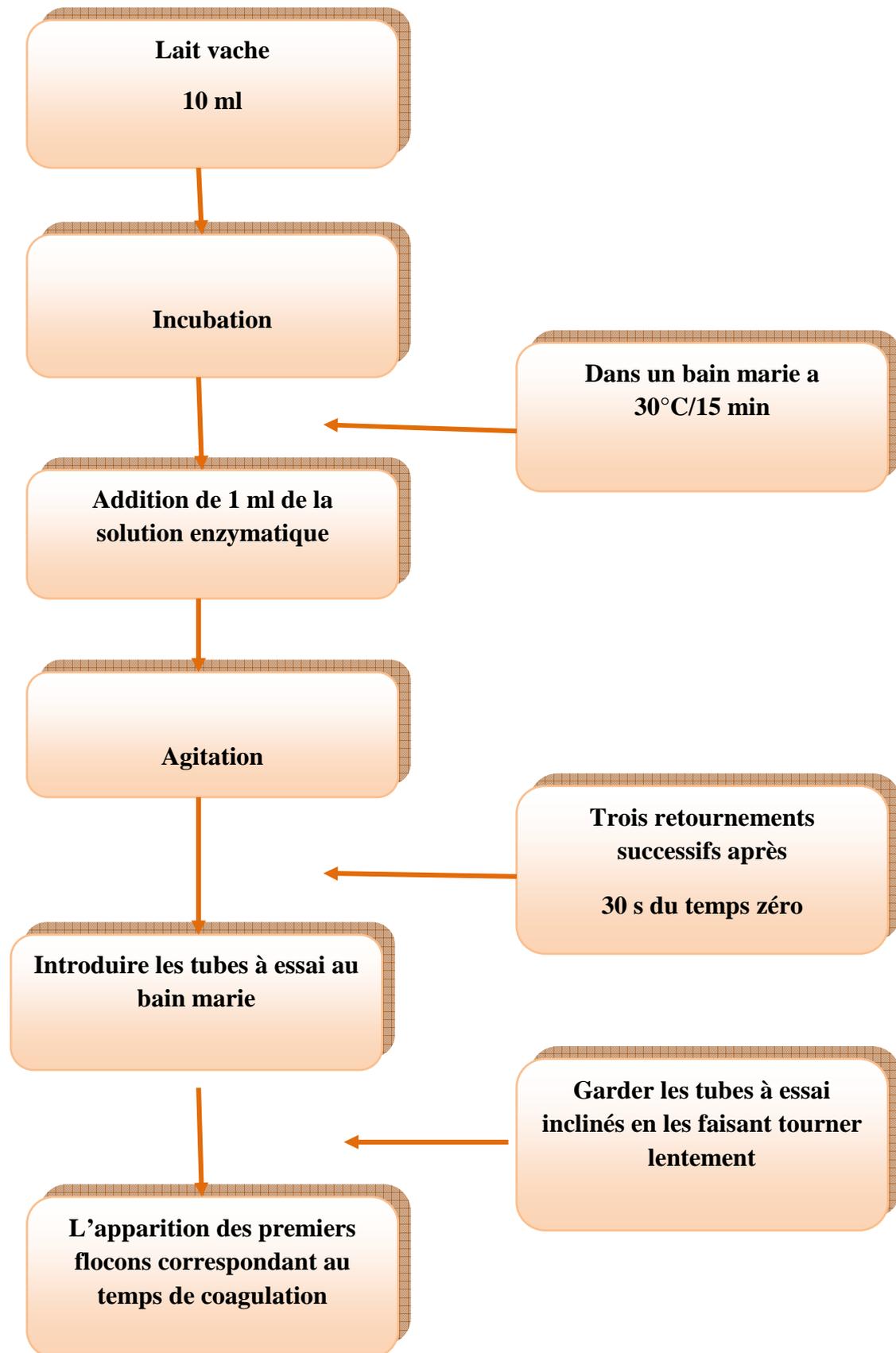


Figure n°14 : Mesure du temps de coagulation par la méthode de **Berridge (1945)** modifié par **Collin et al., (1977)**.



Troisième partie :
Résultats et discussion

1. Effet de la race sur la composition physicochimique du lait et son aptitude à la coagulation

L'analyse statistique effectuée à l'aide du test ANOVA à un facteur, nous a permis d'étudier l'effet de la race sur la composition du lait et son aptitude à la coagulation rappelant que les trois races sont conduites dans les mêmes conditions d'élevages, les résultats obtenus se résument dans le tableau ci-dessus.

Tableau n° 8 : Analyse statistique (test ANOVA à un facteur) des différents paramètres du lait de la race Prim'Holstein et la Montbéliarde et la Fleckvieh

Variable	Moy race 1 ±EC1	Moy la race 2 ±EC2	Moy la race 3 ±EC3	ddl	P
pH	6,596±0,050	6,71±0,059	6,77±0,087	2	0,001
Acidité (°D)	19,83±1,16	19,50±1,18	19,50±0,44	2	0,8
EST (g/l)	128,483±3,43	139,60±12,47	133,48±10,90	2	0,17
ESD (g/l)	80,43±1,51	84,28±3,86	83,85±2,31	2	0,054
Densité	1032±0,001	1031±0,0007	1032±0,0007	2	0,42
Protéines (g/l)	31,36±0,55	32,75±1,42	32,61±0,85	2	0,059
MG (g/l)	41,40±2,95	48,34±10,93	42,70±9,08	2	0,33
TCP (s)	891,317±601,98	636,48±146,89	1989,75±839,07	2	0,003

En rouge, les paramètres correspondant aux valeurs de probabilité significative $p < 0.05$; ddl : degré de liberté ; p : probabilité ; Moy : moyenne ; EC : Ecart-type ; race 1 : la Prim'Holstein ; race 2 : la Montbéliarde ; race 3 : la Fleckvieh.

La comparaison entre les trois races présentée dans le tableau n°8 nous indique que l'effet de la race est significatif ($p < 0,05$) sur le pH (le lait de la Prim'Holstein est plus acide), de même qu'on constate aussi un effet significatif sur le temps de coagulation en faveur de la Montbéliarde.

1.1. Influence de la race sur le pH et l'acidité

Le pH et l'acidité de lait de chaque race sont illustrés dans les figures n° 15 et 16 respectivement ci-dessous.

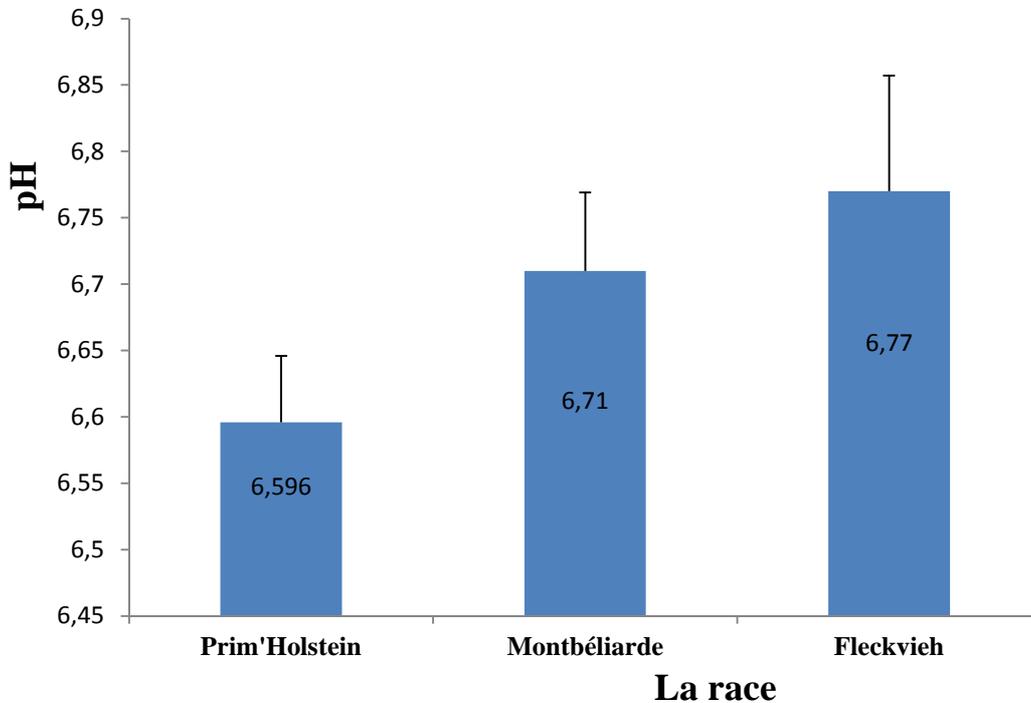


Figure n°15 : Variation du pH en fonction de la race

D'après les figures n° 15 nous pouvons constater, qu'il y a une différence significative entre les valeurs du pH des laits des différentes races de vaches laitières étudiées. En effet, les valeurs moyennes du pH des laits sont de 6,59, 6,71 et 6,77, respectivement pour les laits des races Prim'Holstein, Montbéliarde et de la Fleckvieh.

Selon **Luquet (1985)** et **Thapon (2005)**, un lait normal a un pH légèrement acide. Ceci est dû aux caséines ainsi qu'aux groupements phosphates et citrates présent naturellement dans le lait cru.

D'après la figure n°15, les valeurs moyennes du pH des laits des différentes races sont comprises entre 6,50 et 6,8 et elles sont au voisinage de la neutralité. Ces dernières sont presque toutes dans l'intervalle de conformité par rapport à la norme **AFNOR, (1986)**, (6,6-6,8).

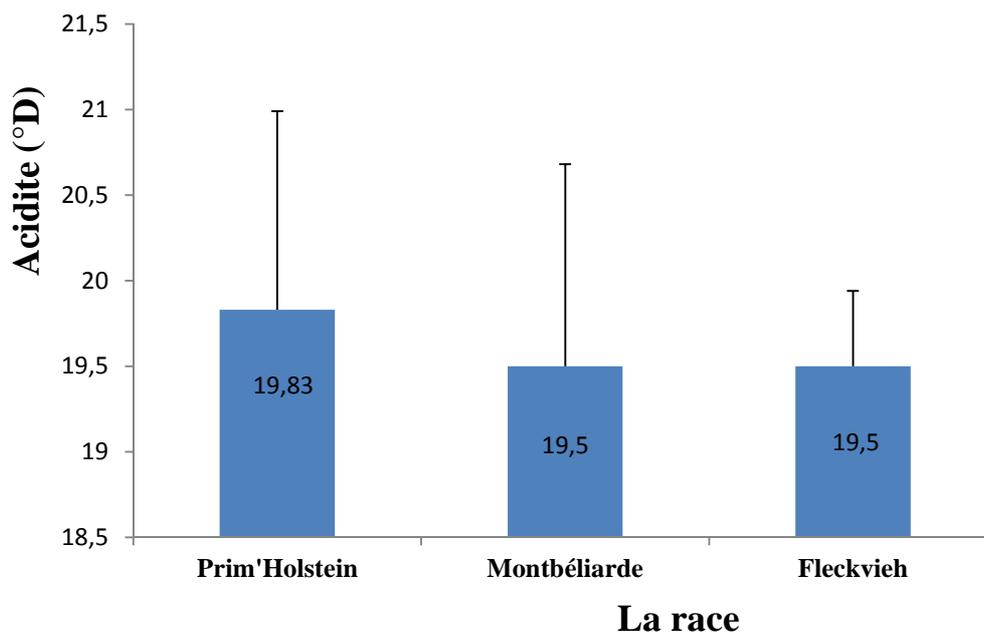


Figure n° 16 : Variation de l'Acidité en fonction de la race

D'après **Alais (1984)**, l'acidité dépend de la teneur en caséines, en sels minéraux et en ions. Selon **Mathieu (1998)**, les variations de l'acidité titrable sont liées au climat, au stade de lactation, à la disponibilité alimentaire, à l'apport hydrique, à l'état de santé des vaches et aux conditions hygiéniques lors de la traite. Selon ces mêmes auteurs l'acidité dépend aussi de la flore microbienne totale et de son activité métabolique, ainsi que de la manutention du lait.

Toutefois, **Kim et al., (1982)**, ont rapporté que l'acidité titrable est la somme de l'acidité naturelle et l'acidité développée. Les constituants du lait qui contribuent à l'acidité naturelle sont les phosphates, les caséines, des autres protéines, les citrates et le dioxyde de carbone.

A cette acidité naturelle s'ajoute l'acidité développée qu'est le résultat d'un développement des bactéries lactiques qui forment de l'acide lactique par fermentation du lactose.

Les valeurs moyennes de l'acidité titrable, comme le montre la figure n° 16 sont de 19,83 pour la Prim'Holstein et de 19,5 pour la Montbéliarde et pour la Fleckvieh. Ces valeurs sont un peu supérieures aux normes **AFNOR, (1986)** (16-18) cela peut être expliqué par la dégradation des principales composants du lait (lactose, protéines et lipides) par les microorganismes et les conditions hygiéniques lors de la traite pendant la réalisation de notre

travail du fait que la traite est effectuée dans un hangar au lieu de l'effectuer à la salle de traite.

1.2. Influence de la race sur la matière grasse

La figure n° 17 montre le taux de la matière grasse du lait issue des différentes races bovines.

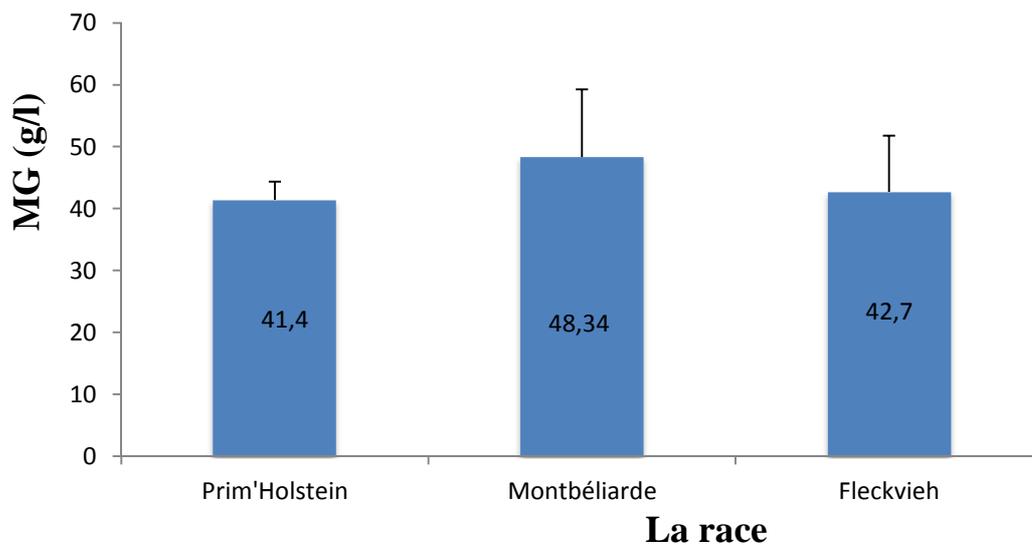


Figure n°17: Variation du taux de la matière grasse en fonction de la race

Le taux butyreux est un critère relativement variable d'un jour à l'autre car il est fortement lié à la traite et il est parmi les solides du lait le plus rapidement modifiable par l'alimentation (Coulon, 2005). Aussi des facteurs intrinsèques (race, niveau de production, stade de lactation) et des facteurs extrinsèques (saison, température, techniques d'alimentation) peuvent engendrer des variations du taux butyreux (Wolter, 1994).

Selon Sebedio (2008), le lait de vache contient entre 30 g/l et 50 g/l de matières grasses. A partir de la figure n°17, nous remarquons que la teneur en matière grasse chez la race Montbéliarde est plus importante avec 48,34 g/l que les deux autres races avec 42,7 g/l et 41,4 g/l respectivement pour la Fleckvieh et la Prim'Holstein.

Ces résultats sont en contradiction avec les travaux de Cauty et Perreau (2003), qui ont trouvé que les vaches de race Holstein produisent un lait plus riche en matières grasses que celles de la race Montbéliarde.

Par ailleurs ces valeurs sont supérieures à celle citée par **Alais (2003)**, qui est de 34 g/l. Elles sont aussi supérieures à l'intervalle donné par **Vierling (1999)**, qui est de 34-42 g/l, sauf pour la Prim'Holstein qui est dans cet intervalle.

Il existe de grands écarts dans la composition du lait d'une race à une autre, et surtout dans le taux de la matière grasse (**FAO, 1998**). La race des vaches présente un facteur important de variation des teneurs en matières grasses, cela est confirmé par plusieurs auteurs (**Jensen et al., 1999 ; Chilliard et al., 2000 ; Sollberger et al., 2004**).

Ces taux élevés de matière grasse pour les trois races est dû probablement à l'alimentation, il est peut être favorisé par la mise à l'ensilage de maïs et sorgho et la richesse de la ration en fourrages verts (luzerne) ainsi que le concentré de vaches laitières qui ont permet d'augmenter la fibrosité de la ration et l'augmentation des quantités ingérées liées à la stimulation de l'appétit et par conséquent l'augmentation du taux butyreux du lait (**Labarre, 1994**), surtout pendant la période fin avril et début mai qui correspond à la période de notre étude.

Parallèlement il est à noter aussi que le taux butyreux diminue en début de lactation pour atteindre un minimum au bout d'environ six semaine, puis remonte progressivement jusqu'en fin de lactation (**Croguennec et al., 2008**). Et cela peut expliquer nos résultats du fait que les vaches expérimentales sont pour la majorité en fin de lactation.

Selon **Martin et al., (2000)**, le lait produit par la vache Montbéliarde est plus riche en matière grasse que celui produit par les vaches Holstein et cela est en accord avec nos résultats.

Par ailleurs **Pougheon et Goursaud (2007)**, affirment que la sélection sur les quantités de lait lui réduit sa richesse, alors que la sélection sur les quantités de la matière grasse permet de maintenir les taux à un niveau génétique plus constant.

1.3. Influence de la race sur la densité

La figure ci-dessous montre les valeurs moyennes de la densité de chaque race.

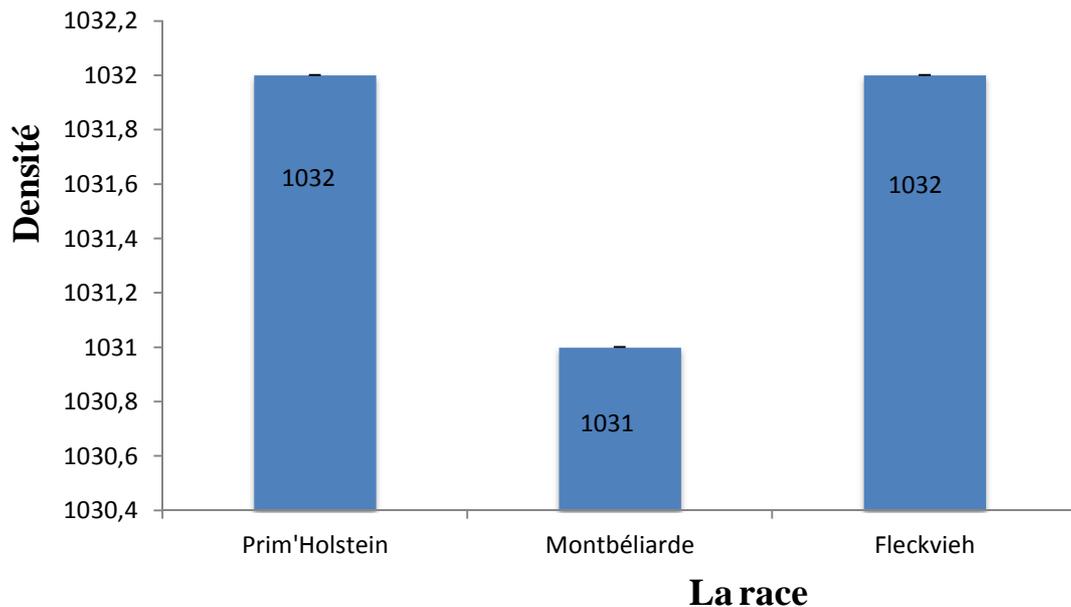


Figure n°18: Variation de la densité en fonction de la race

D'après les résultats que nous avons obtenus lors de nos différentes analyses la figure ci-dessus indique une différence entre les densités du lait des races étudiées, avec des valeurs de la densité de 1032 pour la Prim'Holstein et pour la Fleckvieh, 1031 pour la Montbéliarde.

D'après **Mathieu (1998)**, la densité dépend de la teneur en matière sèche et en matière grasse. La densité du lait varie selon la proportion d'éléments dissous ou en suspension, et elle est inversement proportionnelle au taux de matières grasses (**Pirisi, 1994**). C'est ainsi qu'un lait écrémé peut avoir une densité à 20°C supérieure à 1035 (lait de vache). De même l'addition d'eau fait tendre la densité vers 1 (densité de l'eau), mais un lait écrémé et mouillé peut présenter une densité normale (**Pirisi, 1994**).

D'après (**Alais 1984**), une faible densité reflète la richesse en matières grasses des laits mis en œuvre, ceci peut expliquer la différence de la densité du lait de la race Montbéliarde qui est moindre par rapport aux laits des deux autres races (Prim'Holstein et Fleckvieh).

Néanmoins les valeurs moyennes de la densité pour les différents laits issus des trois races sont en conformité avec les normes **AFNOR (1986)**, qui sont de 1028 à 1035. Ainsi que pour les normes indiquées par **Veisseyre (1979)**, qui est de 1030 à 1034.

1.4. Influence de la race sur Le taux protéique

La figure n° 19 montre les teneurs en protéine des laits analysés

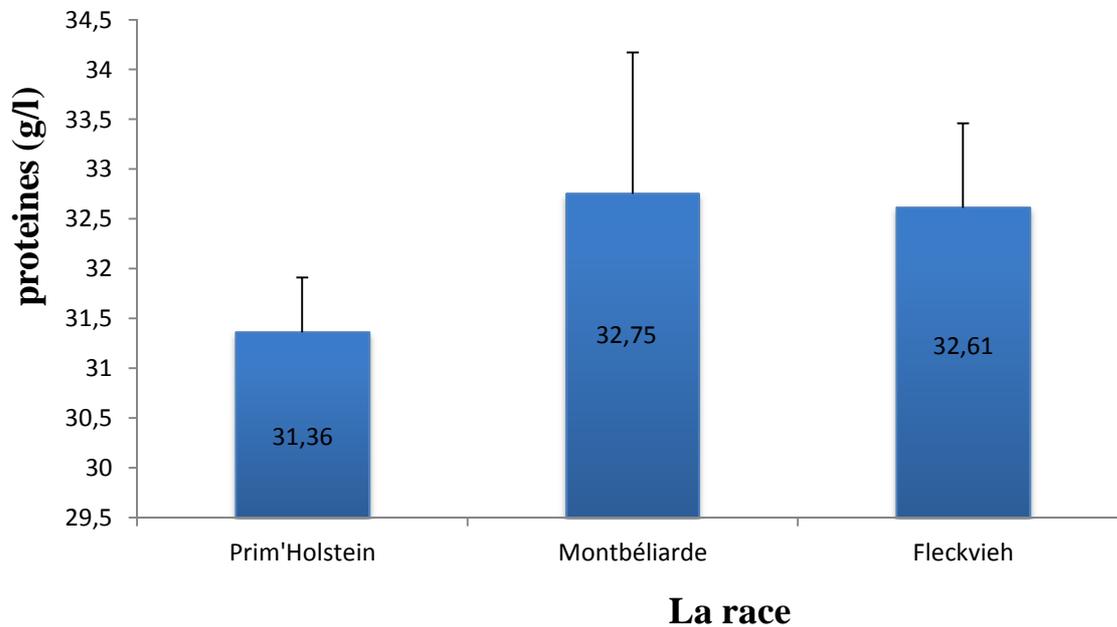


Figure n° 19 : Variation du taux de protéines en fonction de la race

Les résultats illustrés dans la figure n° 19 indiquent une teneur moyenne en protéines totales égale à 32,75 g/l pour la Montbéliarde qui est plus importante que les deux autres races avec 32,61 g/l pour la Fleckvieh et de 31,36 g/l pour la Prim'Holstein.

Il est important de noter que la quantité de lait produite durant notre étude est plus élevée chez la Prim'Holstein par rapport aux deux autres races la Fleckvieh et la Montbéliarde (voir tableau n°7). En revanche cela peut expliquer le taux élevé des protéines chez la Montbéliarde. (Taux de protéines plus élevé, quantité de lait moindre chez la Montbéliarde).

Ces résultats sont en accord avec les travaux de **Benaïcha et Sahi (2009)** ; **Meribai (2010)** et **Lerari et Idiri (2011)**, qui ont trouvé le taux de protéines en faveur de la race Montbéliarde par rapport à la Holstein. Cette différence des taux protéiques peut être expliquée par la différence de race des vaches, selon (**Froc et al., 1988** ; **Machboeuf et al., 1993** ; **Malossini et al., 1996** ; **Auldish et al., 2002** ; **Mistry et al., 2002**) les vaches de race Normande, Montbéliarde ou Brune des Alpes produisent un lait plus riche en protéines que celui des vaches Holstein conduites dans les mêmes conditions d'élevage.

Ces valeurs obtenues sont en dessous des proportions citées par **Snowdown (1992)**, et **Coulon et al., (1998)**, qui sont de 31,9 g/l pour le lait de la Holstein, de 34,5 g/l et 34,1 g/l respectivement pour les laits des races Brune des Alpes et Montbéliarde.

Les valeurs obtenues de la race Montbéliarde sont supérieures à celles trouvées par **Cauty et Perreau (2003)** qui ont rapporté que les teneurs en protéines du lait de vache Montbéliarde sont de 32,4 g/l.

Selon **Vierling (1999)**, la teneur en protéines dans un litre du lait de vache est comprise entre 31,8 et 38,2g/l. tandis que, **Fredot (2006)**, estime la teneur moyenne des protéines à 34,4g/l et **Vignola (2002)**, évalue la concentration moyenne des protéines à 32g/l. en effet le taux protéiques est une composante du lait qui varie selon trois grandes catégories de facteurs génétiques, physiologique et alimentaire (**Agabriel et al., 1990**).

Il a été établi que certaines races sont plus prédisposées que d'autres à produire un lait riche en protéines (**Pissary et Dezendre 2006**). Selon **Alais et Linden (1994)** et **Rémond (1998)**, les races Jersey, Guenesey et Montbéliarde se distinguent par des laits plus riches en protéines que les laits produits par les races Holstein et Ayrshire.

1.5. Influence de la race sur l'extrait sec total et l'extrait sec dégraisse

Les figures n° 20 et 21 illustrent le taux de l'EST et de l'ESD des échantillons du lait analysé.

La matière sèche totale ou extrait sec total peut nous renseigner sur la valeur nutritive du lait, c'est le produit résultant de la dessiccation du lait. Sa teneur varie entre 125 g/l à 135 g/l (**Alais et al., 2003**).

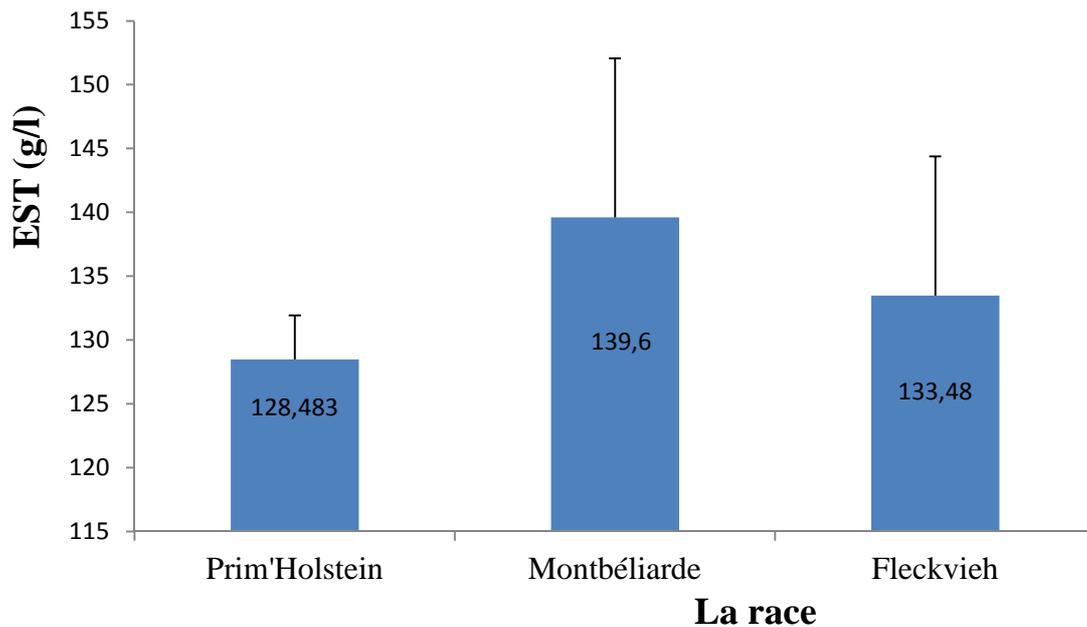


Figure n° 20: Variation du taux de l'EST en fonction de la race

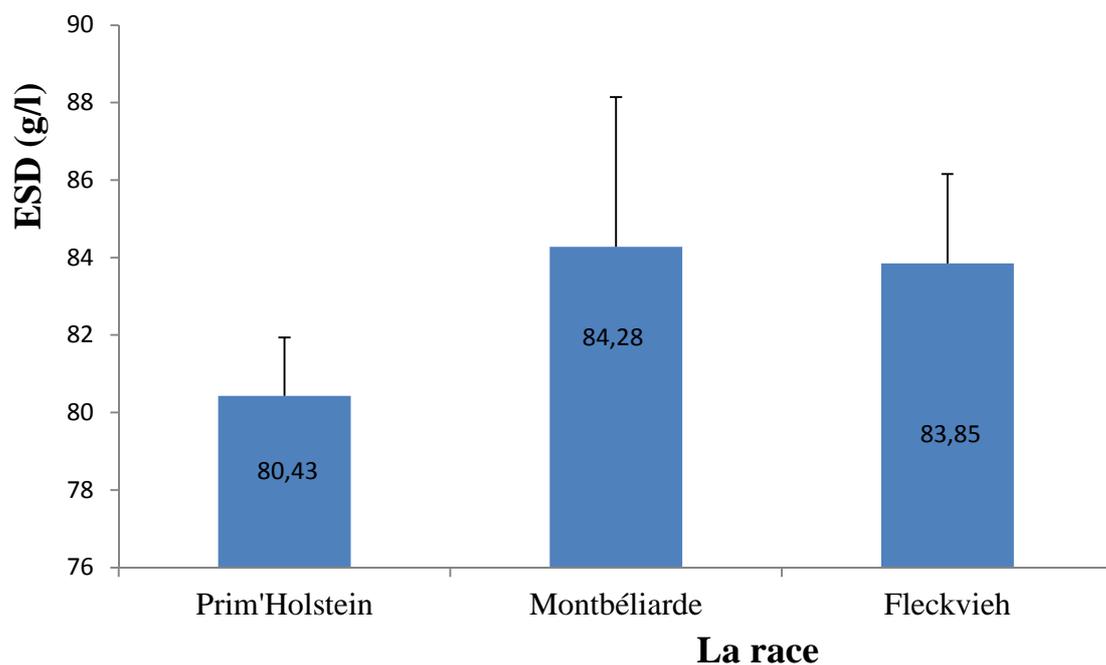


Figure n° 21 : Variation de l'ESD en fonction de la race

D'après les résultats du tableau n°8 représentés par la figure n° 20, nous remarquons que la teneur en extrait sec total des laits est importante chez la Montbéliarde avec 139,6 g/l par rapport à la Fleckvieh et la Prim'Holstein qui ont respectivement un extrait sec total de

l'ordre de 133,48 g/l et 128,48 g/l et que la teneur en extrait sec dégraissé est importante aussi chez la Montbéliarde avec 84,28 g/l par rapport à la Fleckvieh avec 83,85 g/l et la Prim'Holstein avec 80,43 g/l. Et cela confirme nos résultats en matières grasses et en protéines qui sont élevées dans le lait des vaches de la race Montbéliardes et à des taux moindres chez les vaches des deux autres races : Prim'Holstein et Fleckvieh.

Dans ce sens **Croguennec et al., (2008)**, ont indiqué que l'augmentation ou la diminution de l'extrait sec total est en relation directe avec la variation notamment du taux protéique et du taux butyreux.

L'analyse de la matière sèche totale illustrée dans la figure n°20 montre que les laits des différentes races dépassent la norme **AFNOR (1986)**, qui est de 120-125 g/l. Mais selon **Vierling (1999)** et **Alais (2003)**, l'extrait sec total du lait de vache se situe entre 125 à 135 g/l. Ces taux élevés de l'extrait sec total nous indiquent sur un bon rationnement de ces vaches et/ou leurs rations qui sont enrichies par d'autres aliments concentrés (céréales) que l'herbe, et cela est illustré dans la partie précédente. Comme ils peuvent être expliqués par les quantités de lait moins importantes produites par les vaches expérimentales sous l'influence du stade de lactation. Sachant que la majorité de ces vaches sont au 6^{ème} mois de lactation correspondant à la fin de cette dernière où les taux sont importants que la sécrétion de lait est plus faible (**Coulon et al., 1997**).

Selon **Hassainya et al., (2007)**, la race Holstein se caractérise par la production d'un lait dilué ceci explique la faible teneur en extrait sec total chez cette dernière par rapport aux deux autres races.

Pour la Montbéliarde la valeur de l'extrait sec total est supérieure à la norme qu'est de 125 à 135 g/l, cela peut être dû à l'effet de la race. Selon **Martin et al., (2000)**, les vaches de race Montbéliarde ont un lait plus riche en matières protéiques et en matières grasses que celui de la race Holstein.

1.6. Influence de la race sur l'aptitude à coagulation par la présure

Dans de grands pays producteurs de lait, une grande proportion de la production laitière est destinée à la fabrication du fromage (**Jôudu et al., 2008**), cependant l'aptitude à la coagulation du lait est un facteur déterminant de la quantité de fromage et de sa qualité, elle dépend en partie de la composition chimique du lait (**Macheboeuf et al., 1993**).

La figure n° 22 montre la variation de temps de coagulation par la présure en fonction de la race.

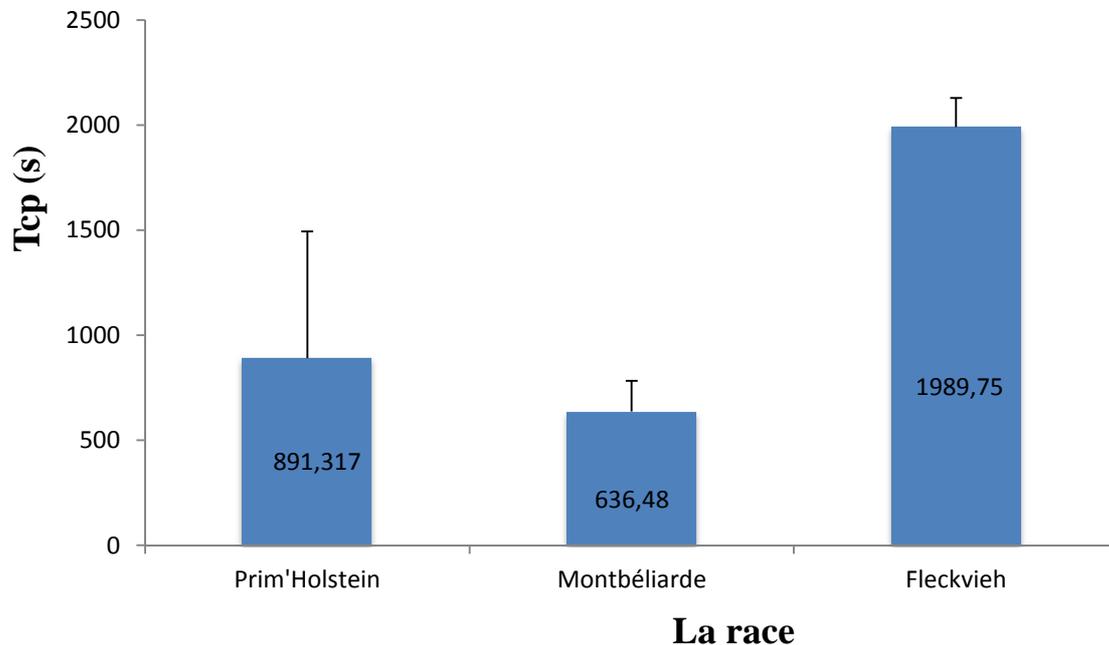


Figure n° 22 : Variation du temps de coagulation par la présure en fonction de la race

L'aptitude à la coagulation exprimée dans notre étude par le temps de coagulation a enregistré un effet significatif en faveur de la race Montbéliarde.

D'après la figure n° 22, on constate que le temps de coagulation par la présure est plus court chez la race Montbéliarde que chez les deux autres races (la Prim'Holstein et la Fleckvieh), cela malgré que le lait des vaches Prim'Holstein est un pH plus bas. Le pH d'emprésurage joue un rôle important sur les caractéristiques du gel, le temps de coagulation et la vitesse du raffermissement. Au pH inférieur au pH du lait, le temps de coagulation est plus court et le gel plus ferme. L'accroissement de la vitesse de coagulation par abaissement de pH s'accompagne d'une augmentation sensible de la vitesse de raffermissement du gel et de la fermeté maximale sauf si l'on se situe à un pH inférieur à 6 (**Brule et Lenoir, 1984**). A ce pH, la caséine se déminéralise et la désagrégation de la structure micellaire est accrue jusqu'à devenir totale à pH 5.2 à 40°C. En revanche à un pH supérieur à 7, il n'y a plus de coagulation ; en effet, l'enzyme est rapidement inactivée (**Eck, 1990**).

D'après ces résultats, le temps de coagulation est mieux apprécié chez la race Montbéliarde, ceci est vraisemblablement à la teneur en protéines de leur lait qui est plus

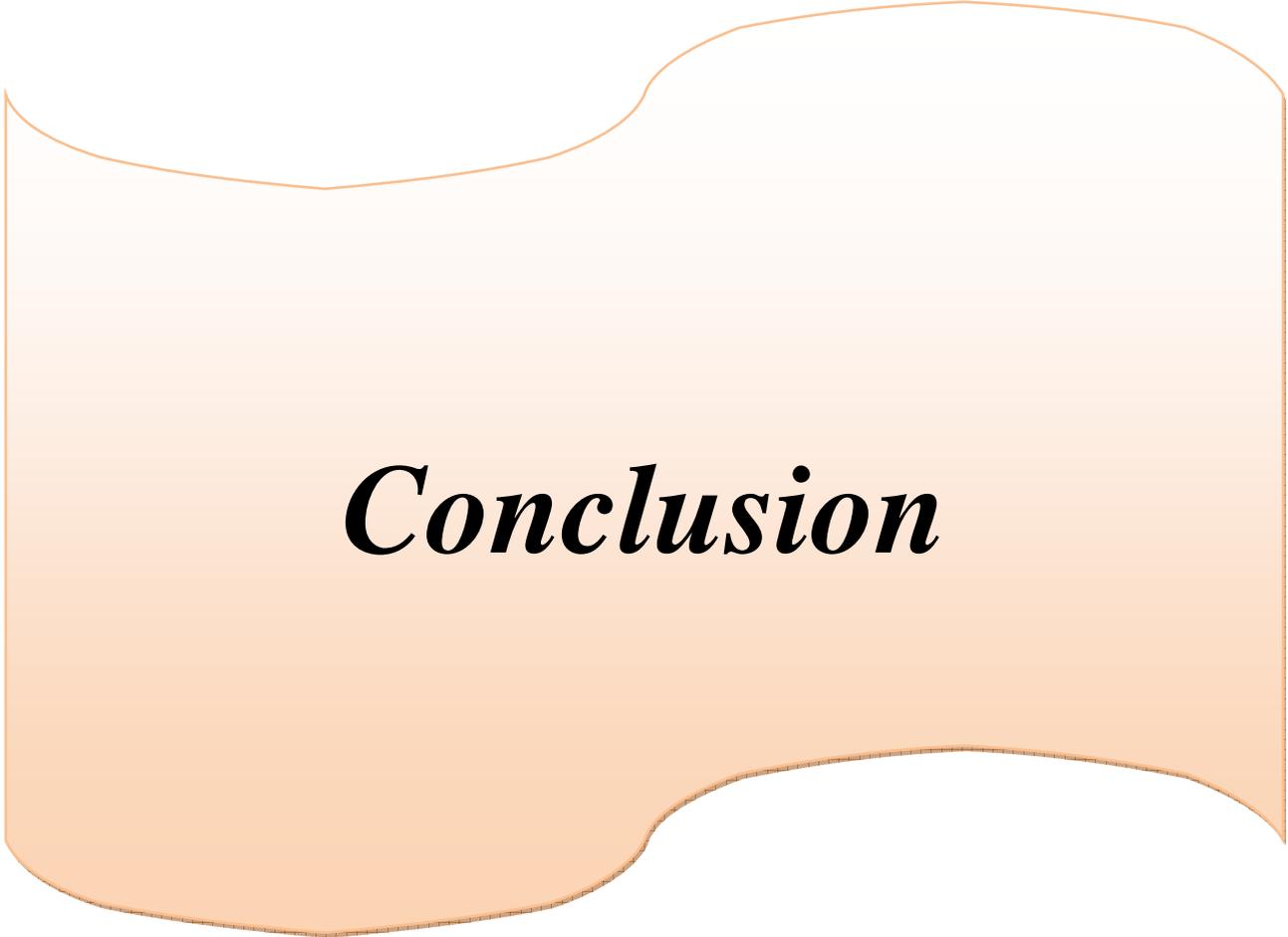
important par rapport à la Prim'Holstein et la Fleckvieh. Par contre en remarque que la race Fleckvieh enregistre un temps de coagulation plus important que la Prim'Holstein, malgré que son lait présente des taux plus important en matières grasses, en protéines et en matières sèches par rapport au lait des vaches de la race Prim'Holstein. Cela peut être expliqué par le taux de caséines de son lait qui est important.

Martin et al., (2000), ont rapporté que les vaches de la race Montbéliarde ont un lait plus riche en matières protéiques que celui de la race Holstein et il est de ce fait caractérisé par une meilleure aptitude à la coagulation que celui de la race Holstein et au rendement fromager.

De même que les taux de caséines et de calcium ont été supérieurs chez la Montbéliarde et chez la tarentaise comparativement aux pie noirs (**Macheboeuf et al., 1993**).

Les travaux réalisés pour évaluer l'effet des caractéristiques génétiques sur l'aptitude à la transformation fromagère du lait ont aussi montré que l'aptitude à la coagulation du lait (temps de raffermissement et fermeté du gel mesurés à l'aide d'un Formagraphe) des vaches Holstein était inférieur à celle du lait des vaches Montbéliardes et Tarentaises (**Macheboeuf et al., 1993 ; Malossini et al., 1996 ; Auldist et al., 2002 ; Mistry et al., 2002**).

Selon (**Macheboeuf et al, 1993**), l'aptitude à la coagulation du lait est meilleure chez les Montbéliardes surtout en raison du taux de caséines plus élevé. Ceci peut expliquer la variation observé dans nos échantillons.



Conclusion

Conclusion

Le travail entrepris avait pour objectif l'étude de l'effet de la race bovine sur la qualité physicochimique du lait et son aptitude fromagère.

A cet effet l'étude a été effectuée sur trois races : La Prim'Holstein, la Montbéliarde et la Fleckvieh conduites dans les mêmes conditions d'élevage à l'exploitation de Draa Ben Khedda.

Au terme de l'expérience menée au sein de l'exploitation et les différentes analyses physico-chimiques ainsi que les tests de l'aptitude à la coagulation réalisés sur le lait issu des différentes vaches, nous avons pu aboutir à un certain nombre de conclusions qui répondent à l'objectif du départ.

Cette étude a confirmé des variations dans la qualité physicochimique du lait et son aptitude à la coagulation entre les différentes vaches étudiées en fonction de la race.

Par ailleurs ces résultats obtenus suite aux différentes analyses effectuées ont montré que les laits issus des trois races étaient de bonne qualité physico-chimique puisque la quasi-totalité des paramètres répondent aux normes.

La race semble avoir un rôle important sur le pH du lait et moins important sur son acidité.

Pour tous les constituants analysés, le lait des vaches Montbéliardes est en moyenne plus riche en matière grasses, en protéines et en extrait sec dégraissé par rapport aux laits produits par les vaches des deux autres races (Prim'Holstein et Fleckvieh).

Concernant l'aptitude à la coagulation, la race influence significativement sur les temps de coagulation. Le lait issu des vaches Montbéliardes présente les temps de coagulation les mieux appréciés, en raison des teneurs plus élevées en matières sèches, matières grasses et protéines.

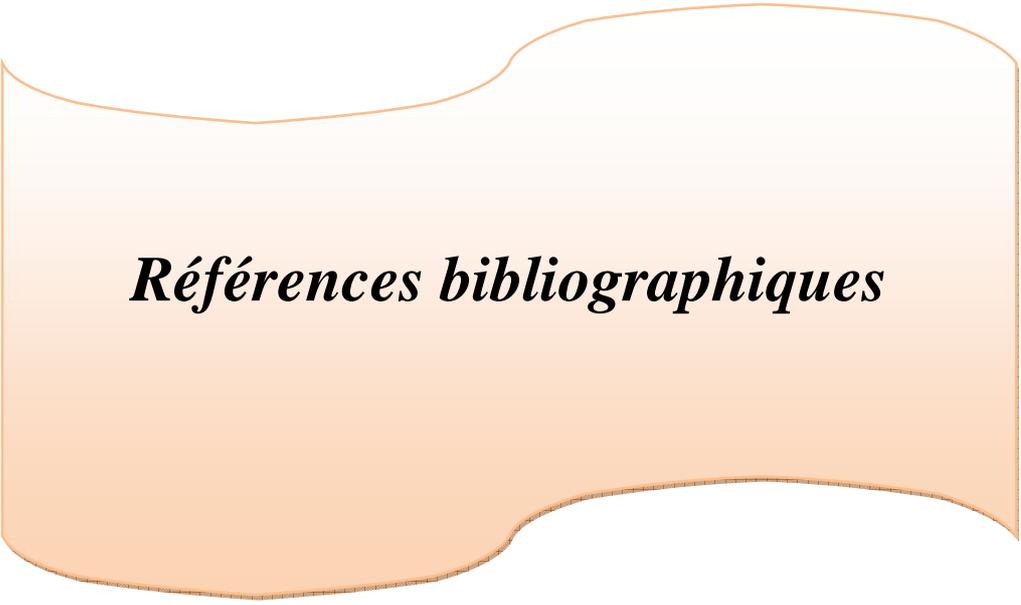
Nous pouvons ainsi conclure de notre étude et à l'issue des différents types d'analyses effectuées que la Montbéliarde est la meilleure race avec un lait plus riche, de bonne qualité et une aptitude fromagère meilleure.

A ce stade de l'étude les résultats obtenus mettent en évidence que les objectifs tracé au départ sont atteint et nous renseigne que l'effet lié à la race sur la qualité, la composition et sur l'aptitude à la coagulation est bien réelle.

Dans l'avenir, cette étude pourrait être reprise et complémentée par d'autres analyses approfondies. Ainsi on préconise comme perspectives :

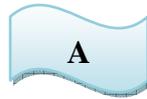
- L'étude des profils en acides gras des laits des différentes races.
- L'étude de la fraction caséiques des laits des différentes races.
- L'étude du ratio TP/TB du lait.
- Envisager des essais de fabrication de fromage à partir des différents laits.
- L'étude et le suivi de la production laitière, la qualité des différents laits et leurs aptitudes à la coagulation durant toute la période de lactation.
- L'étude de l'effet du numéro lactation sur la qualité du lait et son aptitude fromagère en travaillant sur les mêmes vaches durant deux lactations successives.
- La recherche de l'effet du stade de lactation sur la qualité du lait et son aptitude fromagère.

En outre, vu les valeurs alimentaires et les grandes qualités nutritionnelles du lait et fromage ainsi que leurs large consommation il serait plus intéressant de faire des études sur l'influence de type du lait (lait de vache, lait de chèvre, lait de chamelle) sur la qualité du lait et son aptitude fromagère.



Références bibliographiques

Références bibliographiques

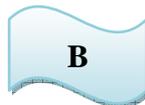


- 1- **Abbas K., Madani., 2005.** Renc. Rech. Ruminants. Place des systèmes de production animale en zone semi-aride algérienne : transformation et tendances dans la région de sétif, Vol. 12, p.208.
- 2- **Adamou S., Bourennane N., Haddadi F., Hamidouche S., Sadoud S., 2005.** Quel rôle pour les fermes-pilotes dans la préservation des ressources génétiques en Algérie? Série de Documents de Travail N° 126 Algérie - 2005.
- 3- **AFNOR, 1986.** Contrôle de qualité des produits laitiers, Paris, AFNOR, 220p.
- 4- **Agabriel C., Coulon J.B., Marty B., Cheneau N., 1990.** Factures de la variation du taux protéique du lait de vache. Prod. Anim., INRA., 3(2). Pp. 137-150.
- 5- **Akli.A et Nait Mouloud.H., 2002.** Contribution à l'étude de la production de la viande bovine dans la wilaya de T.O. thèse d'ing. Institut d'agronomie. U.M.M.T.O, 141 pp.
- 6- **Alais C., 1974.** Science du lait. Principes des techniques laitières. Paris, Ed. SEPAIC. 3° Edition. 887p.
- 7- **Alais C., 1984.** Science du lait, principes des techniques laitières. Ed.sepaic.paris.68P.
- 8- **Alais C., Linden G. 1997.** Abrégés. Biochimie alimentaire. Ed. Masson, paris.248p.
- 9- **Alais C. et Linden G. (1994),** Biochimie alimentaire – 3e édition, Masson, Paris, 244p
- 10- **Alais C., 2003.** Abrégé en biochimie alimentaire. Paris, Dunod, 250P.
- 11- **Alais C., Linden G. et Miclo L. (2008).** Biochimie alimentaire, Dunod 6emeédition. Paris. pp : 86-88.
- 12- **Alves de Oliveira L.** (Page consultée le 30 septembre 2006), Site de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon, [en ligne]. Adresse URL : <http://www.vet-lyon.fr/ens/nut/webbromato/cours/cmlait/cmsomlai.html>
- 13- **Amiot J., Fournier S., Lebeuf Y., Paouin P., Simpson R et Turgeon H., (2002).** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait *In Vignola C.L*, Science et technologie du lait – Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, ISBN:3-25-29 (600 pages).

14- Anonyme, 2016. Centre national de l'informatique et des statistiques de douanes.

15- Araba A., 2009. L'alimentation de la vache laitière pour une meilleure qualité du lait : Comment augmenter les taux butyreux et protéiques du lait. Transfert de technologie en agriculture, n°142, p.p. 1-3.

16- Auldist M.J., mullins C., O'rirea., O'kennedy B.T., Guine T., 2002. Effect of cow breed on milk coagulation properties, michwissens chaft, Vol.57, pp. 140-143.



17- Bazin S., 1985. La conduite des vaches laitière du tarissement au pic de lactation. ED.ITEB (paris).

18- Belhadi N., Chérif N., 2003. Etude de quelques facteurs de variation de la production et des qualités physico-chimiques du lait de vache. Thèse. Ing. agro. Tizi ousou. 76p.

19- Benaïcha L., Sahi., influence de la race sur la composition du lait bovin. Essai de fabrication d'un fromage avec un succédané de présure (pepsine ovine).Mem.Ing.Agro., institut national agronomique, El Harrach (Alger).141p.

20- Benyoucef M.T., 2005. Diagnostic systématique de la filière lait en Algérie : organisation et traitement de l'information pour l'analyse des profils de livraison en laiteries et des paramètres de production des élevages. Thèse. Doc. INA., El-Harrach (Alger), 589p.

21- Berridge H.J., 1945. Enzymes and coagulation, I: nilb coagulation. Tree enzymes, academic press, new, yoslb, (1079-1105)p.

22- Boudier J.F., Luquet F.M., 1981. Dictionnaire laitier. 2^{ème} éd, Paris, technique et documentation-Lavoisier, Paris, 220p.

23- Bouix M. et leveau J.Y. 1999. Production des enzymes d'origine microbienne. In biotechnologie (SCRIBAN R.). Edition technique et documentation Lavoisier, paris, 5^{ème} édition. P 344-363.

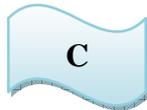
24- Bourgeois C., Mescle J.F. et Zuzam., 1990. Microbiologie Alimentation ; Aspects microbiologiques de la sécurité et de la qualité alimentaire. Techniques et Documentation, Lavoisier, Paris, 422p.

25- Brule G. 1981. Les minéraux du lait. Revue laitière française, 400, 61-66.

26- Brule G., Lenoir J., 1984. In : Eck A. 1984. Le fromage : La coagulation du lait .Paris,Technique et documentation.538p.

Références bibliographiques

- 27- Brule G. et Lenoir J. 1990.** La coagulation de lait. In fromage (ECKA.). 2^{ème} édition. Technique et documentation Lavoisier, paris, p 1-21.
- 28- Brule G., Lenoir J. et Remeuf F. 1997.** La micelle de caséine et la coagulation du lait. In : le fromage de la science a l'assurance-qualité (ECK A.). 3^{ème} édition. Technique et documentation Lavoisier, paris, p7-41.
- 29- Bylund G., (1995).** Dairy processing handbook-Tetra pak processing systems AB S-221 86, Lund, Sweden : 18-23-381(436 pages).



- 30- Carole L, Vignola, 2002.** science et technologie du lait P349
- 31- Cauty I., Perreau J.M., 2003.** La conduite du troupeau laitier. Paris, France agricole. 288p.
- 32- Cheftel J.C., Cheftel H., 1980.** Introduction a la biologie des aliments. Tome 2. Techniques et documentation. Lavoisier, p.p. 54-60.
- 33- Cheftel J.C., Cuq J.L. et Lorient D. 1985.** Protéines du lait. In : biochimie : protéines alimentaires. Propriétés fonctionnelles, valeur nutritionnelles, modifications chimiques, édition technique et documentation Lavoisier, paris, p156-189.
- 34- Cerning J., Ripon J.C. et desmazeaud M.J., 1984,** utilisation des enzymes dans l'industrie laitière. 992 , 10-21
- 35- Chillard Y., Ferlay A.,Doreau M.,2000.** Rumunant milk fat plasticity: nutritionnel control of saturated, polyunsaturated, Trans and conjugated fatty acids. Ann. Zootech., 49,p.p. 181-205
- 36- Choisy C., Desmazeand M., Gripon J.C. Lambert G., Lenoir et Colette tourneur. 1987.** Les phénomènes microbiologiques et enzymatiques et la biochimie de l'affinage.in : le fromage (ECK A) 2^{ème}édition technique et documentation Lavoisier, paris, p62-96.
- 37- Chow R.B., Kassell B., 1986.** Bovine pepsinogen and pepsin. In: isolation, purification and some properties of the pepsinogen. The journal of biological chemistry. Vol. 243, n°8, pp. 1718-1724.
- 38- Chupin D., 1974.** Lactation et reproduction. In : la conduite du troupeau de la réduction, les journées d'informations. ITEB, UNCEIA, Ed. ITEB (paris). Pp : 88-96.
- 39- Collin J.C., Grappin R., Legraet Y., 1977.** Etude de la méthode de mesure, selon Berridge, du temps de coagulation. Revue laitière françaises, pp.329-394.

- 40- Coulon J.B., Remond B., 1991.** Réponses de la production et de la composition du lait de vache aux variations d'apport nutritifs. INRA. Prod. Anim. 4 (1) : 49-56
- 41- Coulon J.B., Hauwuy A., Martin B., Chamba J.F., 1997.** Pratique d'élevage, production laitière et caractéristiques des fourrages dans les alpes du nord. INRA Prod. Anim. Vol. 10, n°3, PP. 195-205.
- 42- Coulon J.B., Hurtaud C., Remond B., Verité R., 1998.** Facteurs de variation de la production de caséines dans les protéines du lait de vache. INRA, Prod. Anim., Vol.11,n.4, pp.299-310
- 43- Coulon J.B., 2005.** Facteurs de production et qualité sensorielle des fromages. INRA, Prod. Anim. Vol. 18, n°1, PP. 49-62.
- 44- Courtet Leymarios F, 2010.** Qualité nutritionnelle du lait de vache et de ses acides gras. Voies d'amélioration par l'alimentation.
- 45- Craplet C., Thibier M., 1973.** La vache laitière. 2^{ème} édition vigot frères, 707p.
- 46- Croguennec T., Jeantet R., Brule G., 2008.** Fondements physicochimiques de la technologie laitière. Paris, Lavoisier, 161p.
- 47- Cuvellier G.F. 1999.** Production des enzymes d'origine animale et végétale. . In biotechnologie (SCRIBAN R.). Edition technique et documentation Lavoisier, paris, 5^{ème} édition. P 344-363.

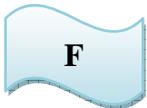


- 48- Dahl G. E., Wallace R. L., Shanks R. D. et Lueking D., 2004.** Hot Topic: Effects of frequent milking in early lactation on milk yield and udder health. *J. Dairy Sci.* 87, p.p. 882- 885.
- 49- Desmaseaud M. 1990.** Les enzymes utilisées en industrie laitière. In : lait et produit laitiers. Vache, brebis, chèvres tome 2 (Luquet M.F.). Technique et documentation Lavoisier, paris, p 582-603.
- 50- Durand V.L., 2001.** Maîtrise de la technique alimentaire de la vache laitière : production laitière. Site : <http://reneod2.free.fr/cours/lait08,10doc>



E

- 51-Eck A., 1990.** Le fromage.Ed.Techniques et documentation, Lavoisier, Paris,2^{ème} ed.,539p.
- 52-Eddebarh A., 1989.** Systèmes extensifs d'élevage bovin laitier. Options Méditerranéennes, Série A, Séminaires Méditerranéennes n° 6, 123-133.
- 53- El Watan, 2011.** Industrie du lait en Algérie, [https ://www.algerie-dz](https://www.algerie-dz).



F

- 54-FAO, 1998 :** lait et produits laitiers dans la nutrition humaine. Alimentation et nutrition .n.28.271P.
- 55- FAO, 1995.** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Rome FAO.
- 56-Faye. (1997)-** Profils sanitaires en élevage bovin laitier ; Mise en relation avec une typologie d'exploitations. Etude et recherche sur les systèmes agraires et le développement, 21, Ed. INRA/SAD, 13 47
- 57-Feliachi K., Kerboua M., Abdelfettah M., Ouakli K., Selheb F., Boudjakji A., Takoucht A., Benani Z., Zemour A., Belhadj N., Rahmani M., Khecha A., Haba A., Ghenim H., 2003.** Rapport National sur les Ressources Génétiques Animales : Algérie. Octobre 2003.
- 58-Fredot E., 2006.** Connaissance des aliments bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. Paris, Lavoisier, 397p.
- 59-Frenot M. et Vierling E. 1997.** Biochimie des aliments. Diététique du sujet bien portant. Doin éditeurs, Paris, p 137.
- 60-Froc J., Gilibert J., Daliphar T., Durand P., 1988.** Composition et qualité technologique des laits des vaches Normandes et Pie- Noires : effet de la race. Inra.Prod.Anim., 1, P.P.1



G

- 61- Gaucher,I. 2008.** Caractéristiques de la micelle de caséines et stabilité des laits : de la collecte des laits crus au stockage des laits UHT, thèse INRA / Agrocampus Sci. Tech. Lait et œuf .agrocampus Rennes

62- Google earth, 2016

63- Goursaud J., 1999. Réacteurs enzymatiques à enzymes libre et à enzymes immobilisée. In : Scriban R., Biotechnologie. Paris, Lavoisier, pp 365-390.

64- Grupp.T., 2002. Proudon polled-the future "polled fleckvieh"
<http://www.felechvieh.welt/World/FVW-2002/21-23>

65- Google earth, 2016



66- Haddadi S et Chekhir C., 2005. Conduite d'élevage et facteurs de variation de la production et de la qualité du lait dans des élevage de la wilaya de Tizi Ouzou.

67- Hadjem N, 2002. Contribution à l'analyse de la conduite de l'élevage bovin laitier de la ferme pilote de deraa ben kheda. Institut national agronomique, el harrach (Alger), P132.

68- Hassainyia J., Padilla M., Tozanlis., 2007. Lait et produits laitiers en méditerranée : des filières en pleine restructuration. Ed karthala. Paris. 380p



69- INRA., 2006 <https://www.6.INRA.Fr> productions animales, 2001-volume14. N°-3-2001



70- Jarrige R., 1988. Alimentation bovins, ovins et caprins. Ed. INRA, Paris. 476p.

71- Jeantet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuch P., Brulé G., 2008. Les produits laitiers. Ed : 2. Technique et documentation- lavoisier. Paris, 185p.

72- Jeantet R., Croguennec T., Schuch P., Brulé G., 2007. Science des aliments : Biochimie, microbiologie, procédés, produits. Techniques et Documentation- Lavoisier. Paris, 456p

73- Jensen S.K., Johannsen A.k., Hermansenn J.E., 1999. Quantitative secretion and maximal secretion capacity of retinol, beta-carotene and alpha-tocopherol into cow's milk. J.Dairy Res., 66, p.p. 511-522

74- J.O.R.A. 1993. Journal officiel de la république algérienne n° 69 : arrêté interministériel du 18 août 1993.

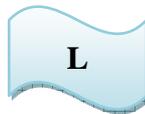
Références bibliographiques

75- Jouzier, cohen M., 1995. Manuel de référence pour la qualité du lait. 206p.

76- Juôdu I; Henno M; Kaart T; Püssa T; Kärt O; 2008. The effect of milk protein contents on the renn et coagulation properties of milk from individual dairy cows. Elsevier, International Dairy Journal n°18, p.p. 964 – 667.



77- Kim H., Hardy J., Novak G., Ramet J.P. ET Weber W. (1982). Les goûts anormaux du lait frais et reconstitué, Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rom, ISBN, FAO 15 (50 page).



78- Labarre J. F., 1994. Nutrition et variation du taux de matière grasses du lait de vache. Rec. Méd. Vét, 170, pp. 381-389

79- Larousse agricole 1981.

80- Lebras C., 1991. Facteur de variations du taux de matières utiles du lait de vaches. 140p.

81- Le Dore A., Remond V., Grappin R., Jeunet R., Journet M., teneurs de lait de vache en ses principales fractions azotées et en MG : effets de quelques caractéristiques des animaux et de leur alimentation. Bull. Tech. CRZV. Theix INRA 63.pp : 13-20

82- Lenoir J., Lamberet J. L., Schmidt et Tourneur C. 1985. La maîtrise de bioréacteur fromager. Biofuture-Décembre 1985.

83- Lenoir J. 1985. Les caséines du lait. Revue laitière française. 400, 17-23.

84- Lenoir J., Schneid N., 1987. L'aptitude du lait à la coagulation par la présure. In : Eck A., 1987. Le fromage. Ed : 2. Technique et Documentation-Lavoisier, Paris, 539P.

85- Lenoir J et al., 1997. L'aptitude du lait a la coagulation par la présure. Paris, Lavoisier. 891P.

86- Lerari N., Idiri S., 2011. Effet de la race, de l'âge, et du numéro de lactation sur la qualité du lait et son aptitude fromagère. Mém. Ing., ENSA. 113p.

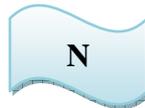
- 87- Lucey y. J.K., 2002.** Rennet coagulation properties of late-lactation milk. In: Roginski, H., Fuquay J., Fox P., encyclopedia of dairy science. Elsevier science, LTD, pp.286-293.
- 88- Luquet F, M., 1985.** Lait et produits laitiers : vache, brebis et chevre. Paris, Lavoisier, 637P.
- 89- Luquet FM, 1985.** Lait et produits laitiers vache-brebis-chèvre : collection "science et technique agro-alimentaire".pp424.



- 90- Macheboeuf D., Coulon.B.,D'hour p.,1993.** Effect of breed, protein genetic variants and feeding on cow's milk coagulation properties. Journal of dairy research, Vol. 60,pp.43-54.
- 91- Madani T., Mouffok C., 2008.** Production laitière et performance de reproduction des vaches montbéliardes en région semi arides algériennes. *Elev. Méd. Vét. Pays trop.*61 (2), p.p. 97-107.
- 92- M.A.D.R., 2008.** Statistiques agricoles du Ministère de l'agriculture et de développement rural. Série B. direction des statistiques agricoles et des systèmes d'information. Alger.
- 93- M.A.D.R., 2011.** Statistiques agricoles du Ministère de l'agriculture et de développement rural. Série B. direction des statistiques agricoles et des systèmes d'information. Alger.
- 94- Mahaut M., jeantet R., Brulé G., 2003.** Initiation à la technique fromagère. Techniques et documentation. Lavoisier, Paris, 194p.
- 95- Malossini F., Bovolenta S., Piras C., Dalla Rosa M., Ventura W., 1996.** Effect of diet and breed on milk composition and rennet coagulation properties. *Ann.Zootech.*, 45,p.p. 29-40
- 96- Martin B., Pradel P ., Verdier-Metz I., 2000.** Effet de la race (Holstein/Montbéliarde) sur les caractéristiques chimiques et sensorielles des fromages. *Renc. Rech. Rum.* 307-317.
- 97- Mathieu J.,1998.** Initiation à la physicochimie du lait. Paris, technique & documentation, 220. (Guide technologique des IAA)
- 98- Mathieu J. 1998.** Présentation des constituants du lait. In : introduction a la physico-chimie du lait, p 30-44.

Références bibliographiques

- 99- **Maymone L., 1969.cité par Decaen C.,Journet M., 1970.** Evolution de la production laitière de la vache au cours des deux premier moins de lactation. Ann. Zoo.,(19).pp : 191-221.
- 100- **Meribai A., 2010.** Influence de quelques paramètres de la production (alimentation et race) sur la composition du lait. Aptitude a la coagulation par succédanés de la présure. Mem. Mag. ENSA, ex INA, El-Harrach, 94p.
- 101- **Mezine S.,2001.** Etude comparative de l'aptitude fromagère d'un lait de vache frais et d'un lait de vache enrichi en poudre de lait écrémé.
- 102- **Mietton B., Desmazeaud M., De Roissart H. et Weber F. 1994.** Transformation du lait en fromage. In : bactéries lactiques II. Edition Technique et documentation Lavoisier, paris, p. 317-355.
- 103- **Mistry V.V., Brouk M.J., Kasperson K.M., Martin E., 2002.** Cheddar cheese from milk of Holsteins and brown swiss cows. Michwissenschaft, 57, p.p. 15-23
- 104- **Mouffok C., Sayoud R., 2003.** Pratiques de conduite et performances d'élevage bovin laitier en région semi-aride. Mem. Ing. Agro.



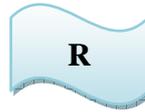
- 105- **Nedjraoui D. (1981)-** Evolution des éléments biogènes et valeurs nutritives dans les principaux faciès de végétation des Hautes plaines Steppiques de la wilaya de Saida. Thèse de Doctorat. 3 ème cycle U.S.T.H.B., Alger, 156 p.
- 106- **Nedjraoui D., 2001.** Profil fourrager.
- 107- <http://www.fao.org/AG/AGP/agpc/doc/counprof/Algeria/Algerie.htm>.



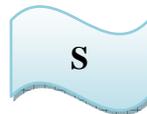
- 108- **Patton J., Kenny D. A., Mee J. F., O'Mara F. P., Wathes D. C., Cook M., Murphy J. J., 2006.** Effect of milking frequency and diet on milk production, energy balance, and reproduction in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89, p.p. 1478-148.
- 109- **Pougheon S. (2001),** Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et leurs conséquences en technologies laitières, Thèse de doctorat vétérinaire, Université Paul-Sabatier, Toulouse, 109p.
- 110- **Pointurier H., (2003).** La gestion matière dans l'industrie laitière, Tec et Doc, Lavoisier, France: 64 (388 pages).

Références bibliographiques

- 111- **Pissary A., Dezendre N., 2006.** Quelques pistes de réflexion pour améliorer le taux protéique. Lettre des GVA,n.107,pp.2-4.
- 112- **Pirisi, 1994.** Composition et coagulation du lait de brebis. Lait, Vol, 74,PP , 425-442.
- 113- **Pougheon S., Goursaud J., 2007.** Le lait : caractéristique physicochimique. In : Debry G., lait, nutrition et santé. Techniques et documentation-Lavoisier, Paris, 566p.



- 114- **Ramet J.P. 1987.** Les agents de la transformation du lait. In : le fromage coord.A. ECK, P 101-105, Lavoisier, paris.
- 115- **Ramet J.P. 1990.** Les agents de la transformation du lait. La présure et les enzymes coagulantes. . In fromage (ECKA.). 2^{ème} édition. Technique et documentation Lavoisier, paris, p 101-125.
- 116- **Remond B., 1985.** Influence de l'alimentation sur la composition du lait de vache, Taux protéique : facteurs généraux. Bull. Tech. C.RZ.V.Theix,Ed. INRA,62,53-67.
- 117- **Remond B., Bonnefoy J.C., 1997.** Performance of Holstein cows managed without the dry period. Ann.Zoot.46(1).PP:11-16.



- 118- **Salhi M.,2005.** Approche descriptive génétique et reproductive des races bovines laitières :Cas de la Mitidja.Mem.Ing.Agro.Institut National Agronomique, El-Harrach (Alger),55p.
- 119- **Sebedio J.L., 2008.** La matière grasse laitière : introduction science des aliments, Vol. N.1,pp.5-11.
- 120- **Sollberger H., Scharen W., Collomb M., Badrtscher R., Butikofr U., Sieber R.,2004.** Beitrag zur kenntnis der zusammensetzung von ziegenmilch schweizerischer herkunft. ALP Sci., 473, p.p. 1-16
- 121- **Snowdon M., 1992.** Composition et valeur nutritive du lait : teneurs en protéines et en matières grasses du lait. Ministère de l'agriculture, des pêches et de l'aquaculture. Canada, Vol, 92, n.2.



- 122- **Thapon J.L. 2005.** Science et technologie du lait. Edition Agrocompus-Rennes : 6-77.

- 123- Toureau V., Bagieu V. et Le Bastard A-M. (2004).** Une priorité pour la recherche : la qualité de nos aliments. Les recherches sur la qualité du fromage. INRA mission communication



- 124- Veisseyre R., 1979.** Technologie du lait : constitution, récolte, traitement et transformation du lait. Paris, la maison rustique, 714p.

- 125- Vierling 1999.,** Aliment et boissons : filières et produits. Paris, Ed. doin, 271p. (Collection : science des aliments)

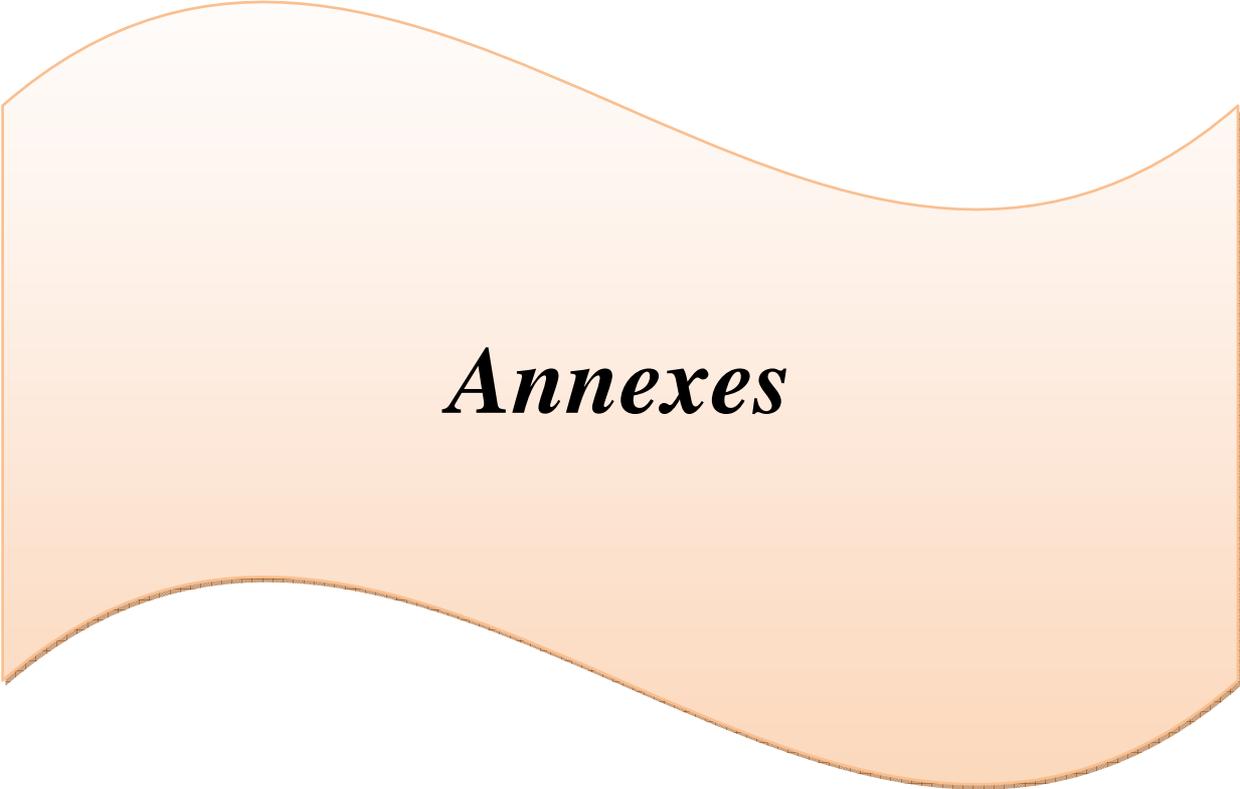
- 126- Vignola C., 2002.** Science et technologie du lait. Montréal, Ecole polytechnique de Montréal, 600p.



- 127- Wolter R., 1994.** Alimentation de la vache laitière. 2^{ème} édition France agricole. 235. 209p.



- 128- Yakhlef H., 1989.** La production extensive de lait en Algérie. Option Méditerranéennes Série Séminaires, (6) : 135-139.



Annexes

Annexe 1

Détermination de densité

Elle est déterminée selon la norme NF, B 35-522 (AFNOR, 1986), par l'aréomètre à masse volumique (lactodensimètre)

- Verser l'échantillon de lait dans l'éprouvette cylindrique sans bec avec précaution pour éviter la formation de mousse jusqu'à un niveau provoquant un débordement du liquide.
- Plonger doucement le lactodensimètre en exprimant un léger mouvement de rotation, l'échantillon devant déborder franchement.
- Effectuer la lecture de graduation à la partie supérieure du ménisque, et au même temps lire la température rapidement.
- Si la température du lait est différente de 20°C, ajouter à la masse volumique lue 0,0002 par degré Celsius au-dessus de 20°C, et retrancher la même valeur par degré Celsius au-dessous de 20°C.

Annexe 2

Détermination de l'acidité

L'acidité est déterminée selon la norme NF V 04-206 (AFNOR, 1986), par un acidimètre Dornic :

Dans un bécher introduire 10 ml de lait, ajouter 0,1 ml de phénophtaléine a 1% (m/v dans l'éthanol a 95%), titrer par la solution d'hydroxyde de sodium N/9 jusqu'à avoir un virage au rose pale persistant, lire ensuite sur la colonne de l'acidimètre la graduation correspondant au niveau de la soude : le nombre de dixième de ml de soude indique l'acidité du lait en degré Dornic.

Annexe 3

Dosage de la matière grasse du lait par la méthode acido-butylométrique (AFNOR, 1986)

1. Matériel et réactifs

- Butylométrique à lait ;
- Pipettes ;
- Centrifugeuse ;
- Pipette de sûreté sur le flacon de l'acide sulfurique qui délivre $1\pm 0,2$ ml ;
- Pipette de sûreté sur le flacon de l'alcool isoamylique qui délivre $1\pm 0,05$ ml ;
- Solution d'acide sulfurique à 91% ;
- Solution d'alcool isoamylique.

2. Mode opératoire

On introduit dans un butylomètre de GERBER 10 ml d'acide sulfurique de densité 1,84 auquel on ajoute 11 ml de lait, en l'écoulant à travers les parois avec une pipette, puis on ajoute 1 ml de l'acide isoamylique. Le butylomètre fermé par un bouchon à l'aide d'un poussoir est agité et secoué avec des retournements successifs, pour bien homogénéiser le mélange. Enfin, on centrifuge pendant 3 minutes dans une centrifugeuse (1200 tours/min). La lecture se fait directement sur les graduations du butylomètre et le résultat est exprimé en g/l

Annexe 4

Dosage de la matière azotée totale selon la méthode de KJELDAHL (AFNOR, 1986) :

1. Mode opératoire :

a. Minéralisation :

Dans un matras KJELDAHL, introduire 5 ml de lait. Ajouter 15 à 20 ml d'acide sulfurique concentré, environ 2g de catalyseur composé de 100g de sulfate de potassium, 10g de sulfate de cuivre pur et 1g de sélénium en poudre pur, après homogénéisation laisser pendant 3 heures dans le minéralisateur jusqu'à obtention d'une solution limpide et ceux-ci par chauffage modéré, puis fort en évitant de surchauffer les parois du matras.

b. Distillation et dosage de l'ammoniac :

Après refroidissement, le minéralisât est récupéré avec précaution dans une fiole de 100 ml avec l'eau distillé.

Transverser 20 ml du minéralisât dilué dans un ballon additionné de 20 ml de lessive de soude à 33% (d= 1,33), plus 80 ml d'eau distillé.

- Placer le ballon dans le dispositif de distillation.
- Placer l'allonge qui termine le dispositif dans un bicher de 200ml contenant 20ml d'acide borique à 4% et 2 gouttes d'indicateur (TASHIRO)

Après distillation tirer le distillat avec l'acide sulfurique à N /50 (d= 1,83).

2. Expression des résultats :

Les résultats sont exprimés en pourcentage de matière sèche (M.S) de façon suivante :

$$N_{(g)} = X \cdot 280 \cdot y \cdot (100/Y) \cdot (100/A)$$

Ou :

X : densité de la burette (ml).

Y : prise d'essai (5ml).

A : volume du minéralisât 20ml.

Y : Constante (10^{-6})

La teneur en **M.A.T. (%M.S)** = $N_{(g)} \cdot (6,25/ M.S) \cdot 100$

Annexe 5

Préparation du substrat de Berridge

1. Le constituant du substrat de Berridge

a. Le lait en poudre :

Le lait en poudre utilisé est de type LOW-HEAT obtenue à partir d'un lait écrémé pasteurisé de bonne qualité microbiologique (-5000 germes /ml).

C'est une poudre n'ayant subi qu'un chauffage faible qui entraîne un respect de l'état physico-chimique de protéines solubles du sérum, elle est conservée dans des sachets en plastique à +4°C.

b. Solution de CaCl₂

Solution de CaCl₂ de qualité anhydre utilisée à une concentration de 0,01M est obtenue à partir d'une solution mère aqueuse de chlorure de calcium (CaCl₂) d'une concentration de 1M à conserver à 4°C et à l'obscurité avec quelques cristaux de thymol.

2. Mode opératoire

- Dissoudre 12 g de lait en poudre dans 100 ml de CaCl₂ à 0,01M.
- Mettre le mélange sous une agitation magnétique douce pendant 30 minutes.
- Ajuster le pH à 6,4 par l'ajoute d'une solution de HCl ou de NaOH.
- Ramener la température du lait à 30°C afin de mesurer le temps de coagulation, qui correspond à l'apparition des premiers flocons sur les parois internes du tube dans les conditions de réaction.