

**Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie – El-Harrach – Alger**  
En vue de l'obtention du diplôme de Magister en sciences agronomiques  
Département : Technologie alimentaire et nutrition humaine  
Option : Sciences alimentaires

***Influence de quelques paramètres de production (alimentaire et race) sur la composition du lait aptitude à la coagulation par des succédanés de la présure***

**Présenté par : M MERIBAI Amel**

*Directeur de thèse* : M. BELLAL M.M. Professeur (ENSA El Harrach)

*Copromoteur* : M. NOUANI A. Maître de conférences B (Univ. de Boumerdes)

Année universitaire : 2009 / 2010

Soutenu devant le jury : Président : M. YAKHLEF H. Professeur (ENSA El Harrach) Examineurs :  
M. TRIKI S. Maître de conférences (ENSA El Harrach) M. MEKIMENE L. Chargé de cours (ENSA El Harrach)



# Table des matières

Dédicace . . .	5
REMERCIEMENTS . . .	6
RESUME . . .	8
ABSTRACT . . .	9
ص غلم . . .	10
Sigles et Abréviations . . .	11
Introduction générale . . .	14
<b>PARTIE I : Bibliographique . . .</b>	<b>16</b>
<b>CHAPITRE I : Généralités sur la filière lait en Algérie . . .</b>	<b>16</b>
1. Politiques et stratégies : . . .	16
2. Evolution du cheptel bovin : . . .	17
3. Evolution de la production laitière nationale : . . .	19
4. Evolution de la collecte du lait cru : . . .	19
<b>CHAPITRE II :Généralités sur le lait . . .</b>	<b>20</b>
1. Définition : . . .	20
2. Principales Caractéristiques : . . .	20
3. Composition chimique : . . .	21
4. La coagulation du lait . . .	25
5. Les enzymes coagulantes du lait : . . .	26
<b>CHAPITRE III :Variation de la composition du lait . . .</b>	<b>28</b>
1. Effets de la race : . . .	28
2. Effets de l'alimentation : . . .	28
3. Effets de la saison et du stade de lactation : . . .	30
<b>CHAPITRE IV :Incorporation des drêches de distillerie du maïs dans l'alimentation animale . . .</b>	<b>30</b>
1. Généralités : . . .	30
2. Définition des drêches de distillerie : . . .	31
3. Propriétés physiques des drêches de distillerie : . . .	31
4. Valeur alimentaire des drêches de distillerie : . . .	31
5. Utilisation des drêches de distillerie en alimentation des vaches laitières : . . .	32
6. Intérêt économique de l'incorporation des DDGS : . . .	32
<b>PARTIE II MATÉRIEL ET MÉTHODES : Etude de l'effet de l'incorporation des drêches de distillerie sur la quantité et la qualité du lait . . .</b>	<b>34</b>
<b>CHAPITRE I . Présentation de la ferme d'étude : . . .</b>	<b>34</b>
<b>CHAPITRE II . Conduite de l'étude : . . .</b>	<b>35</b>
1. Objectifs de l'étude : . . .	35
2. Conditions expérimentales : . . .	35
3. Suivi de l'évolution de la production laitière : . . .	36
4. Prélèvements et analyses physicochimiques des échantillons : . . .	36
5. Traitement statistique des données : . . .	39

<b>PARTIE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION . .</b>	<b>41</b>
<b>CHAPITRE I : Variation de la production laitière . .</b>	<b>41</b>
1. Période d'adaptation : . .	41
2. Période expérimentale : . .	42
3. Conclusion : . .	48
<b>CHAPITRE II :Variation de la composition du lait . .</b>	<b>49</b>
1. Analyse globale des différences entre les lots : . .	49
2. Etude de l'effet de la race sur la composition chimique du lait et son aptitude à la coagulation : . .	51
3. Effet de l'alimentation sur la composition chimique du lait et son aptitude à la coagulation . .	61
4. Etude de la corrélation entre les facteurs de production et les variables physicochimiques et technologiques du lait : . .	76
<b>CONCLUSION GENERALE . .</b>	<b>82</b>
<b>Références bibliographiques . .</b>	<b>84</b>
<b>ANNEXES . .</b>	<b>96</b>
Annexe n° 1 : Les différentes analyses effectuées . .	96
Annexe n° 2 : Identification des vaches laitières . .	99
Annexe n° 3 : Evolution de la production laitière . .	101
Annexe n° 4 : Résultats des analyses physicochimiques durant la période expérimentale . .	102
<b>Annexe n°5 : Influence de l'alimentation sur la composition en acides gras de la MG du lait . .</b>	<b>103</b>

## Dédicace

*Ce travail est dédié à ... Mes parents, Mes frères, Ma famille, Mes amies de toujours : Souad, Ahlem, Tydia, Rachida, Nesrine, Meriem et Baya pour tous ces grands moments passés ensemble*

## **REMERCIEMENTS**

*J* 'exprime tout d'abord ma profonde reconnaissance et mes sincères remerciements à Monsieur BELLAL M.M., Professeur à l'ENSA et Directeur de thèse, pour m'avoir intégrée dans son équipe de recherche, pour sa grande disponibilité, sa rigueur scientifique et ses précieux conseils qui m'ont permis de travailler dans les meilleures conditions. Je tiens également à lui exprimer toute ma reconnaissance pour la confiance qu'il m'a accordée dont j'espère avoir été à la hauteur. Soyez assuré, Monsieur, de toute mon estime et de mon profond respect.

*J* e tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements ,en particulier, à mon copromoteur Monsieur NOUANI A. pour sa compétence, sa patience, pour ses précieux conseils, sa disponibilité exceptionnelle et pour ses efforts déployés qui m'ont permis de réaliser ce travail. Je le remercie en particulier pour sa solide présence à chaque étape cruciale de cette étude. Merci de m'avoir initiée aux techniques d'analyse électrophorétiques.

*A* u terme de ce travail, il m'est agréable de remercier :

Monsieur YAKHLEF H., Professeur à l'ENSA, qui m'a fait l'honneur de présider le jury.

Monsieur TRIKI S., Maître de conférences à l'ENSA, pour avoir accepté de juger ce travail.

Monsieur MEKIMENE L., Chargé de cours à l'ENSA pour ces conseils précieux et son soutien constant, aussi pour avoir accepté de juger ce travail.

Que vous trouviez ici, Messieurs, l'expression de ma profonde reconnaissance.

*J* e dois également un mot de remerciement à :

Mr. ALLAOUCHICHE L. propriétaire de la ferme ANDLESS chez qui cette étude a été réalisée, pour son accueil et son aide.

Melle MERZOUKI Y. Ingénieur Agronome chargée du suivi de l'expérimentation au niveau de la ferme ANDLESS.

*J* e tiens à remercier Mr. Zadi M., de l'Institut Technique des Elevages de Baba Ali (ITELV) pour son aide et sa gentillesse. Veuillez trouver ici, Monsieur, l'expression de ma reconnaissance pour m'avoir accueilli dans le laboratoire de l'ITELV.

*J* e remercie également Mme Boudour A., Chef de la Section Animale au Centre Algérien du Contrôle de la Qualité et de l'Emballage (CACQE).

*J* e présente mes vifs remerciements à tous ceux dont l'aide généreuse a contribué à faciliter la réalisation de ce travail :

Melle SLAMANI R., attachée de recherche à l'INRA pour son inestimable aide, ses encouragements, conseils et soutien.

Melle DOUFAIRI D. pour son aide et son amitié.

Melle BELHAMICHE N. pour son aide lors de la réalisation de l'électrophorèse.

M<sup>r</sup> BARIZ A. et HAMZIOUI M. qui m'ont aidé dans la réalisation de ce travail.

M<sup>r</sup> DJELAILA Y. pour son aide.

*J*e souhaite remercier tout particulièrement Melle LANI S. et GUERZOU A., pour leur présence et leur aide au cours de ce travail. Merci pour votre disponibilité mais surtout pour votre amitié et tout ce que vous m'avez apporté.

*J*e tiens également à exprimer mes reconnaissances les plus distinguées à mes enseignants qui ont participé à ma formation pour leurs précieux conseils et directives. Ainsi, qu'au personnel du département de Technologie alimentaire de l'INA en l'occurrence Mebrouk, Mohamed microbio., Mohamed Belalia, Zola, Faïza, Baya et Lâarbi et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

*E*nfin, un simple merci ne serait pas suffisant pour traduire ce que je dois à mes proches. Je dois en particulier ce travail à mes parents, qui ont donné beaucoup de leurs forces pour me permettre d'avoir conscience aujourd'hui que la vie offre une multitude de possibilités.

## **RESUME**

*L'*influence de la race et de l'incorporation des drêches de distillerie dans l'alimentation des vaches laitières sur la production du lait, sa composition et son aptitude à la coagulation, a été étudié, en conditions réelles de production, sur quarante huit vaches de race Holstein et Montbéliarde. L'étude a montré qu'il existe d'importantes variations.

*L'*a production laitière varie en fonction de la race et de l'alimentation, elle augmente plus fortement chez la race Holstein présentant les niveaux de production les plus élevés.

*D'*e même, les résultats obtenus montrent que le lait de Holstein est en moyenne plus riche en matière grasse et moins riche en protéines et en caséines que le lait de Montbéliarde. Ces variations dues à la race sont réduites par rapport à celles dues à l'alimentation. Ainsi, le taux protéique, est moins influençable par le changement de l'alimentation que le taux butyreux.

*P'*ar ailleurs, le profil en acides gras du lait varie principalement en fonction de l'alimentation des vaches. L'incorporation des drêches de distillerie a entraîné une augmentation du taux des acides gras insaturés au dépend de celui des acides gras saturés.

*A'*insi, la race influence significativement le temps de coagulation du lait. La Montbéliarde présente les temps les mieux appréciés.

*D'*'autre part, les enzymes coagulantes réagissent différemment à un changement d'alimentation, la présure paraît la moins influencée.

**Mots-clés :** Production, lait, qualité, succédanés, présure, coagulation



## ABSTRACT

The influence of breed and the inclusion of distillers grains in feed for dairy cows on milk production, composition and coagulation was investigated in real production conditions, on forty-eight Holstein cows and Montbeliarde. The study showed that there are significant variations.

Milk production varies according to breed and food, it increases more strongly in the Holstein breed with production levels higher.

Similarly, the results show that the milk of Holstein is on average richer in fat and lower in protein and casein than milk from Montbeliarde. These variations due to breed are reduced compared to those due to food. Thus, the protein is less influenced by change of diet than the fat content.

Moreover, the fatty acid profile of milk varies depending mainly on the feeding of cows. The inclusion of distillers grains has increased the rate of unsaturated fatty acids at the expense of the saturated fatty acids.

Thus, breed influence significantly the clotting time of milk. The Montbeliarde has the clotting time best appreciated.

Furthermore, the coagulating enzyme react differently to a change in diet, rennet seems the least affected.

**Key-words :** Production, milk, quality, substitutes, rennet, coagulation.

## ص خ لم

تؤثر العرق و إدماج دريكن الذرة في الحصص الغذائية للأبقار الحلوب على إنتاج، نوعية و قابلية تخثر الحليب، قد تم دراسته في ظروف الإنتاج الحقيقية على ثمانية و أربعين بقرة من عرق Montbéliarde. Holstein و أظهرت الدراسة أن هناك اختلافات كبيرة.

إنتاج الحليب يختلف باختلاف العرق و الغذاء، و هو يزيد أكثر في سلالة Holstein التي تتميز بمستويات إنتاج أعلى.

و قد بينت النتائج أيضا أن حليب Holstein يتميز بنسبة دهون أعلى و بنسب بروتين و caséines أقل بالمقارنة مع Montbéliarde. هذه التباينات بسبب العرق هي أقل من تلك التي نتجت عن تغير الغذاء. أيضا، فإن نسبة البروتين هي أقل تقرا بتغير الغذاء بالمقارنة بنسبة الدهون.

من جهة أخرى، نسب الأحماض الدهنية في الحليب تغيرت، بشكل أساسي، مع تغير الغذاء. إدماج دريكن الذرة زاد نسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة على حساب الأحماض الدهنية المشبعة.

أيضا، العرق يؤثر بصفة معتبرة على زمن تخثر الحليب. Montbéliarde لديها أزمنة التخثر الأكثر استحسانا. و من ناحية أخرى، إنزيمات التخثر تتفاعل بشكل مختلف مع تغير الغذاء، و الروية تبدو الأقل تقرا.

**كلمات المفتاح :** إنتاج، حليب، جودة، بدائل، الروية، التخثر.

---

## Sigles et Abréviations

- **ACP** : analyse en composantes principales
- **AG** : acides gras
- **AGI** : acides gras insaturés
- **AGICMC** : acides gras insaturés à courte et moyenne chaînes
- **AGILC** : acides gras insaturés à longue chaîne
- **AGS** : acides gras saturés
- **AGSCMC** : acides gras saturés à courte et moyenne chaînes
- **AGSLC** : acides gras saturés à longue chaîne
- **BLM** : bovin laitier moderne
- **B.L.A** : bovin laitier amélioré
- **B.L.L.** : bovin laitier local
- **C** : caséines
- **cm** : Centimètre
- **CMV VL** : complément minéral et vitaminique pour vache laitière
- **D** : densité
- **DA** : dinar algérien
- **DDGS** : distiller's dried grains with solubles
- **ddl** : degré de liberté
- **E** : expérimental
- **ESD** : extrait sec dégraissé
- **EST** : extrait Sec Total
- **g** : Gramme
- **g/l** : Gramme par litre
- **h** : Heures
- **H** : Holstein
- **H %** : teneur en eau
- **ha** : Hectares
- **hab.** : habitant
- **HDL** : high density lipoproteine
- **j** : jours
- **kg** : Kilogramme
- **kg/j/v** : Kilogramme par jour par vache
- **l** : Litre
- **LDL** : low density lipoprotein
- **l/j/v** : Litre par jour par vache
- **M** : Montbéliarde
- **mA** : Milliampère

- **Max.** : maximum
- **m/l** : Mole par litre
- **MAT** : matières azotées totales
- **MG** : matière grasse
- **MGLA** : matière grasse laitière anhydre
- **min** : Minutes
- **Min.** : minimum
- **ml** : Millilitre
- **Moy.** : moyenne
- **N** : Normale
- **nm** : Nanomètre
- **NNP** : azote non protéique
- **NST** : azote soluble total
- **NT** : azote total
- **p** : probabilité
- **pH** : Potentiel d'hydrogène
- **PL** : production laitière
- **PS** : protéines solubles
- **QMP** : quantité de matière protéique
- **s** : Secondes
- **r** : coefficient de corrélation
- **SAB** : sérum albumine bovine
- **T** : témoin
- **TCA** : acide trichloracétique
- **TB** : taux butyreux
- **TCo** : temps de coagulation par la pepsine ovine
- **TCp** : temps de coagulation par la présure
- **TP** : taux protéique
- **UP** : unité de présure
- **v** : volume
- **V** : Volt
- **%** : pourcentage
- **°C** : degré Celsius
- **°D** :degré Dornic
- **α** : seuil de signification
- **μl** : Microlitre
- **AFNOR** : Association Française de Normalisation
- **FAO** : Food Agriculture Organisation
- **MADR** : Ministère d'agriculture et développement rural

- **OMC** : Organisation mondiale du commerce

## Introduction générale

**E**n Algérie, la production bovine laitière assure un rôle nutritionnel fondamental de fourniture de protéines animales à une population urbaine en plein essor démographique et dont les habitudes alimentaires évoluent vers davantage de produits de qualité. Par ailleurs, l'industrie laitière fonctionne essentiellement sur la base de matières premières importées. Le lait cru produit localement n'entre que pour une très faible part dans l'activité des laiteries. L'Algérie est donc contrainte d'importer des quantités massives de lait, dont une grosse partie sous forme de lait en poudre qui coûte de plus en plus cher.

**C**ette situation indique qu'il est extrêmement urgent d'inverser les tendances pour améliorer la sécurité alimentaire par la mobilisation des moyens d'accroissement de la production nationale de lait cru et de son taux d'intégration dans le circuit d'approvisionnement de l'industrie laitière et du marché de consommation (BENYOUCEF, 2005). Cette opération passe par l'amélioration de la qualité du lait cru, exigée par l'industrie de transformation en particulier la fromagerie.

**C**ependant, il faut être en mesure de proposer à la profession, des outils permettant de connaître et de maîtriser finement les caractéristiques du lait cru en fonction des facteurs d'élevage.

**E**n Algérie, un certain nombre d'études, à caractère plus zootechnique, ont été entreprises chez les vaches laitières. Dans un travail récent, portant sur les relations entre les modalités de production bovine et les caractéristiques du lait dans la wilaya de Tizi-ouzou, BOUKIR (2007) avait attiré l'attention sur le rôle que pouvait jouer l'alimentation des vaches laitières sur la composition globale du lait.

**S**elon COULON *et al.* (1990), lorsque les fourrages disponibles sont de qualité moyenne, il est nécessaire de distribuer aux animaux des quantités élevées d'aliment concentré pour satisfaire leur besoin.

**L**e problème du choix de la nature du concentré pour les vaches laitières se pose de manière accrue depuis quelques années. Les raisons de ce choix peuvent être d'ordre économique ou technique : prix, facilité d'emploi, valeur alimentaire... Par ailleurs, l'usage accru du maïs pour la production d'éthanol pousse son prix à la hausse, tandis que la substitution du maïs au soja sur de grandes superficies agricoles risque de se traduire par un accroissement du prix de soja (ARMENTANO, 2007). Cependant, l'accroissement de la production d'éthanol et son effet sur le prix de la drêche de distillerie font en sorte qu'il devient intéressant de l'intégrer en plus grande proportion dans l'alimentation des bovins laitiers.

**E**n outre, le cheptel algérien a connu une introduction des vaches modernes importées (BLM) et qui représente 24,53 % du total des vaches laitières, participant ainsi à 48 % de la production laitière nationale (MADR, 2008). Il est donc important de connaître les avantages relatifs de chacune de ces races pour les aptitudes fromagères des laits.

**C**'est dans ce cadre que s'inscrit notre étude, dont l'objectif a été d'étudier, dans les conditions particulières de l'Algérie, l'effet de la race des vaches laitières et de l'introduction de drêches de distillerie en substitution partielle du maïs et des tourteaux de soja dans leur

alimentation, sur la composition chimique fine du lait et sur son aptitude à la coagulation par deux enzymes coagulantes (présure et pepsine ovine).

L'étude comparée de ces deux facteurs, race et alimentation, n'a pas souvent été réalisée dans des conditions réelles permettant d'estimer au mieux l'influence propre de chacun d'entre eux. On signale ici l'étude de BENAICHA et SAHI (2009) qui a été réalisée pour évaluer les effets de la race des vaches sur l'aptitude du lait à la transformation fromagère.

Notre étude comporte alors une première partie décrivant la filière laitière en Algérie, quelques généralités sur le lait et les facteurs de variation de sa composition chimique, et un aperçu sur l'incorporation des drêches de distillerie dans l'alimentation ; une seconde partie présentant le matériel et les méthodes utilisés. Les résultats obtenus sont

# PARTIE I : Bibliographique

## CHAPITRE I : Généralités sur la filière lait en Algérie

En Algérie, la filière lait s'inscrit dans un contexte socioéconomique qui se caractérise par l'insuffisance de ses productions face à l'augmentation des besoins induits particulièrement par l'accroissement démographique de la population algérienne (BENYOUCEF, 2005).

Selon TAMMAR (2007), les besoins algériens en lait et produits laitiers sont très importants. Avec une consommation moyenne de 110 litres de lait /hab. /an selon les données statistiques du Ministère du Commerce de l'année 2005, l'Algérie en est le plus gros consommateur au niveau maghrébin ; et avec une population de 33,2 millions d'habitants en 2006, la consommation nationale s'élève à plus de trois milliards de litres. Face à cette demande de plus en plus importante, la production locale (2 milliards de litres) est loin d'y répondre due à l'insuffisance de l'offre fourragère qui pose encore de problèmes de taille contrariant les productions animales en Algérie (KADI *et al.*, 2007).

En amont de la filière, la production laitière est assurée en grande partie (plus de 80 %) par le cheptel bovin ; le reste est constitué par le lait de brebis et le lait de chèvre. La production laitière cameline est marginale (BENCHARIF, 2001). Pour cela, on va s'intéresser au cheptel bovin dans notre étude bibliographique.

### 1. Politiques et stratégies :

---

#### 1.1. Les politiques antérieures et leurs conséquences :

Les politiques de développement et de régulation de la filière lait menées après l'indépendance et jusqu'à la fin des années 1980, avaient pour principal objectif une amélioration de la consommation du lait et la satisfaction des besoins de la population (BENCHARIF, 2001). Pour atteindre cet objectif, le déficit de collecte était comblé par un recours quasi-exclusif à des importations de matières premières lactées (poudre de lait, matière grasse de lait anhydre pour la recombinaison industrielle d'une part et produits finis tels que les fromages, laits instantanés et beurre d'autre part), dont les prix mondiaux bas encourageaient le bradage de grandes quantités sur le marché ; en plus, les prix à la consommation ont été maintenus relativement bas grâce à l'octroi de subventions croissantes par l'Etat.

Par conséquent, il était plus intéressant pour les unités de transformation, de recourir à ces importations à bon marché que de soutenir la production laitière locale dont la collecte génère des surcoûts importants. La production locale a également été pénalisée par la faiblesse du prix du lait cru et du prix du lait industriel à la consommation, tous deux fixés par l'Etat (BENYOUCEF, 2005).

Selon BENCHARIF (2001), le prix du lait cru aux éleveurs est réajusté en retard par rapport aux augmentations des facteurs de production (entre 1986 et 1990). Les prix de vente des laits industriels ont toujours été fixés à des niveaux inférieurs aux coûts réels, la différence étant couverte par le Fonds de Compensation des Prix.



Une telle politique, selon le même auteur, a permis une augmentation rapide de la consommation du lait, mais elle s'est traduite par des contraintes économiques majeures qui ont perturbé le fonctionnement de toute la filière laitière ; elle a réduit les capacités de développement de la production nationale du lait cru, les agriculteurs ont souvent abandonné l'élevage laitier au profit de spéculations plus rémunératrices ; comme elle a engendré le découvert bancaire des entreprises de transformation qui ont d'ailleurs de plus en plus recours aux importations de lait en poudre au détriment du lait locale.

D'après BENYOUCEF (2005), avec l'avènement du phénomène de la mondialisation et la conjoncture économique difficile du marché laitier mondial (épuisement des stocks de laits et de produits laitiers européens induit par l'application des quotas laitiers) d'une part et la mise en œuvre de programme de transition d'une économie planifiée vers celle du marché et des nouvelles dispositions exigées par l'OMC d'autre part, on assiste à une reprise en hausse des prix internationaux des poudres de lait et de la MGLA.

Devant une telle situation, la filière lait dans son ensemble se trouve de nouveau affaiblie, on ne pouvait pas assurer un approvisionnement régulier à la fois vers les laiteries et vers le marché de consommation. Ce constat d'insuffisance d'approvisionnement laitier a été pris en considération en 1995 à travers la mise en œuvre d'une politique de réhabilitation de la production laitière nationale.

### **1.2. La politique de réhabilitation de la production laitière nationale :**

Cette politique est articulée autour de trois principaux programmes : la promotion de la collecte du lait cru à travers une prime d'incitation de 4 DA par litre, octroyée à l'éleveur qui livre son lait à la transformation ; l'incitation à la réalisation de mini-laiteries par des financements prévus de 40 % à 60 % de l'équipement d'une mini-laiterie ; le développement du lait cru, par des promotions de l'insémination et de l'investissement à la ferme (BENCHARIF, 2001).

Force est de constater, selon ce même auteur, que ce programme de développement de la production laitière n'a pas atteint les résultats escomptés. Les interventions de l'Etat n'ont pas eu des conséquences significatives sur les niveaux de production laitière et de la collecte. Malgré son amélioration au cours des années 1995 et 1996, le taux de collecte a chuté pour se situer au dessous de 10 %. En fait, les subventions programmées n'ont été utilisées que partiellement ; les niveaux de consommation des montants accordés ont été faibles.

## **2. Evolution du cheptel bovin :**

---

L'estimation de l'effectif du cheptel bovin et de leur croît annuel est faite sur la base des données statistiques fournies par le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR, 2008).

L'effectif bovin total est passé de 525 000 têtes en 1963 à 1 327 000 têtes en 1979 (Tableau n° 1), il a plus que doublé sur cette période avec un croît annuel de 10,98 % entre 1963 et 1969 et de 5,55 % entre 1970 et 1979. Durant les décennies 80 et 90, on a enregistré des valeurs de croît annuel plus faibles : 0,41 % entre 1980 et 1989 et 1,49 % entre 1990 et 1999 ; l'effectif est passé de 1 355 000 têtes en 1980 à 1 580 000 têtes en 1990.

Enfin, pour les années 2000, le croît annuel a régressé : 0,14 %, l'effectif est passé de 1 595 000 têtes en 2000 à 1 608 000 têtes en 2006. YAKHLEF (1989) a observé que le

## Influence de quelques paramètres de production (alimentaire et race) sur la composition du lait aptitude à la coagulation par des succédanés de la présure

rythme d'évolution numérique du cheptel bovin par rapport au nombre d'habitants s'avérait lent. Cette situation persiste toujours.

L'effectif de vaches laitières est passé de 300 000 têtes en 1963 à 988 000 têtes en 1999. Il a plus que triplé avec un croît annuel de 11,05 % entre 1963 et 1969, 7,24 % entre 1970 et 1979, -1,70 % entre 1980 et 1989 et 2,86 % entre 1990 et 1999.

Cet effectif est, selon BENYOUCEF (2005), composé en majorité de vaches de races locales dont la souche base est la Brune de l'Atlas. Elle se caractérise en élevage extensif par de longs intervalles entre vêlages (plus de 18 mois) et une courte période de lactation (6 mois) donnant une faible production de lait. Elle reste pratiquement exploitée pour la production de veaux destinés à la boucherie. Quant aux vaches laitières de races importées dites bovin laitier moderne (BLM) en système de production intensif, elles sont composées essentiellement de races Frisonne Pie Noire, Pie Rouge de l'Est et Montbéliarde. Ce sont des races laitières bien répandues dans les régions littorales et sublittorales. On y rencontre également d'autres races bovines laitières (Holstein et Ayershire) dans des exploitations privées. Ces races ont été importées pour développer la production laitière. Elles donnent des résultats intéressants (3000 à 4000 kg de lait/vache/an) quand elles se trouvent dans des conduites d'élevage appropriées. Enfin, les vaches de races améliorées issues de multiples croisements entre les populations locales et les races importées (BOULAHCHICHE, 1997 ; BENCHARIF, 2001).

D'après MADANI *et al.* (2003), depuis les années 70, l'Algérie faisait appel à l'importation des vaches laitières à haut potentiel génétique dans l'espoir de réduire la dépendance du pays vis-à-vis de l'étranger en matière de lait et produits laitiers.

Par contre, durant les années 2000, l'effectif a relativement diminué en passant de 996 000 têtes en 2000 à 848 000 têtes en 2006 avec un croît annuel de -2,48 %.

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

**Tableau n° 1 : Evolution du cheptel bovin de 1963 à 2006 (MADR, 2008)**

Année	Total bovin (milliers de têtes)	Vaches laitières (milliers de têtes)			Croît total bovin (%)	Croît vaches laitières (%)
		B.L.M	B.L.A + B.L.L	Total		
1963	525	42	258	300	10,98	11,05
1969	871	70	429	499		
1970	885	71	436	507	5,55	7,24
1979	1327	101	720	821		
1980	1355	100	744	844	0,41	-1,70
1989	1405	173	630	803		
1990	1393	206	591	797	1,49	2,86
1999	1580	245	743	988		
2000	1595	254	742	996	0,14	-2,48
<b>2006</b>	1608	208	640	848		

B.L.M = Bovin Laitier Moderne ; B.L.A = Bovin Laitier amélioré ; B.L.L. = Bovin Laitier Local

### 3. Evolution de la production laitière nationale :

L'examen de l'évolution de la production laitière nationale par période montre qu'elle est passée en moyenne de 846,8 millions de litres durant la période 1984-1989 (Tableau n° 2) réalisant un croît global moyen de 7,1 % par an. Son évolution moyenne durant les périodes suivantes (1990-1999 et 2000-2004) a été respectivement d'environ 1 088 millions de litres et 1 592 millions de litres avec des croîts moyens respectifs de 5,2 % et 0,5 %.

La part du lait de vache dans la production laitière nationale a été de 50,7 % ; 79,6% et 69,4 % respectivement pour les trois périodes considérées (1984-1989 ; 1990-1999 et 2000-2004).

Selon BENYOUCEF (2005), les races laitières spécialisées (BLM), fournissent l'essentiel de la production réellement collectable pour la transformation industrielle.

Le taux de croissance annuel de la production du lait cru est resté relativement faible, compte tenu du potentiel des bassins laitiers existants et comparativement à l'essor de la demande en lait et produits laitiers qui ne cesse d'augmenter, en relation avec le soutien de l'Etat aux prix à la consommation du lait industriel (TAMMAR, 2007).

Périodes	Lait de vaches sélectionnées (BLM)		Lait de vaches locales (BLA et BLL)		Lait (brebis, chèvres, chamoelles)		Production laitière nationale		Part des différents laits dans le total lait (%)		
	Millions litres	Croît %/an	Millions litres	Croît %/an	Millions litres	Croît %/an	Millions litres	Croît %/an	BLM	BLA+BLL	Autres
1984-1989	323,5	10,2	354,2	0,2	169,1	28,2	846,8	7,1	8,0	42,7	19,3
1990-1999	502,4	7,1	359,2	0,8	226,8	11,4	1088,4	5,2	45,9	33,7	20,5
2000-2004	763,6	0,5	342,5	-2,9	486,5	3,3	1592,6	0,5	47,9	21,5	30,6

**Tableau n° 2 : Evolution de la production laitière nationale de 1984 à 2004 (MADR, 2004)**

### 4. Evolution de la collecte du lait cru :

La collecte du lait cru a atteint les 42,7 millions de litres en moyenne (Tableau n° 3) durant la décennie 1970 – 79, ce qui correspond à un taux de variation de collecte de 7,2 % et un taux de variation de l'intégration de 34,5 %. Durant la décennie 1980 – 89, la collecte a été en moyenne de 46 millions de litres avec un taux de variation de collecte réduit (2,2 %). Selon BENYOUCEF (2005), ces variations s'expliquent au départ par l'importation de vaches laitières en 1966 et le repeuplement des étables. Quant aux baisses de la collecte, elles peuvent être expliquées par l'augmentation de la transformation industrielle de lait recombinaé à base de poudre de lait. Toutefois, les quantités collectées ont fortement progressé au cours de la première moitié de la décennie 1990 puisque multipliées par 3,7 entre 1990 et 1996, en passant de 37 millions de litres à 138 millions de litres ; selon BENCHARIF (2001), cela probablement en relation avec la forte amélioration des prix du lait cru qui est passée de 7 DA/l à 22 DA/l. Le taux de collecte a, par la suite, décliné jusqu'à l'année 1999. De ce fait, la part de la production nationale collectée a atteint un maximum de 15,2 % au cours de l'année 1996 avant de chuter à 7,7 % entre 1999 et 2000. En 2000, la collecte a atteint 101 millions litres de lait. Selon BENYOUCEF (2005), la production de lait cru disponible dans les exploitations agricoles reste encore faiblement intégrée

dans la transformation industrielle. Au-delà des performances moyennes de production des élevages laitiers, la collecte constitue de façon évidente le maillon faible de la filière lait.

<b>Périodes</b>	<b>Quantité moyenne du lait collectée (millions litres)</b>	<b>Taux de variation de collecte (%)</b>
<b>1970-1979</b>	42,7	7,2
<b>1980-1989</b>	46	2,2
<b>1990</b>	37	
<b>1996</b>	138	15,2
<b>1999</b>	93	7,7
<b>2000</b>	101	

*Tableau n° 3 : Evolution de la collecte du lait (MADR, 2004)*

## **CHAPITRE II : Généralités sur le lait**

### **1. Définition :**

---

Le lait a été défini en 1908 au cours du congrès international de la répression des fraudes à Genève comme étant « le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Le lait doit être recueilli proprement et ne contenir de colostrum » (LECOQ, 1965 ; MATHIEU, 1998 ; POUGHEON *et* GOURSAUD, 2001). Le terme « lait », sans qualificatif, désigne le lait de vache.

Du point de vue physicochimique, le lait est un produit très complexe. Une connaissance approfondie de sa composition, de sa structure et de ses propriétés physiques et chimiques est indispensable à la compréhension des transformations du lait et des produits obtenus lors des différents traitements industriels (AMIOT *et al.*, 2002).

### **2. Principales Caractéristiques :**

---

#### **2.1. Caractéristiques organoleptiques :**

Le lait de vache est un liquide opaque, blanc mat, d'autant plus jaune qu'il est plus riche en crème, doué d'une odeur identifiable peu accentuée et d'une saveur légèrement sucrée (LECOQ, 1965 ; FAO/OMS, 2000).

#### **2.2. Caractéristiques physico-chimiques :**

Selon MAHAUT *et al.* (2003), les principales caractéristiques physico-chimiques du lait sont :

Masse volumique à 20 °C ..... 1028 – 1034 kg/m<sup>3</sup>.

---

Point de congélation .....	- 0, 555 °C.
pH .....	6,6 à 6,8.
Acidité titrable .....	15 à 18 °D.
Point d'ébullition .....	100,5 °C.

### 3. Composition chimique :

---

Le lait est un édifice physico-chimique extrêmement complexe qui contient des trésors de richesses nutritionnelles (PACCALIN *et* GALANTIER, 1986). C'est un liquide très aqueux mais dont la composition pondérale en glucides, lipides et protides est remarquablement équilibrée (respectivement comme 1,5 – 1,0 et 1,0), avec en plus un choix intéressant en sels, en vitamines et en enzymes. Avec un pouvoir calorifique de 650 calories environ pour 1000 g de lait, le lait de vache est un excellent aliment pour l'homme (ALAIS *et* LINDEN, 1987). Le tableau n° 4 donne la composition moyenne du lait de vache de race laitière.

#### 3.1. L'eau :

L'eau est le constituant le plus important du lait, en proportion, dans laquelle sont dispersés tous les autres constituants (MATHIEU, 1998). Elle se trouve sous deux formes :

- *L'eau extra micellaire* représente environ 90 % de l'eau totale, et contient la quasi-totalité du lactose, des sels minéraux solubles, de l'azote soluble,...
- *L'eau intra micellaire* représente environ 10 % de l'eau totale ; une fraction de cette eau est liée aux caséines et l'autre conserve des propriétés solvantes (MAHAUT *et al.*, 2003).

#### 3.2. Les glucides :

Presque tous les glucides du lait de vache sont constitués par le lactose (ALAIS *et* LINDEN, 1987). Il est à l'état de solution et, au cours de l'égouttage du fromage, il est en grande partie éliminé avec le lactosérum. Il joue un rôle nutritionnel particulier et intervient également comme élément de fermentation (MIETTON *et al.*, 1994 ; FAO/OMS, 2000 ).

D'autres glucides peuvent être présents en faibles quantités, comme le glucose et le galactose qui proviendraient de l'hydrolyse du lactose ; en outre, certains glucides peuvent se combiner aux protéines (AMIOT *et al.*, 2002).

**Tableau n° 4 : La composition moyenne du lait de vache de race laitière (VIERLING,1999).**

## Influence de quelques paramètres de production (alimentaire et race) sur la composition du lait aptitude à la coagulation par des succédanés de la présure

Composants	Teneurs en grammes / litre	Valeurs extrêmes
Eau	905	900 – 910
Dérivés azotés : Protéines Caséines Protéines solubles Azote non protéique	34,4 32,7 27,7 5,6 1,7	31,8 – 38,2
Matière grasse : Lipides neutres Lipides complexes Composés liposolubles	37 36 < 0,5 < 0,5	34 – 42
Glucides : Lactose	48 47	46 – 51
Minéraux	8	7 – 9
Constituants divers (vitamines, enzymes, gaz dissous)	Traces	
Extrait sec total	128	125 - 130

### 3.3. Les matières grasses :

Les matières grasses du lait se composent principalement de triglycérides (98%), de phospholipides (1 %) et d'une fraction insaponifiable (1 %) constituée en grande partie de cholestérol et de  $\beta$ -carotène (AMIOT *et al.*, 2002).

#### 3.3.1. Les triglycérides :

Ce sont des esters du glycérol, formés par la condensation de trois molécules d'acides gras sur une molécule de glycérol (MAHAUT *et al.*, 2003 ; AMIOT *et al.*, 2002). Le tableau n° 5 donne les principaux acides gras présents dans les triglycérides du lait.

**Tableau n° 5 : Symboles, proportions et points de fusion des principaux acides gras présents dans les triglycérides du lait (AMIOT *et al.*, 2002).**

Acides gras	Symboles	Pourcentage du contenu total en acides gras %	Point de fusion (°C)
Acides gras saturés : Butyrique Caproïque Caprylique Caprique Laurique Myristique Palmitique Stéarique	C4 : 0 C6 : 0 C8 : 0 C10 : 0 C12 : 0 C14 : 0 C16 : 0 C18 : 0	3,0 – 4,5 1,3 – 2,2 0,8 – 0,5 1,8 – 2,0 7,0 – 13,0 29,0 – 33,0	- 7,9 - 1,5 + 43,6 + 53,8 + 62,6 + 69,3
Acides gras insaturés : Oléique Linoléique $\alpha$ -Linoléique Arachidique	C18 : 1 C18 : 4	30,0 – 40,0 2,0 – 0,8 à 1,0 Jusqu'à 1,0	+ 15,0 - 5,0 - 11,0 - 49,5

#### 3.3.2. Les phospholipides :

Les phospholipides du lait, classés comme lipides complexes, se distinguent par la présence de phosphore dans leurs structures. On distingue trois types de phospholipides : les lécithines, les céphalines et les sphingomyélines (AMIOT *et al.*, 2002).

#### 3.3.3. La fraction insaponifiable :

Elle est constituée principalement des stérols dont le plus important est le cholestérol, des caroténoïdes, des xanthophylles et les vitamines insaponifiables A, D, E et K (MAHAUT *et al.*, 2003 ; AMIOT *et al.*, 2002).

### 3.4. Protéines et autres dérivés azotés du lait :

La teneur en dérivés azotés du lait est de 34 g/l, les protéines représentent 95% des matières azotées et l'azote non protéique 5 % (ALAIT *et al.*, 2003) (Tableau n° 6).

#### 3.4.1. Les protéines du lait :

Différentes structures et propriétés physicochimiques distinguent les protéines du lait. On les classe en deux catégories d'après leur solubilité dans l'eau et leur stabilité (AMIOT *et al.*, 2002) :

##### 3.4.1.1. Les caséines :

Les caséines forment près de 80 % de toutes les protéines présentes dans le lait. Elles sont en suspension colloïdale, se regroupent sous forme de micelles et précipitent sous l'action de la présure ou lors de l'acidification à pH d'environ 4,6 (ALAIT *et al.*, 2003).

Les caséines sont classées en quatre espèces principales :

- Les caséines  $\alpha_{S1}$ ,  $\alpha_{S2}$ , beta qui constituent respectivement 31, 12 et 23 % des protéines, contiennent 199, 207 et 209 résidus d'acides aminés ;
- La caséine k, qui représente 13 % des protéines, contient 169 résidus d'acides aminés. Elle a un rôle exceptionnel car, soluble à toutes les températures en présence de calcium, elle stabilise les autres caséines et permet la formation de micelles stables (VIERLING, 1999).

La micelle de caséine est une particule sphérique formée par l'association des caséines ( $\alpha_{S1}$ ,  $\alpha_{S2}$ , beta et k), de quelques fragments peptidiques (les caséines  $\gamma$ ) issus de la protéolyse de la caséine beta par la plasmine et de composants salins dont les deux principaux sont le calcium et le phosphore (EIGEL *et al.*, 1984).

L'organisation de la micelle reste encore aujourd'hui du domaine de l'hypothèse. Selon SCHMIDT (1980), la micelle serait constituée d'un ensemble de sous-unités ou submicelles, de nature exclusivement protéique et de composition variable. Ces sous-unités s'agrègent entre elles par l'intermédiaire du calcium et du phosphate minéral. L'agrégation est favorisée par la présence des sites phosphoséryls localisés à l'extérieur des submicelles ; ceux-ci présentent en effet une très grande affinité vis-à-vis du calcium et du phosphate de calcium (BRULE *et* LENOIR, 1987).

##### 3.4.1.2. Les protéines solubles :

Dites protéines du lactosérum, se retrouvent sous forme de solution colloïdale. Les deux principales sont la  $\beta$ -lactoglobuline (environ 55 %) et l' $\alpha$ -lactalbumine (environ 22 %) ; les autres protéines sont les immunoglobulines (environ 13 %), le sérum albumine bovine (SAB) (environ 7 %) et la lactoferrine (environ 4 %). En plus, différents enzymes sont présents dans le sérum (AMIOT *et al.*, 2002).

A leur pH isoélectrique, les protéines du lactosérum restent solubles contrairement à la plupart des protéines ; elles vont donc migrer avec le lactosérum lors de la coagulation du lait (VIERLING, 1999), elles précipitent sous l'action de la chaleur (AMIOT *et al.*, 2002).

### 3.4.2. Les matières azotées non protéiques :

Ce sont des substances de bas poids moléculaire (MATHIEU, 1998). Elles sont composées en grande majorité d'urée (36 à 80 %), mais aussi d'ammoniac, d'acides aminés libres, de créatine, de l'acide hippurique, etc. Le changement de la concentration de l'azote non protéique dans un échantillon de lait est généralement attribuable à une variation de l'urée dans cette fraction (BLOCK *et al.*, 1998 ; POUGHEON *et* GOURSAUD, 2001). Elles restent en solution dans les conditions de précipitation des protéines du lait, leurs molécules ne s'agregent pas mais demeurent séparées par l'eau (MATHIEU, 1998).

	Proportion	g/litre (moyenne)
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>34,0</b>
<b>Protéine</b>	<b>95</b>	<b>32,3</b>
<b>Caséines :</b>	78	26,5
• Caséine alpha <sub>1</sub>	36	9,55
• Caséine alpha <sub>2</sub>	10	2,65
• Caséine beta	34	9,0
<b>Caséine k</b>	13	3,45
• Caséine y	7	1,85
<b>Protéines solubles :</b>	17	5,8
• β-lactoglobuline	50	2,9
• A-lactalbumine	22	1,3
• Séralbumine	5	0,3
• Immunoglobulines	12	0,7
• Protéoses peptones	10	0,6
<b>Substances azotées non protéiques</b>	<b>5</b>	<b>1,7</b>

*Tableau n° 6 : composition moyenne des matières azotées du lait de vache (ALAIT *et al.*, 2003)*

### 3.5. Les minéraux :

La quantité des minéraux contenus dans le lait varie de 6 à 9 g/l. Les minéraux ont un rôle intéressant par leur contenu en calcium (1,25 g/l) et en phosphore (1 g/l), le lait de vache contient également du potassium (1,5 g/l), trois fois moins de sodium (0,5 g/l), du chlore et du magnésium (ALAIS *et al.*, 2003). Auxquels s'ajoutent certains éléments qui sont présents à de faibles concentrations ou à l'état de trace : soufre, fer, cuivre, zinc, iode, manganèse, bore, fluor, silicium.... Les minéraux du lait se trouvent sous deux formes principales, surtout sous forme de sels ionisés et solubles dans le sérum et sous forme micellaire insoluble (AMIOT *et al.*, 2002).



### 3.6. Les vitamines :

Ce sont des molécules complexes, de structures variées ayant un rapport étroit avec les enzymes dont elles jouent un rôle de coenzyme (GOURSAUD, 1999). On les répartit en deux classes selon leur solubilité (AMIOT *et al.*, 2002) :

- Les vitamines hydrosolubles (vitamines du groupe B et vitamine C) qui se retrouvent en plus grande concentration dans le sérum ;
- Les vitamines liposolubles (vitamines A, D, E et K) qui s'associent aux différents lipides

### 3.7. Les enzymes :

Le lait contient principalement trois groupes d'enzymes : les hydrolases, les déshydrogénases (ou oxydases) et les oxygénases. Les deux principaux facteurs qui influent sur l'activité enzymatique sont le pH et la température. En effet, chaque enzyme possède un pH et une température d'activité maximale (AMIOT *et al.*, 2002).

## 4. La coagulation du lait

La coagulation du lait, qui se traduit par la formation d'un gel, résulte des modifications physicochimiques intervenant au niveau des micelles de caséines (BRULE *et* LENOIR, 1987). On peut provoquer la coagulation par acidification, par l'action d'une enzyme ou encore par l'action combinée des deux (ST-GELAIS *et* TIRARD-COLLET, 2002).

### 4.1. Coagulation acide :

L'acidification brutale, par addition d'un acide minéral ou organique, entraîne une floculation des caséines à pH 4,6 sous la forme d'un précipité plus ou moins granuleux qui se sépare du lactosérum. En revanche une acidification progressive obtenue par fermentation lactique conduit à la formation d'un coagulum lisse, homogène, qui occupe entièrement le volume initial du lait (BRULE *et* LENOIR, 1987).

### 4.2. Coagulation enzymatique :

Elle consiste à transformer le lait de l'état liquide à l'état de gel par action d'enzymes protéolytiques, le plus souvent d'origine animale.

On distingue trois phases :

- **Phase primaire ou enzymatique** : elle correspond à l'hydrolyse de la caséine □ au niveau de la liaison phénylalanine (105) et méthionine (106) ;
- **Phase secondaire ou d'agrégation des micelles déstabilisées** : à pH 6,6, elle commence lorsque 80 à 90 % de la caséine □ est hydrolysée ;
- **Phase tertiaire ou phase de réticulation** : elle conduit à la formation du gel.

Plusieurs facteurs influent sur la coagulation tels que la concentration en enzyme, la température, le pH, la teneur en calcium, la composition en caséines, la dimension des micelles et les traitements préalables du lait tels que le refroidissement, le traitement thermique et l'homogénéisation (JEANTET *et al.*, 2008).

### 4.3. Coagulation mixte :

Elle résulte de l'action conjuguée de la présure et de l'acidification. La multitude de combinaisons conduisant à différents états d'équilibres spécifiques est à l'origine de la grande diversité des fromages à pâte molle et à pâte pressée non cuite (MAHAUT *et al.*, 2003).

## **5. Les enzymes coagulantes du lait :**

---

Il y a un grand nombre d'enzymes protéolytiques, d'origines animale, végétale ou microbienne, qui ont la propriété de coaguler le lait. La présure d'origine animale est le coagulant le plus utilisé (ST – GELAIS *et al.*, 2002).

### **5.1. La présure :**

La présure de veau est l'agent coagulant traditionnellement utilisé pour la coagulation du lait en vue de la fabrication de la majorité des fromages. Selon RAMET (1997), la dénomination "présure" est donnée à l'extrait coagulant provenant de caillettes de jeunes ruminants abattus avant sevrage. Elle contient en réalité deux fractions actives, l'une, majeure, constituée par la chymosine, l'autre, mineure, par la pepsine.

Elle est commercialisée sous forme d'une solution à 1 : 10 000 – 1 : 15 000, c'est-à-dire qu'un volume de présure peut coaguler 10 000 à 15 000 volumes de lait en 40 minutes à 35°C. En principe, la présure en poudre est dix fois plus forte que la présure liquide (GOSTA, 1995).

### **5.2. Les succédanés de la présure :**

Les recherches en vue de trouver des succédanés de la présure, ont commencé il y a une cinquantaine d'années, essentiellement en Inde et en Israël à cause du refus des végétariens de consommer du fromage à base de présure animale. Dans le monde musulman, l'utilisation de présure porcine est hors de question, ce qui constitue une autre bonne raison pour trouver des produits de substitution convenables. Ces dernières années, l'intérêt pour ces produits s'est généralisé, à cause de la pénurie de présure animale de bonne qualité (GOSTA, 1995).

Selon RAMET (1997), pour un succédané, plusieurs propriétés technologiques sont indispensables et doivent permettre de respecter les modalités habituelles des phases de la fabrication fromagère ; elles peuvent se résumer comme suit :

- L'activité coagulante doit être bonne dans les conditions physico-chimiques des laits habituellement transformés en fromagerie (pH, température, teneur en calcium).
- Les propriétés rhéologiques des coagulums doivent évoluer après la floculation, de façon à permettre le travail mécanique du gel dans les délais habituels.
- La synérèse du coagulum au cours de la phase d'égouttage doit permettre d'obtenir un fromage d'extrait sec et de composition chimique caractéristiques du fromage désiré, dans un délai au plus égal à celui observé avec la présure.
- Les modalités de l'affinage doivent permettre d'obtenir un produit fini présentant les normes organoleptiques habituelles après une durée de maturation voisine de celle des fromages fabriqués avec la présure.
- Les rendements en fromage, exprimés en extrait sec de fromage, doivent être au moins égaux à ceux relevés lors de l'emploi de la présure.

### 5.2.1. Les succédanés d'origine animale :

Différentes protéases digestives autres que celles contenues dans la présure telles la trypsine, la chymotrypsine et la pepsine ont fait l'objet d'expérimentations (ERNSTROM et WONGT, 1977).

Selon RAMET (1997), les deux premières entraînent des modifications profondes des modalités de fabrication et de la qualité des produits finis consécutives à la forme activité protéolytique. Ces enzymes ne sont pas utilisées au plan industriel, seules les pepsines porcines et bovines présentent un intérêt industriel.

Mélangé à la présure, la pepsine porcine apparaît être d'une utilisation plus large pour la fabrication des fromages acides. Tandis que pour la pepsine bovine, qui est un des constituants mineurs normaux de la présure mais dont la sécrétion devient prépondérante après sevrage, elle apparaît très voisine de la présure et son activité est moins dépendante du pH que celle de la pepsine porcine (RAMET, 1997).

Par ailleurs, il a été montré que les caillettes d'ovins constituent une source potentielle de pepsine qui peut être substituée, en partie, à la présure. En effet, l'étude menée en Algérie par SLAMANI (2003) a fait ressortir que les caractéristiques de la pepsine ovine se rapprochent de celles de la pepsine bovine.

La pepsine du poulet a été également expérimentée avec succès pour la fabrication de certains fromages. Selon MORSLI (1996), l'extrait du proventricule de poulet *Gallus gallus* a permis la fabrication de Camembert dont la qualité organoleptique ainsi que le rendement fromager étaient comparables à ceux préparés avec la présure.

La paroi interne de l'estomac de la morue de l'atlantique secrète une pepsine qui permet de coaguler le lait à 15°C plus efficacement que la chymosine de veau (HAARD *et al.*, 1982). D'où la possibilité, selon BREWER *et al.* (1984), de contrôler l'activité protéolytique excessive par inactivation thermique. Enfin, une pepsine A a été isolée de la muqueuse gastrique de phoque, au Canada, et donne de bons résultats dans la fabrication de Cheddar (SCHAMSUZZAMAN *et* HAARD, 1985).

### 5.2.2. Les succédanés d'origine végétale :

Des travaux très récents menés sur des substrats de plantes ont été publiés montrant le nouvel intérêt que suscite les protéases d'origine végétale (EGITO *et al.*, 2007 ; TEJADA *et al.*, 2008 ; CHAZARRA *et al.*, 2007 ; PEREIRA *et al.*, 2008 ; FERNANDEZ-GARCIA *et al.*, 2008 ; LOW *et al.*, 2006). Auparavant, le genre *Cynara L* a fait l'objet de plusieurs fabrications de fromage à base de lait de chèvre (BARBOSA *et al.*, 1976) et plusieurs espèces végétales ont été identifiées, *Ananas comosus* (CATTANEO *et al.*, 1994), *Calotropis procera* (SANNI *et al.*, 1999), *Opuntia phylloclades*, *Cereus triangularis*, *Euphorbia caducifolia*, *Ficus bengalensis*, *F. elastica*, *E. hista*, *Ficus carica* (UMAR DAHOT *et al.*, 1990 ; ONER *et* AKAR, 1993), *Lactuca sativa* ( LO PIERO *et al.*, 2002), *Cynara scolymus* ( SIDRACH *et al.*, 2005) , *Cynara. cardunculus* (SOUSA *et* MALCATA, 2002), *Helianthus annuus* (PARK *et al.*, 2000), *Albizia lebbeck* (EGITO *et al.*, 2007). LOPES *et al.* (1998) avaient étudié les différentes parties de la plante de sept espèces de la famille des papilionacées (*Eriosema shirensense*, *E. ellipticum*, *E. pauciflorum*, *E. gossweilleri*, *E. psoraleoides*, *Adenolichos anchietae* and *Droogmansia megalantha*), des activités protéolytiques et coagulantes ont été mis en évidence dans les extraits de feuilles et de racines. Des essais de purification plus poussée et une connaissance plus approfondie des mécanismes biochimiques de ces enzymes sont devenus le centre d'intérêt des chercheurs (NOUANI, 2009).

### **5.2.3. Les succédanés d'origine microbienne :**

Parmi les voies de substitution de la présure, la production d'enzymes coagulant le lait à partir de la culture microbienne, suscite un intérêt pour la fromagerie locale et dans le monde où plusieurs souches de microorganismes font l'objet de productions industrielles de protéases coagulantes, *Mucor miehei*, *Mucor pusillus*, *Endothia parasitica*, *Irpex lacteus*, *Aspergillus niger*, *Kluyveromyces lactis* et *Escherichia coli* (ALAIS et NOVAK, 1968 ; ALAIS et LAGRANGE, 1972 ; OLSON, 1995 ; CHANNE et SHEWALE, 1998). Des études comparatives de ces enzymes coagulantes et de la chymosine ont indiqué de grandes similarités dans le mécanisme de la coagulation du lait et plusieurs variétés de fromages préparées avec ces extraits sont semblables à ceux obtenus avec la présure traditionnelle (DESMAZEAUD et SPINLER, 1997 ; RAMET, 1997 ; GOURSAUD, 1999). Dans le souci d'améliorer les rendements de production et la réduction de l'activité protéolytique qui affecte la qualité des fromages, des études récentes font toujours l'objet de travaux sur la recherche de nouvelles sources microbiennes (CAVALCANTI et al., 2004 ; ALAM et al., 2005 ; ESAWY et al., 2006 ; CHWEN-JEN et al., 2009).

## **CHAPITRE III :Variation de la composition du lait**

La composition du lait varie beaucoup, en particulier, en fonction de l'alimentation et de la race de l'animal (CHEFTEL et CHEFTEL, 1992).

### **1. Effets de la race :**

---

De nombreuses études ont été réalisées pour évaluer l'effet des caractéristiques génétiques des animaux sur les caractéristiques du lait. On sait ainsi que les vaches de race Normande, Montbéliarde ou Brune produisent un lait plus riche en protéines et de meilleure aptitude fromagère que celui de vaches Holstein conduites dans les mêmes conditions (FROC et al., 1988 ; MACHEBOEUF et al., 1993a ; MALOSSINI et al., 1996 ; AULDIST et al., 2002 ; MISTRY et al., 2002) : le gel obtenu après adjonction de présure est plus ferme et les rendements fromagers plus élevés. L'ensemble de cet effet est lié aux différences de teneurs en caséines des laits d'une race à l'autre (GROSCLAUDE, 1988 ; MACHEBOEUF et al., 1993a).

Selon la FAO (1995), il existe de grands écarts dans la composition du lait d'une race à une autre, et surtout dans le taux de matières grasses.

### **2. Effets de l'alimentation :**

---

De nombreux travaux ont été réalisés dans le monde entier pour déterminer l'influence des divers aliments de la ration sur la composition du lait.

Selon l'étude de COULON (1991), l'utilisation d'ensilage de maïs est souvent associée à des taux protéiques élevés parce qu'il permet en général de réaliser des rations où les apports énergétiques sont plus facilement couverts.

Par contre, sous la forme d'ensilage, le maïs plante entière est un aliment favorable à la synthèse des matières grasses en raison essentiellement des orientations fermentaires dans le rumen (l'amidon fermenté est favorable à la production d'acide butyrique) et à la richesse en lipides du grain de maïs. Présenté sous forme sèche, après broyage et agglomération, le maïs plante entière n'induit pas les mêmes orientations fermentaires qu'ensilé et constituerait au contraire un moyen efficace de réduire la synthèse des matières grasses. Ceci est à attribuer à la proportion élevée de grains de maïs non fermentés (amidon en l'état) dans la plante (HODEN *et* COULON, 1991).

D'un autre côté, l'utilisation d'une ration mixte d'ensilages de maïs + trèfle violet (HODEN *et al.*, 1987) a mis en évidence l'influence négative de cette ration avec du trèfle violet sur les performances de production et de composition du lait. Les taux butyreux et protéique ont été en particulier anormalement bas par rapport à ceux observés avec des rations composées uniquement d'ensilage de maïs (HODEN *et al.*, 1985). L'introduction de betteraves à cette ration mixte (HODEN *et al.*, 1988) a permis d'améliorer significativement les conditions de lait et de matière utile ainsi que le taux butyreux. Les effets bénéfiques de l'introduction supplémentaire de betteraves sont vraisemblablement à attribuer d'une part à des modifications d'orientations fermentaires dans le rumen (acide butyrique) favorables à la synthèse des matières grasses (JOURNET *et* CHILLIARD, 1985) et d'autre part au meilleur niveau d'apport énergétique pour la synthèse des protéines (REMOND, 1985).

SEEGERS *et al.* (1989) ont observé que l'utilisation d'ensilage d'herbe en quantité importante dans des rations à base d'ensilage de maïs conduit à une amélioration des taux protéiques ; dans ce cas, l'utilisation d'ensilage d'herbe est un indice de la maîtrise globale du système alimentaire et de l'utilisation raisonnée des différents fourrages disponibles (COULON, 1991).

L'introduction de la luzerne déshydratée de qualité en substitution partielle de l'ensilage de maïs a permis d'augmenter la production de lait et de faire baisser le taux butyreux sans affecter le taux protéiques (PEYRAUD *et* DELABY, 1994). Par contre, l'introduction de la luzerne déshydratée dans la ration de vaches laitières alimentées avec de l'ensilage d'herbe et de l'ensilage de maïs complétés par du tourteau de soja, a permis de diminuer les quantités de tourteau de soja sans modification de la production laitière ni du taux butyreux du lait. En revanche, le taux protéique a augmenté sans modification du taux de caséines (THENARD *et al.*, 2002).

Le taux protéique augmente donc de manière linéaire avec les apports énergétiques (COULON *et* REMOND, 1991 ; BONY *et al.*, 2005) sauf lorsque l'augmentation de ces apports est réalisée par l'adjonction de matières grasses qui, quelle que soit leur origine, ont un effet dépressif. Au contraire, le taux butyreux tend à baisser dans le cas de niveaux énergétiques très élevés en raison de l'arrêt de la mobilisation des réserves corporelles qui entraînent souvent une augmentation du taux butyreux (DOREAU *et* CHILLIARD, 1992).

Par ailleurs, le taux protéique dépend aussi de la couverture des besoins en acides aminés indispensables, lysine et méthionine en particulier (RULQUIN *et al.*, 1993). Donc de la nature des compléments azotés distribués aux animaux. L'augmentation du niveau des apports azotés dans la ration entraîne une augmentation conjointe des quantités de lait et de protéines secrétées, de sorte que le taux protéique est peu modifié (REMOND, 1985).

Enfin, différentes expériences ont démontré que le pois, excellente source de protéines et d'énergie pour les ruminants (CORBETT, 1997), pouvait constituer la principale source de suppléments protéiques pour les vaches laitières, en remplacement des tourteaux, de soja et de canola (CORBETT, 1995 ; PETIT, 1997 ; PELLETIER, 1999). La production et la

qualité du lait se sont maintenues ou légèrement accrues, lors de ces essais, alors que le pois constituait jusqu'à 25 % des concentrés servis.

### **3. Effets de la saison et du stade de lactation :**

---

Les teneurs en matières grasses et en protéines évoluent de façon inverse à la quantité de lait produite. Elles sont maximales au cours des premiers jours de lactation, minimales durant les 2<sup>e</sup> ou 3<sup>e</sup> mois de lactation, et s'accroissent ensuite jusqu'à la fin de la lactation (SCHULTZ *et al.*, 1990 ; AGABRIEL *et al.*, 1990). Le temps de coagulation augmente en début de lactation, reste stable en milieu de lactation et, selon les auteurs, diminue (COULON *et al.*, 1988), reste stable (MARIANI *et al.*, 1982) ou augmente ensuite légèrement en fin de lactation (OKIGBO *et al.*, 1985).

La saison agit essentiellement par l'intermédiaire de la durée du jour. La plupart des travaux ont en effet montré qu'une photopériode expérimentale longue (15 à 16 h par jour) augmentait la production laitière et diminuait parfois la richesse du lait en matière utile (PETERS *et al.*, 1981 ; TUCKER, 1985 ; BOCQUIER, 1985 ; STANISIEWSKI *et al.*, 1985 ; PHILLIPS *et* SCHOFIELD, 1989). Ces accroissements de production laitière sont associés à une augmentation des quantités ingérées (PETERS *et al.*, 1981 ; PHILLIPS *et* SCHOFIELD, 1989), alors que la modification des équilibres hormonaux (augmentation de la prolactinémie) (TUCKER, 1985) pourrait entraîner une dilution des matières secrétées et donc une diminution des taux butyreux et protéique (BOCQUIER, 1985). D'autre part, l'augmentation de la température ambiante, lorsqu'elle se maintient dans la zone de confort thermique des vaches, pourrait avoir un effet propre favorable à la production laitière et défavorable à la richesse du lait, qui s'ajouterait à l'effet de la photopériode (BOCQUIER, 1985).

D'un autre côté et selon COULON *et al.* (1986), les variations saisonnières de la production laitière sont assez marquées ; il semble que les mois d'avril à juillet soient les plus favorables et ceux d'août à novembre les moins favorables, ce qui expliquerait la meilleure persistance de production des vaches ayant vêlé en hiver. Ce résultat est vraisemblablement dû à l'effet favorable de la mise à l'herbe et du début de la période de pâturage sur la production laitière.

## **CHAPITRE IV :Incorporation des drêches de distillerie du maïs dans l'alimentation animale**

### **1. Généralités :**

---

L'idée d'utiliser l'éthanol comme carburant a été conçue par Henry Ford, quand il développait sa première automobile. Aux États-Unis, l'utilisation du mélange d'essence à base d'éthanol a débuté vers la fin des années 1970, et a contribué à réduire les émissions de monoxyde de carbone, tel que requis par le Clean Air Act de 1990. Par la suite, la baisse de prix du maïs au cours des années 80 a contribué au développement de la production d'éthanol à base de maïs, qui permettait de répondre à la demande locale pour le maïs et contribue à soutenir le revenu des producteurs (ANONYME, 1998).

En vue de produire de l'éthanol, deux autres sous produits sont créés par la distillerie du maïs : le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) et la drêche de distillerie. En fait, trois tonnes de maïs-grains permettent de produire une tonne ou 1000 litres d'éthanol, une tonne de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) et une tonne de drêche de distillerie. Cette dernière sert à l'alimentation animale (BACHAND, 2007).

## 2. Définition des drêches de distillerie :

---

Les drêches de distillerie avec soluble appelées *Distiller Dried Grain with Soluble* (DDGS) sont des sous produits céréaliers de la production d'éthanol, obtenues après transformation et fermentation de l'amidon contenu dans le maïs. L'alcool obtenu après fermentation est recueilli par distillation, le mélange restant est desséché afin d'obtenir des extraits secs de distillerie.

Les étapes de distillerie sont résumées comme suit DDGS (ALVES DE OLIVEIRA, 2001) :

- **Broyage** : Consiste à broyer les grains du maïs pour réduire leur taille.
- **Cuisson** : Après avoir été mélangé avec de l'eau le maïs broyé est cuit. Au cours de cette étape, l'amidon est hydrolysé.
- **Fermentation** : Le moût (mélange) estensemencé avec des levures qui font fermenter les sucres en alcool et en gaz carbonique.
- **Distillation** : Elle permet de séparer, l'alcool par évaporation et un résidu qui est soumis à une filtration.

La phase liquide est déshydratée et forme les "solubles de distilleries" sous la forme de sirop. Certaines usines d'éthanol produisent ce sirop, mais dans la majorité des cas, elles l'ajoutent aux sous produits solides (BACHAND, 2007) ;

Le résidu solide recueilli sur le filtre, forme une drêche humide qui sera déshydratée pour former les drêches de distillerie solides. Ce dernier est mélangé avec les solubles pour former les drêches de distillerie avec solubles ou DDGS (ALVES DE OLIVEIRA, 2001 ; BACHAND, 2007).

## 3. Propriétés physiques des drêches de distillerie :

---

Elles sont caractérisées par une couleur jaune or au brun, une odeur fraîche et fermentée et une texture qui peut s'étendre de fines à grosses particules, elle dépend de la finesse originale du morcellement du grain (METTHEW et GIBSON, 2007).

## 4. Valeur alimentaire des drêches de distillerie :

---

Selon BACHAND (2007), les drêches de distillerie sont considérées comme un produit de haute qualité nutritionnelle, à teneur élevée en protéines non dégradables et en gras (près de 15 % de la matière sèche), qui en fait d'elles un aliment énergétique contenant une fibre très digestible (Tableau n° 7). Elles sont aussi riches en minéraux, ce qui peut freiner leur utilisation dans certains cas.

Lors d'une expérience récente, des chercheurs de l'Université du Dakota du Sud (USA) ont estimé l'énergie nette de lactation des drêches aux alentours de 2,25 mcal/kg. Cette valeur est 12 % plus élevée que l'énergie fournie par le maïs en grain moulu. La protéine

brute est relativement élevée (30 %), et celle-ci est faiblement dégradée dans le rumen, ce qui est avantageux pour les vaches laitières (FOURNIER, 2008).

## **5. Utilisation des drêches de distillerie en alimentation des vaches laitières :**

---

L'utilisation d'un nouvel aliment repose essentiellement sur sa composition et la variabilité de ses nutriments. Aussi avant d'intégrer ce nouvel aliment dans la ration alimentaire des vaches laitières, il est important de connaître le prix payé.

BACHAND (2007) note que la vache laitière pourra avantageusement utiliser la drêche de distillerie en raison de sa teneur élevée en protéines non dégradables. Pour éviter un apport trop élevé en minéraux, il est possible d'en ajuster la quantité à la ration.

La plupart des essais zootechniques d'utilisation des drêches ont été menés chez des vaches laitières. Elles sont employées essentiellement comme complément azoté des aliments pauvres en azote.

Le taux d'incorporation est extrêmement variable en fonction de la ration alimentaire considérée. Le plus souvent le taux d'incorporation des drêches varie entre 10% et 40%.

Le tableau n° 7 indique la composition des grains de maïs et des drêches de distillerie.

**Tableau n° 7 : Comparaison de la composition en nutriments du maïs en grain et des drêches de distillerie (ANONYME, 2008).**

	<b>Maïs / grain</b>	<b>Drêches de distillerie</b>
<b>Matière sèche (%)</b>	90,3	88,4
<b>Protéines brutes (%)</b>	9,5	30,3
<b>Gras (%)</b>	4,4	15,8
<b>Fibres au détergent neutre NDF (%)</b>	9,8	33,8
<b>Amidon (%)</b>	70,6	5,85
<b>Sucres non structuraux (%)</b>	76,6	25,9
<b>Calcium (%)</b>	0,05	0,03
<b>Phosphore (%)</b>	0,32	0,98
<b>Magnésium (%)</b>	0,12	0,39
<b>Potassium (%)</b>	0,41	1,17
<b>Soufre (%)</b>	0,10	0,67

## **6. Intérêt économique de l'incorporation des DDGS :**

---

Le prix des drêches de distillerie reste concurrentiel par rapport à celui du maïs grain et des tourteaux de soja, en particulier dont les prix ne cessent d'augmenter.

L'incorporation des drêches dans les rations alimentaires, comme substitut de ces matières (maïs et tourteaux) permet de réduire le coût de production de lait ou de viande. Cependant l'utilisation des drêches reste soumise à divers facteurs entre autre (BECKMAN, 2007) :

- Stabilité de l'approvisionnement ;
  - Coût de transport (entre l'usine et la ferme) ;
  - Valeur nutritive (énergie, protéine, taux d'humidité) ;
-



- Teneur en mycotoxines (dépend de la teneur dans le maïs) ;
- Caractéristiques physiques : couleur, odeur, taille des particules.

# **PARTIE II MATÉRIEL ET MÉTHODES :**

## **Etude de l'effet de l'incorporation des drêches de distillerie sur la quantité et la qualité du lait**

L'influence de l'incorporation des drêches dans l'alimentation des vaches laitières en vue de la substitution partielle du maïs et des tourteaux de soja a été étudiée dans les conditions d'élevage intensif pratiquées par l'éleveur de la ferme ANDLESS située dans la région de Bejaia.

### **CHAPITRE I . Présentation de la ferme d'étude :**

La ferme de référence ANDLESS est une propriété privée, sise dans le village de Boubirek appartenant à la commune de Beni Maouche Wilaya de Bejaia, située à 20 km de la daïra de Beni Ouartilane et à 10 km de sa commune sur une colline de 600 m d'altitude.

Sa superficie totale est de 82 ha, répartie comme suit :

- 14 ha (17 %) pour l'arboriculture fruitière dont 08 ha de pommiers, 1,5 ha de poiriers, 2 ha d'oliviers et 2,5 ha de figuiers ;
- 68 ha (83 %) sont réservés pour les cultures fourragères à savoir l'orge, l'avoine, le sorgho et le trèfle.

Il existe six hangars pour l'élevage bovin, une nourricière, une salle de traite, une laiterie pour la transformation du lait (lait caillé et camembert), et un hangar de stockage. Il existe aussi un bureau réservé pour le vétérinaire de la ferme qui assure le suivi sanitaire de l'élevage.

La production laitière de la ferme ANDLESS est en moyenne de 2 920 litres par jours dont environ 1 600 à 1 700 litres sont livrés à « DANONE DJURDJURA ».

La ferme est mobilisée grâce à un personnel permanent constitué du propriétaire, douze ouvriers fermiers, un vétérinaire, un technicien responsable du rationnement et trois chauffeurs.

Elle dispose actuellement d'un effectif global de 187 vaches laitières, 31 génisses pleines et 2 taureaux reproducteurs de race Holstein. Il existe deux modes de reproduction pour maintenir l'effectif : l'insémination artificielle et l'accouplement.

Le cheptel bovin laitier est constitué des races suivantes : Holstein à pie noire et à pie rouge, Montbéliardes, Brunes des Alpes et Simmental Fleckvieh.

## CHAPITRE II . Conduite de l'étude :

### 1. Objectifs de l'étude :

---

- Evaluer l'impact de la race et de l'incorporation des DDGS dans la ration alimentaire des vaches laitières sur la production et la qualité du lait ;
- Décrire les variations des caractéristiques biochimiques entre des laits témoins et des laits issus d'une alimentation supplémentée, en mettant l'accent sur celles qui ont des conséquences sur l'aptitude fromagère des laits ;
- Déterminer l'aptitude du lait à la coagulation, par rapport à la race, à l'alimentation (témoin et expérimentale) et au type de coagulant (présure, pepsine), en déterminant les variations du temps de prise du lait

### 2. Conditions expérimentales :

---

#### 2.1. Conditions de la mise en place des essais :

- **Période d'adaptation** : on a utilisé différentes races (deux lots de 24 vaches laitières) réparties en deux lots (subdivisé chacun en sous-lot de 12 vaches) et cela en tenant compte de la capacité de la salle de traite qui contient 12 trayons séparés en deux lignes de six, recevant deux types d'aliments. Le premier lot reçoit une ration standard (témoin) alors que le deuxième reçoit une ration expérimentale contenant les drêches de distillerie du maïs en substitution partielle du maïs et des tourteaux de soja.
- **la période d'essai**, basées en priorité sur la disponibilité des vaches laitières en phase de lactation pouvant assurer une production laitière pendant la durée de l'essai. Les animaux exclus de l'expérience : les animaux croisés, malformations, maladies connues (dont mammites) et tarissement en cours.

Un nombre suffisant de vaches laitières de chaque race retenue (Holstein "H" et Montbéliarde "M") : 24 vaches de chaque race distribuées sur deux lots (12 vaches pour le lot témoin et 12 vaches pour le lot expérimental).

Toutes les races se situent dans les mêmes conditions d'environnement (ferme ANDLESS).

#### 2.2. Mode d'alimentation et abreuvement du cheptel :

Les deux lots de vaches (témoin et expérimental) ont reçu une même ration à base de foin et de paille, le foin avec une quantité de 10 kg/jour/vache en deux prises (5 kg le matin, 5 kg le soir) et la paille avec 6 kg/jour/vache en une seule prise le soir, complétée par un aliment concentré à base de maïs et tourteaux de soja avec une quantité de 12 kg/jour/vache distribué deux fois par jours (5 kg le matin et 7 kg le soir).

De plus, pour le lot expérimental, les drêches de distillerie avec les solubles ont été introduites à raison de 32 % dans le concentré, en substitution partielle du maïs (14 %) et de tourteaux de soja (18 %). Les deux formules de l'aliment concentré utilisé au cours de l'essai, et fabriqué par l'éleveur sur le site, sont présentées dans le tableau n° 8.

Les drêches de distillerie du maïs utilisées au cours de l'essai sont fournies par l'US Gain Consul (U.S.A.) et importées par une entreprise privée spécialisée dans l'importation

## **Influence de quelques paramètres de production (alimentaire et race) sur la composition du lait aptitude à la coagulation par des succédanés de la présure**

---

des aliments de bétail (E.C.I.) (Entreprise de Commerce International). Ces drêches ont été stockées dans un hangar adéquat au niveau de l'exploitation. Elles ont été mises à l'air libre dans l'entrepôt pour l'aération et pour éviter leur fermentation en gardant leurs caractéristiques.

Pour l'abreuvement, le cheptel est abreuvé trois à quatre fois par jour.

**Tableau n° 8 : Formules des aliments concentrés utilisés au cours de l'essai (%).**

<b>Constituants</b>	<b>C1 (témoin)</b>	<b>C2 (expérimentale)</b>
<b>Maïs / grains</b>	47	33
<b>Tourteaux de Soja</b>	25	7
<b>Son de blé</b>	25	25
<b>C.M.V. VL</b>	1	1
<b>Phosphate bicalcique</b>	1	1
<b>Sel</b>	1	1
<b>DDGS</b>	0	32
<b>Total</b>	100	100

### **3. Suivi de l'évolution de la production laitière :**

---

Pour satisfaire les objectifs, le travail va comporter en premier lieu (période d'adaptation) le suivi de la production laitière globale et journalière des deux traites (matin à 7 h et soir à 17 h) pour les deux lots.

Pour la période d'essai, les contraintes de production liées à la pratique d'élevage, en particulier la salle de traite, n'ont pas permis de quantifier la production par vache. Toutefois, nous nous sommes basés sur la production journalière par lot pour calculer, en moyenne, la production journalière par vache.

### **4. Prélèvements et analyses physicochimiques des échantillons :**

---

Les prélèvements ont été réalisés sur des laits individuels, à la traite du soir, correspondant aux deux types d'alimentation (régime témoin "T", régime supplémenté "E").

Sur l'ensemble des deux lots nous avons sélectionné aléatoirement quatre vaches du lot témoin et quatre vaches du lot expérimental. Après lavage des mamelles, nous avons traité manuellement de chaque vache un litre de lait, les échantillons ont été recueillis dans des récipients propres d'une capacité de 1 litre et conservés directement à 4 °C. Ils ont été étiquetés pour assurer leur identification (date de prélèvement, numéro de la vache) et acheminés dans les 12 heures par la route, au laboratoire où ils ont fait l'objet d'une série d'analyses et de tests.

#### **4.1. Méthodes analytiques :**

Sur chacun de ces échantillons, des analyses physico-chimiques et des mesures de temps de coagulation ont été réalisées :

#### **4.2. Dosage de l'azote :**

La composition des matières azotées (ROWLAND, 1938 ; SHAHANI et SOMMER, 1951) a été obtenue après mesure des teneurs en azote total (NT), en azote soluble à pH 4,6 (NST) et en azote soluble dans le TCA 12 % ou l'azote non protéique (NNP) par la méthode Kjeldahl (AFNOR 1986, norme NF V04-211) (Annexe n° 1).

Après dosage de ces différentes fractions azotées, on peut calculer les composants suivants :

- Taux de matières azotées totales (MAT) =  $NT \times 6,38$  ;
- Taux protéique (TP) =  $(NT - NNP) \times 6,38$  ;
- Taux de caséines (C) =  $(NT - NST) \times 6,38$  ;
- Taux de protéines solubles (PS) =  $(NST - NNP) \times 6,38$  ;
- Taux d'azote non protéique (NNP) =  $NNP \times 6,38$ .

**Extrait sec total, extrait sec dégraissé et teneur en eau :**

L'extrait sec total a été déterminé par dessiccation à l'aide d'un analyseur d'humidité (Annexe n° 1) ; alors que l'extrait sec dégraissé représente la différence entre l'extrait sec total de l'échantillon et sa teneur en matières grasses :

$$ESD = EST - MG.$$

Alors que la teneur en eau est égale à :  $H \% = 100 - EST$ .

**pH initial :**

Le pH initial du lait entier a été déterminé dès son arrivée au laboratoire, à la température de 20 °C, à l'aide d'un pH-mètre (Annexe n° 1).

**Densité :**

La densité a été déterminée à l'aide d'un aréomètre selon la norme AFNOR (1986) (Annexe n° 1).

**1. Teneur en matières grasses (Taux butyreux) et en acides gras :**

La teneur du lait en matières grasses (TB) a été déterminée par la méthode acido-butyrométrique de Gerber (AFNOR 1986, norme NF 04-210) (Annexe n° 1). Les résultats sont exprimés en grammes de matières grasses par litre de lait.

Pour convertir les taux de matières grasses en acides gras, il faut appliquer un facteur de conversion (0,945) dérivé de la proportion des acides gras contenus dans les matières grasses du lait et des produits laitiers (PAUL et SOUTHGATE, 1978).

**Etude des acides gras de la matière grasse du lait :**

La détermination du taux butyreux fournit des informations globales qui restent insuffisantes pour rendre compte de l'origine des acides gras présents, de leur nature et de leur quantité. L'analyse qualitative et quantitative des acides gras représente donc une caractéristique d'identité de la matière grasse.

**a. Préparation des esters méthyliques :**

Les acides gras de la matière grasse du lait, extrait par la méthode acido-butyrométrique de Gerber (AFNOR 1986, norme NF 04-210), sont analysés sous forme d'ester méthylique pour éviter les inconvénients liés à l'excessive polarité de ces acides.

Les esters méthyliques sont obtenus à partir des triglycérides selon la méthode décrite par AFNOR (NF T60-233, AFNOR 2000) qui consiste à la saponification des glycérides du corps gras, puis estérification des acides gras libérés en présence de trifluorure de bore.

**b. Analyse des esters méthyliques par chromatographie en phase gazeuse :**

Le profil en acide gras de la matière grasse du lait est quantifié par l'analyse des esters méthyliques, ainsi obtenus, par le chromatographe type Thermo-Finnigan dans les conditions opératoires suivantes :

- Gaz Vecteur : N<sub>2</sub> à un débit de 6 psi ;
- Colonne : 1 colonne F.F.A.P ;
- Température de l'injecteur : 210 °C ;
- Température de détecteur : 230°C.

**Aptitude à la coagulation :**

L'aptitude à la coagulation par la présure et par la pepsine, par rapport aux différents laits (témoin et expérimental), a été appréciée par la mesure du temps de coagulation, selon la technique de BERRIDGE (1952) (Annexe n° 1). Cette détermination a été effectuée à pH initial des laits dont la température est préalablement équilibrée à 30 °C pendant 30 min, avec une dose de présure diluée à 10<sup>-2</sup> de 1 ml/10 ml de lait ou une dose de pepsine ovine diluée à 1/30 de 1 ml/10 ml de lait. Le temps de coagulation du lait est apprécié par l'observation visuelle de l'apparition des premiers flocons après emprésurage du lait.

La pepsine ovine est préalablement préparée en se basant sur le protocole établie par SLAMANI (2003). La caractérisation de cet agent coagulant nous a permis dans un premier temps de déterminer son activité coagulante qui est de 5 UP/ml, pour une concentration en protéine de 21,6 mg /ml. Les conditions optimales de son activité se situent à une température de 50 °C, une concentration en CaCl<sub>2</sub> de 0,03 M et un pH de 5,8. L'extrait coagulant est utilisé à l'état brut.

**Analyse électrophorétique des caséines :**

La séparation et la détermination des proportions des différentes caséines du lait a été réalisée par électrophorèse selon la technique de LAEMMLI (1970). D'après BRIAND et PAOLAGGI (1997), l'électrophorèse consiste au déplacement de particules chargées dans un champ électrique continu.

Dans notre étude, elle a été effectuée en gel d'acrylamide-bisacrylamide Urée-PAGE (12 % - 5 %) en tampon Tris/glycine (pH 8,3).

Selon CHOISY *et al.* (1987), La séparation des caséines nécessite l'introduction d'urée dans le gel, ceci afin de dissocier les micelles de caséines.

**a.Extraction des caséines :**

Les échantillons de lait ont été écrémés par centrifugation à 10 000 g, pendant 10 min. le lait écrémé a été acidifié à pH 4,6 à l'aide d'une solution d'acide chloridrique 1 N. après quelques minutes d'agitation, les protéines précipitées ont été récupérées par centrifugation (10 000 g, pendant 10 min). Des quantités de 0,5 g de précipité ont été réparties dans des tubes et congelées à - 20 °C de manière à réaliser les analyses électrophorétiques sans décongelations successives.

**b.Préparation des échantillons :**

Les échantillons congelés de caséines précipitées (1 mg) ont été dissous dans 400 µl d'urée 5,7 mol.l<sup>-1</sup> auxquels ont été ajoutés 100 µl de tampon tris pH 8,9, 200 µl de beta mercapto-éthanol et 100 µl du glycérol 50 % v/v.

**c.Ecoulement des gels et préparation des puits :**

Après la préparation des gels et les différentes solutions nécessaires à l'électrophorèse (Annexe n° 1), on passe à l'écoulement des gels, qui s'effectue entre deux plaques en verre. Ces dernières sont fixées dans une cuve de type « Max Fill Fisher brand » sur deux plaques en verre de dimensions : 12 x 10 cm.

Après l'écoulement du second gel, un peigne de 2 mm d'épaisseur est immédiatement introduit entre les deux plaques afin de créer les puits dans lesquels seront placés les différents échantillons (20 µl). Ces puits sont au nombre de 12.

**d. Conditions d'électrophorèse :**

La migration électrophorétique des échantillons est réalisée dans les conditions suivantes :

- Voltage : 250 V ;
- Ampérage : 74 mA ;
- Température ambiante ;
- Temps : 1 h 30.

**e. Coloration des bandes protéiques et Analyse densitométrique :**

La révélation des caséines ainsi séparées se fait par le passage du gel dans une solution de fixation puis par coloration au bleu de Coomassie R 250 pendant deux heures suivie d'une décoloration jusqu'à apparition nette de bandes.

Le gel est déshydraté sous une feuille de cellophane, l'analyse quantitative des plaques a été réalisée avec un densitomètre enregistreur (Vernon). La surface de chaque pic a été mesurée sous une longueur d'onde de 590 nm et exprimée en pourcentage de la surface totale de l'ensemble des pics.

Toutes les analyses et les mesures ont été réalisées en double sur chaque échantillon, les moyennes des doubles ayant servi de référence.

## **5. Traitement statistique des données :**

---

A partir des données acquises, une analyse statistique va permettre d'établir les relations entre la race, l'alimentation et les variables physico-chimiques et technologiques (temps de coagulation), et de préciser le poids relatif de chacun de ces paramètres sur le temps de coagulation.

Le traitement statistique des résultats a été effectué à l'aide de deux logiciels : Statistica 6.1 (2004) et XL-Stat 7.1 (2004).

Parmi les méthodes statistiques un certain nombre d'entre elles est utilisé lors de l'exploitation des résultats.

**5.1. Analyse en composante principale (ACP) :**

Le but d'une ACP est de construire une vision simplifiée d'une réalité complexe (PAVLINOV, 2000). Il s'agit d'extraire l'essentiel de l'information d'un grand tableau de données quantitatives, pour en tirer des conclusions au sujet des variables et des individus.

**5.2. Test de Student (Test t) :**

Le test t compte parmi les procédures statistiques les plus fréquemment employées. Il sert à comparer les différences de moyennes entre deux groupes. Le test suppose que les

variables sont normalement distribuées et que les variances de chaque groupe sont égales (CLEMENT, 2004).

### **5.3. Test de corrélation :**

La corrélation permet d'étudier l'intensité de la liaison qui peut exister entre plusieurs variables. La mesure de cette corrélation est obtenue par le calcul du coefficient de corrélation linéaire compris entre -1 et 1.

La matrice de corrélation regroupe les corrélations de plusieurs variables entre elles, les coefficients indiquant l'influence que les variables ont les unes sur les autres (CLEMENT, 2004).

### **5.4. ANOVA factorielle :**

L'analyse de la variance factorielle vise à comparer les moyennes obtenues par des groupes indépendants qui se différencient sur deux ou plusieurs facteurs (PAVLINOV, 2000).



# PARTIE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION

## CHAPITRE I : Variation de la production laitière

### 1. Période d'adaptation :

#### 1.1. Choix du cheptel :

Le choix du cheptel à mettre sous expérimentation, dans les conditions initiales, est présidé par la disponibilité d'un nombre suffisant de vaches laitières en phase de lactation pouvant assurer une production laitière durant l'essai. Il a été en outre imposé par le profil du cheptel au niveau de la ferme et les contraintes de production de l'éleveur.

Ainsi, en absence de ferme expérimentale, l'incorporation des drêches dans l'alimentation a été envisagée dans les conditions réelles d'élevage pratiquées par tout éleveur quel que soit le mode d'élevage (intensif ou extensif).

Le tableau n° 9 indique la composition du cheptel mis en expérimentation. Les caractéristiques et l'identification des vaches laitières utilisées pour cette période d'adaptation sont données en annexe n° 2.

Tableau n° 9 : Composition du cheptel mis en expérimentation (période d'adaptation)

Race	Lot témoin (nombre)	Lot expérimental (nombre)
Brune des Alpes	10	10
Holstein	08	08
Croisée locale LX	03	03
Montbéliarde	02	02
Flekvieh	01	01
Total	24	24

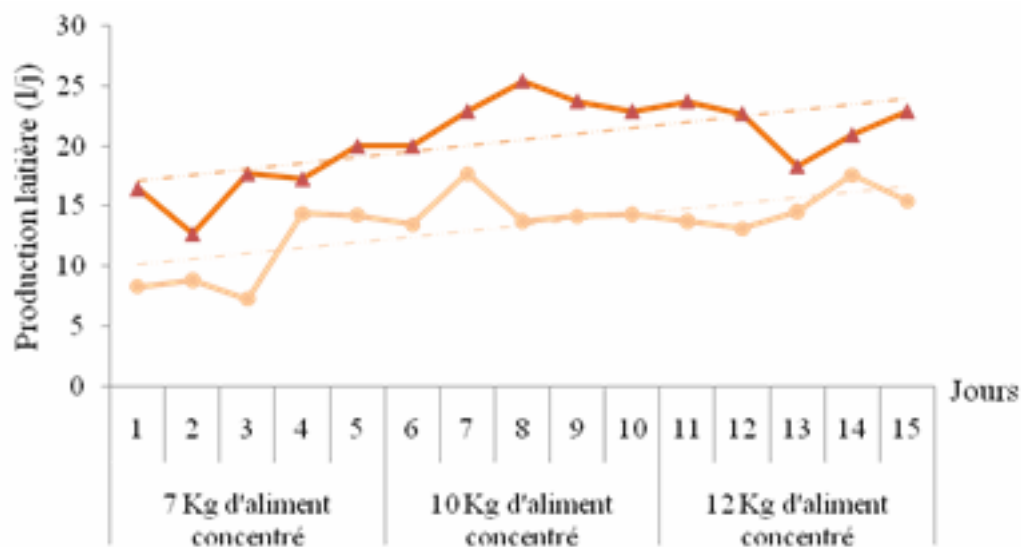
#### 1.2. Distribution de l'aliment concentré :

Afin d'observer le comportement alimentaire des vaches vis-à-vis du produit contenant les drêches, l'aliment concentré a été distribué à raison de 3,5 kg matin et soir, soit 7 kg par jour par vache durant 5 jours. Par la suite, et afin de calculer la quantité refusée par la vache laitière, nous avons augmenté à 10 kg par jour par vache (5 kg le matin et 5 kg le soir) et ce, durant 5 jours. Et enfin, pour maintenir la production laitière à un niveau acceptable et compatible avec les engagements de l'éleveur, nous avons fixée, à partir du 11<sup>ème</sup> jour de cette période, la quantité du concentré distribuée à 12 kg/j/v (5 kg le matin et 7 kg le soir). En dépit de l'augmentation de la quantité d'aliment distribué, nous n'avons observé aucun signe de refus de la part des animaux.

#### 1.3. Production laitière :

Cette expérimentation a été conduite pour évaluer, en premier lieu, les productions laitières permises par l'introduction des drêches dans l'aliment concentré.

La figure n° 1 permet de visualiser l'évolution de la production laitière moyenne par jour durant la période d'adaptation, toute race confondue (Annexe n° 3).



**Figure n° 1 :** Evolution de la production laitière moyenne par vache des lots témoin et expérimental durant la période d'adaptation

L'observation attentive de cette figure fournit des résultats forts intéressants. Tout d'abord, nous voyons qu'il existe une différence de production incontestable entre le lot témoin et le lot expérimental. En effet, la production moyenne permise par l'alimentation témoin a pu être estimée à 12,34 l/j/vache, alors que celle permise par l'alimentation expérimentale a pu être estimée à 20,52 l/j/vache avec un écart de production de 8,18 l/j.

D'un autre côté, On constate une évolution croissante identique pour les deux lots (témoin et expérimental) mais à des niveaux de production différents, ce qui est démontré par les deux courbes de tendances parfaitement parallèles. Cela nous permet de présupposer que le changement de l'alimentation n'influence pas l'évolution normale de la production au cours du temps mais au contraire, influence la quantité produite.

L'effet race n'est pas pris en considération durant cette période d'adaptation pour des contraintes imposées par le dispositif de traite de l'éleveur. Ce paramètre sera étudié durant la période expérimentale.

L'écart du niveau de production laitière ne permet pas donc, de tirer une conclusion comparative entre les deux lots. Cet essai vise à évaluer globalement la réponse des vaches laitières à l'incorporation des drêches dans les conditions réelles d'élevage de la ferme.

## **2. Période expérimentale :**

---

### **2.1. Choix du cheptel :**

Pendant la période expérimentale, nous avons modifié le cheptel mis à l'essai en se limitant à deux races : Holstein et Montbéliarde (H et M). Chaque lot (témoin et expérimental) sera

constitué de 12 vaches de race H et de 12 vaches de race M. Les caractéristiques et l'identification des vaches laitières mises en expérimentation sont indiquées en annexe n° 2.

Par ailleurs, nous avons maintenu le niveau d'alimentation préconisé précédemment (12 kg/j/v), qui paraît acceptable compte tenu du profil des animaux mis en expérimentation (âge et poids). Cet essai a été conduit durant 4 semaines.

## 2.2. Distribution de l'aliment concentré :

Le tableau n° 10 présente la composition des rations distribuées aux vaches pendant toute la période expérimentale.

La composition des constituants de l'aliment concentré utilisé a été déterminée. Les résultats sont indiqués dans le tableau n° 11.

Des analyses microbiologiques des aliments concentrés ont été effectuées durant les différentes étapes de l'essai. Les résultats obtenus ont montré une qualité acceptable.

**Tableau n° 10 : Composition des rations distribuées aux vaches au cours de l'essai**

	Ration témoin	Ration expérimentale
Foin	10 kg (35,72 %)	
Paille	6 kg (21,42 %)	
Concentré	12 kg (42,85 %)	
Maïs / grains	5,64 (20,14 %)	3,96 (14,14%)
Tourteaux de Soja	3 (10,71%)	0,84 (3,00 %)
Son de blé	3 (10,71%)	3 (10,71 %)
C.M.V. VL	0,12 (0,43%)	0,12 (0,43 %)
Phosphate bicalcique	0,12 (0,43%)	0,12 (0,43 %)
Sel	0,12 (0,43%)	0,12 (0,43 %)
DDGS		3,84 (13,71 %)

**Tableau n° 11 : Composition globale de l'aliment concentré utilisé (%)**

Echantillons	Humidité	protéines	MG	Amidon	Calcium	Phosphore
Maïs/grain	13,50	08,55	36,80	32,30	0,34	0,03
Tourteaux de soja	09,42	48,22	02,76	00,43	0,33	0,77
Son de blé	13,43	18,97	04,30	25,27	0,16	0,99
DDCS E01	09,77	30,39	09,60	04,35	0,13	0,80
DDGS E02	10,42	31,42	11,15	04,34	0,13	0,80
Concentré VL (T)	11,68	22,28	03,70	35,90	0,72	0,78
Concentré VL (E)	11,95	22,30	04,76	24,52	0,73	0,78

Au cours de la deuxième période, les vaches du lot expérimental ont disposé de 12 kg/j de concentré dans lequel les drêches de distillerie avec les solubles ont été introduites à raison de 32 %, l'équivalent de 13,71 % du total de la ration distribuée.

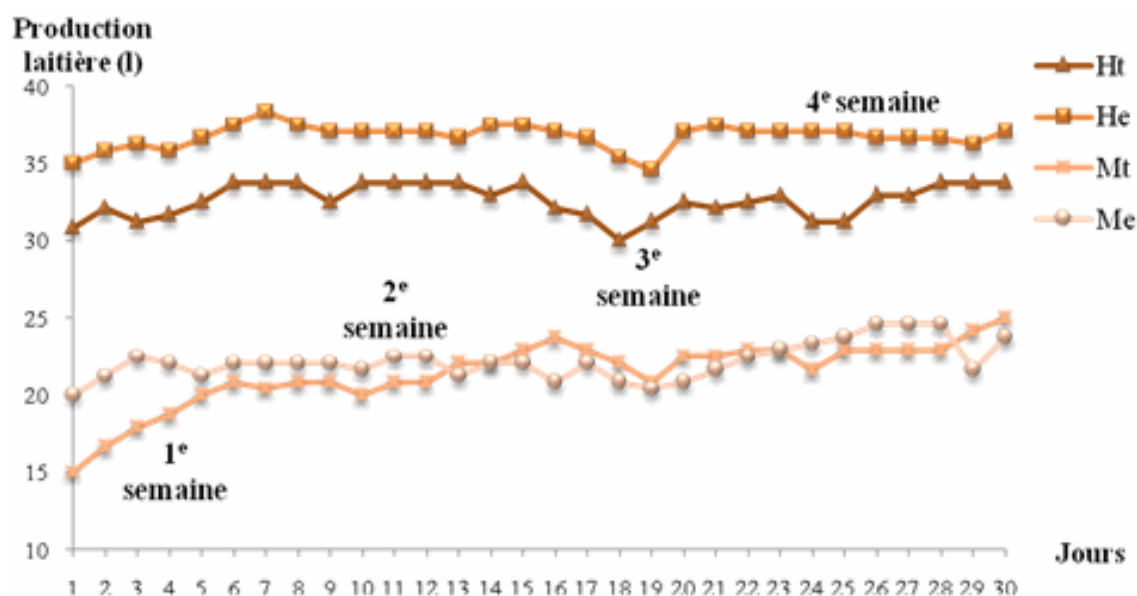
Par ailleurs, des régimes alimentaires comprenant 20 % ou plus de matière sèche provenant de drêche de distillerie ont été utilisés avec succès dans le cadre de plus d'un essai de recherche (LIU *et al.*, 2000 ; HIPPEN *et al.*, 2003 ; BIRKELO *et al.*, 2004 ; KALSCHUR *et al.*, 2004 ; LEONARDI *et al.*, 2005 ; ANDERSON *et al.*, 2006 ; KLEINSCHMIT *et al.*, 2006 ; FRENCH *et al.*, 2007). En pratique, toutefois, l'incertitude

quant à la composition nutritive exacte de la drêche et l'incapacité (ou le refus) d'adapter le reste de la ration de manière à compléter adéquatement une forte proportion de drêche imposent des contraintes supplémentaires à son taux d'inclusion.

En général, selon ARMENTANO (2007), l'incorporation de la drêche de distillerie à la ration est limitée par la faible teneur en lysine des protéines non dégradables, par sa teneur relativement élevée en acides gras libre, en grande partie insaturée et par sa teneur en phosphore. Alors que, selon le même auteur, les protéines non dégradées dans le rumen, le gras et le phosphore sont des composantes bénéfiques de la drêche de distillerie lorsque celle-ci est utilisée en faible proportion à titre de supplément alimentaire, ils peuvent poser certains défis lorsque l'on tente de maximiser son usage pour réduire le coût de la ration.

### 2.3. Production laitière :

Les résultats concernant la production laitière des 48 vaches, durant la période expérimentale, sont donnés en annexe n° 3 et illustrés par la figure n° 2.

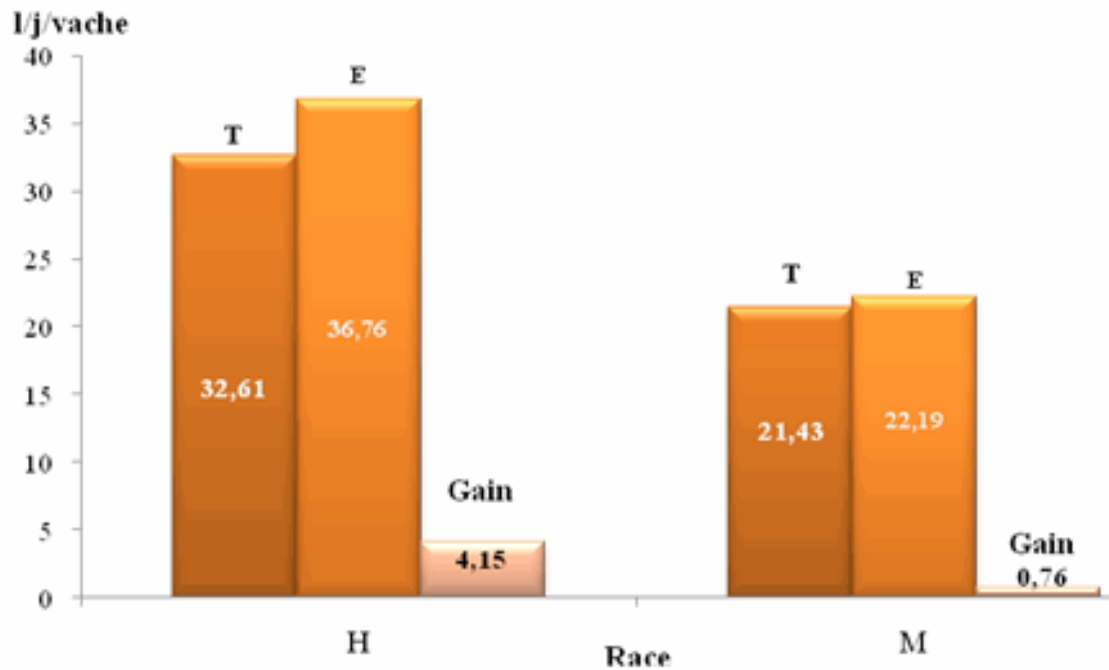


**Figure n° 2 :** Evolution de la production laitière moyenne au cours de la période expérimentale

Cette figure montre qu'il existe une différence du niveau de production entre les deux races d'une part, en faveur de la race Holstein, et entre les deux types d'alimentation dans une même race d'autre part, en faveur de l'alimentation expérimentale avec en moyenne : (T : 32,61 – E : 36,76 l/j) pour Holstein et (T : 21,43 – E : 22,12 l/j) pour Montbéliarde. Elle confirme également que le changement de l'alimentation n'influence pas l'évolution normale de la production au cours du temps mais au contraire, influence la quantité produite.

Il est intéressant de noter, comme on peut le voir dans la figure n° 3, que sur l'ensemble de la période expérimentale, les vaches du lot E ont produit en moyenne 4,92 l/j de lait de plus que ceux du lot T (+4,15 l/j et +0,76 l/j respectivement pour Holstein et Montbéliarde) ; l'écart a été plus important en fin de la période qu'en début (+4,64 et +4,01 l/j Contre +4,23 et +3,69 l/j) pour Holstein ; au contraire, il a été plus important en début (+3,09 et +0,95 l/j) qu'en fin de la période (-1,15 et +0,47) pour Montbéliarde (Tableau n° 12).

Cet effet favorable à la production laitière a été plus marqué chez les vaches présentant, en début d'expérimentation, les niveaux de production les plus élevés (Holstein).



**Figure n° 3 :** Production laitière et gain moyens des vaches laitières dans les deux lots (T et E) à la fin de la période expérimentale

**Tableau n° 12 :** Ecart de production laitière moyenne entre alimentations témoin et expérimentale en fonction des races

	Période expérimentale	Min.	Moy.	Max.
<b>H</b>	1 <sup>e</sup> semaine	4,17	4,23	4,58
	2 <sup>e</sup> semaine	4,17	3,69	3,75
	3 <sup>e</sup> semaine	4,58	4,64	3,75
	4 <sup>e</sup> semaine	5,00	4,01	3,33
<b>M</b>	1 <sup>e</sup> semaine	5,00	3,09	1,67
	2 <sup>e</sup> semaine	1,25	0,95	0,42
	3 <sup>e</sup> semaine	-0,41	-1,15	-1,25
	4 <sup>e</sup> semaine	0,00	0,47	-0,42

Pour chaque semaine, sont précisées : les valeurs minimale, maximale et la valeur moyenne de la production laitière (Tableau n° 13).

Dans les deux lots (T et E), le pic de production laitière a été observé dès la 1<sup>ème</sup> semaine de l'expérimentation pour Holstein expérimentale (38,33 l/j), et l'augmentation entre la production minimale et la production maximale (Max – Min) a été voisine dans les deux lots (+18,75 et +18,33 l/j).

## Influence de quelques paramètres de production (alimentaire et race) sur la composition du lait aptitude à la coagulation par des succédanés de la présure

L'écart de production entre les deux races, montré par la figure n° 5, semble dû à un meilleur potentiel de production initiale pour les vaches Holstein.

Pour bien préciser l'origine de cet écart, on doit étudier séparément l'effet de la race et celui de l'alimentation.

**Tableau n° 13 : Production et gain moyens des vaches laitières à la fin de la période expérimentale**

Lots		Période expérimentale	Min.	Moy.	Max.
T	H	1 <sup>e</sup> semaine	30,83	32,26	33,75
		2 <sup>e</sup> semaine	32,50	33,45	33,75
		3 <sup>e</sup> semaine	30,00	31,98	33,75
		4 <sup>e</sup> semaine	31,25	32,81	33,75
	M	1 <sup>e</sup> semaine	15,00	18,51	20,83
		2 <sup>e</sup> semaine	20,00	21,07	22,08
		3 <sup>e</sup> semaine	20,83	22,55	23,75
		4 <sup>e</sup> semaine	21,67	23,18	25,00
E	H	1 <sup>e</sup> semaine	35,00	36,49	38,33
		2 <sup>e</sup> semaine	36,67	37,14	37,50
		3 <sup>e</sup> semaine	34,58	36,61	37,50
		4 <sup>e</sup> semaine	36,25	36,82	37,08
	M	1 <sup>e</sup> semaine	20,00	21,61	22,50
		2 <sup>e</sup> semaine	21,25	22,02	22,50
		3 <sup>e</sup> semaine	20,42	21,41	22,50
		4 <sup>e</sup> semaine	21,67	23,65	24,58

### 2.3.1. Effet de la race sur la production laitière :

Le test de Student est utilisé pour savoir s'il y a une différence au niveau de la production laitière en fonction de la race (H, M). Les résultats sont détaillés dans le tableau n° 14.

**Tableau n° 14 : Résultat du test Student par rapport à la production laitière des races Holstein et Montbéliarde**

	Moy. H	Moy. M	Ec.	ddl	p	Ec.-Type H	Ec.-Type M
<b>Production laitière</b>	34,69	21,81	12,88	118	0,000	2,30	1,78

ddl : degré de liberté ; p : probabilité ; Ec.-type : Ecart-type ; Moy. : Moyenne ;  
probabilités significatives :  $p < 0,05$  ; probabilité hautement significative :  $p < 0,01$ .

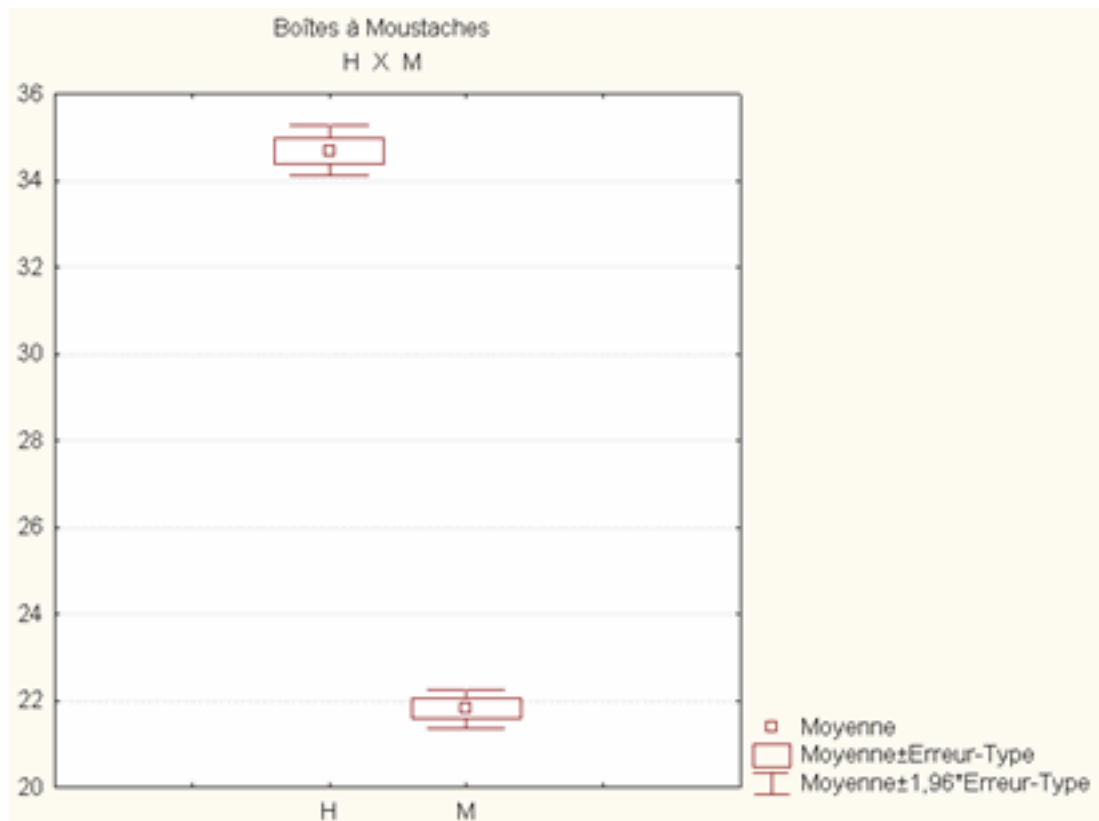
D'après ce tableau, il existe une différence très hautement significative entre les deux races en ce qui concerne la production laitière ( $p < 0,01$ ). En effet, la race a donc une

influence très hautement significative sur la production laitière qui est plus élevée pour Holstein (34,69 l/j) comparativement à Montbéliarde (21,81 l/j).

L'écart moyen de production laitière entre les deux races, toute alimentation confondue, est de 12,88 l/j en faveur de la race Holstein.

Notre résultat peut s'expliquer, en partie par un stade de lactation différent entre les deux races, plus avancé chez les vaches les plus fortes productrices (Holstein), comme il peut être expliqué aussi, par les performances zootechniques différentes (âge, poids).

La figure n° 4 présente les boîtes à moustaches de la production laitière en fonction des races.



**Figure n° 4 :** Tracé des boîtes à moustaches de la production laitière en fonction des races

### 2.3.2. Effet de l'alimentation sur la production laitière :

Le facteur alimentaire semble influencer le niveau de production des laits. En effet, les résultats du test de Student montrent qu'une différence significative ( $p < 0,05$ ) est observée entre les lots témoin et expérimentale. Les résultats sont détaillés dans le tableau n°15.

**Tableau n° 15 :** Résultat du test Student par rapport à la production laitière des lots témoin et expérimental

## Influence de quelques paramètres de production (alimentaire et race) sur la composition du lait aptitude à la coagulation par des succédanés de la présure

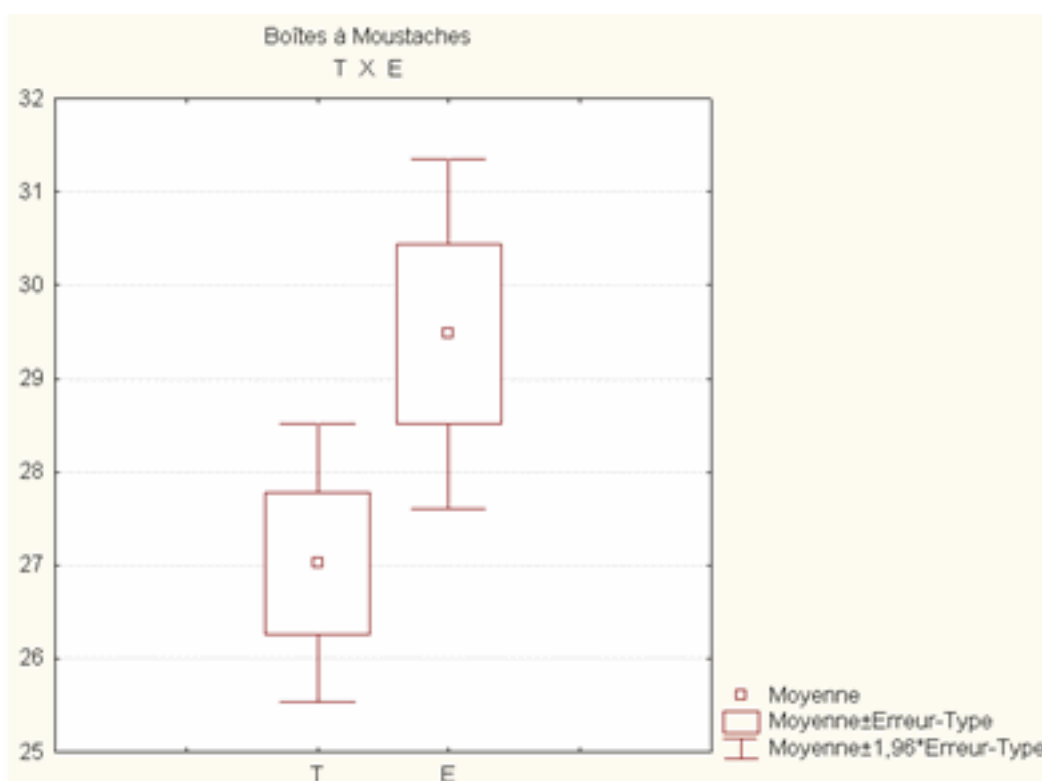
	Moy. T	Moy. E	Ec.	ddl	p	Ec.-Type T	Ec.-Type E
<b>Production laitière</b>	27,02	29,48	2,46	118	0,046	5,89	7,41

ddl : degré de liberté ; p : probabilité ; Ec.-type : Ecart-type ; Moy. : Moyenne ;  
probabilités significatives :  $p < 0,05$  ; probabilité hautement significative :  $p < 0,01$ .

En conséquence, sur les 4 semaines d'expérimentation, l'introduction des drêches a entraîné une amélioration de la production laitière, plus importante dans le lot E que dans le lot T (de +2,46 l/j en moyenne) indépendamment du facteur génétique.

Selon FOURNIER (2008), les drêches de distillerie peuvent remplacer une partie importante du maïs et du supplément protéique utilisés dans la ration alimentaire des vaches, ce qui réduit le niveau d'amidon et de sucres non structuraux. Ces deux facteurs, en plus de la teneur élevée en fibres des drêches, aident à diminuer l'incidence de l'acidose du rumen.

La figure n° 5 présente les boîtes à moustaches de la production laitière en fonction des races.



**Figure n° 5 :** Tracé des boîtes à moustaches de la production laitière en fonction de l'alimentation

### 3. Conclusion :

L'augmentation progressive du taux de substitution des drêches dans l'aliment concentré des vaches laitières pendant la période d'adaptation, n'a pas influencé l'évolution normale



de la production au cours du temps et qui a tendance à la hausse. Mais au contraire, a influencé la quantité produite.

L'écart de production se maintient ensuite au cours de la période expérimentale, il était plus marqué chez la race Holstein (+ 4,15 kg/j) présentant les niveaux de production les plus élevés, comparativement à la race Montbéliarde avec +0,76 l/j d'écart.

D'après les analyses statistiques, la race a une influence très hautement significative sur la production laitière avec un écart de 12,88 l/j. L'alimentation a également une influence significative avec un écart de production de 2,46 l/j en faveur du lot expérimental.

Cette étude statistique permet de confirmer que l'introduction des drêches de distillerie a entraîné une amélioration de la production laitière.

## CHAPITRE II :Variation de la composition du lait

Des analyses physicochimiques ont été effectuées durant la période expérimentale et ont porté sur des échantillons de lait prélevés à partir de chaque lot (témoin et expérimental). Les résultats de ces analyses sont regroupés au niveau de l'annexe n° 4.

Plusieurs facteurs influencent la composition du lait de vache. On s'intéresse particulièrement, dans notre étude, aux effets de la race et de l'alimentation, deux paramètres représentatifs de la variation physicochimique de lait.

### 1. Analyse globale des différences entre les lots :

Le plan factoriel 1x2 de l'ACP réalisée à partir des individus et des variables décrivant la composition chimique des laits, est illustré sur la figure n° 9.

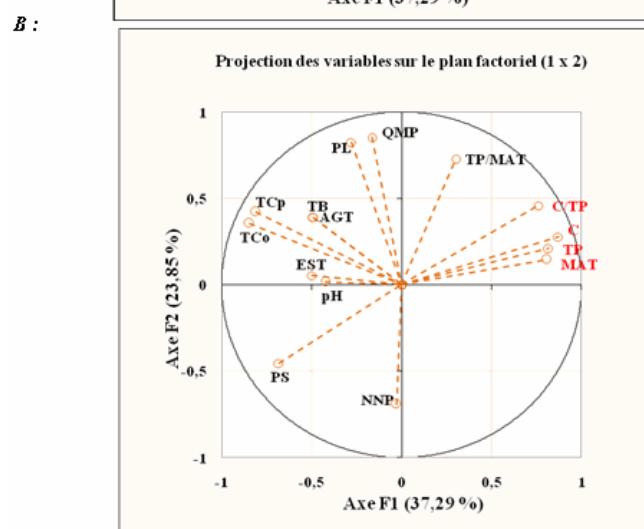
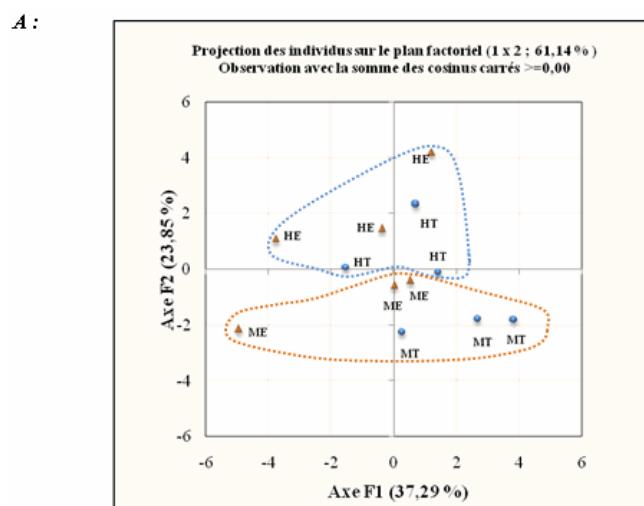
Cette analyse en composantes principales indique que les deux premiers axes (F1, F2) représentent ensemble 61,14 % de la variabilité.

D'autre part, sur un total de 15 variables, l'information se concentre essentiellement autour de 4 variables, à savoir : TP, C, MAT et C/TP, constituants ainsi la fraction azotée, et qui contribuent le plus dans l'analyse. Ces variables sont bien représentées sur le plan parce qu'elles sont proches du bord du cercle des corrélations. Ainsi, ils corrèlent négativement avec l'EST, TB, AGT, TCp et TCo.

D'après la figure n° 6 (A), l'axe F1 divise l'ensemble des individus en deux classes :

- La première classe (côté positif de l'axe) regroupe toutes les vaches du lot témoin des deux races (HT et MT). Si on superpose les graphes A et B, on remarque que cette première classe correspond aux laits les plus riches en MAT, en TP et en C avec un rapport C/TP plus élevé et qui présentent des EST, TB, AGT, TCp et TCo plus faibles ;
- La deuxième classe (côté négatif de l'axe) regroupe les individus du lot expérimental (HE et ME). Lorsqu'on superpose les deux graphes (A et B), on remarque que, contrairement au lot témoin (classe 1), ce lot expérimental correspond aux laits ont des EST, TB, AGT, TCp et TCo les plus élevés et qui ont des teneurs plus faibles en MAT, TP, C, C/TP.

## Influence de quelques paramètres de production (alimentaire et race) sur la composition du lait aptitude à la coagulation par des succédanés de la présure



**A :** Projection des individus, (H) Holstein, (M) Montbéliarde, (T) Témoin, (E) Expérimental ;  
**B :** Projection des variables, (AGT) Acides gras, (C) Caséines, (EST) Extrait sec total, (MAT) Matières azotées totales, (NNP) Azote non protéique, (PL) Production laitière, (PS) Protéines solubles, (QMP) Quantité de matière protéique, (TB) Taux butyreux, (TP) Taux protéique, (TCp, TCe) Temps de coagulation par la présure, par la pepsine ovine.

**Figure n° 6 : Représentation simplifiée du plan factoriel 1x2 de l'ACP**

Toujours d'après la figure n° 6 (A), l'axe F2 divise les individus en deux classes également :

- La première classe regroupe les individus de race Holstein (toute alimentation confondue), associés aux meilleures PL et QMP ;
- La deuxième classe, regroupe les vaches de race Montbéliarde qui correspond à des laits opposés aux précédents sur les deux critères retenus (PL et QMP).

Le premier axe factoriel donne une comparaison globale entre les deux types d'alimentation (T et E), alors que le deuxième axe donne une comparaison globale entre les deux races (H et M). Pour confirmer la bonne qualité de représentation au niveau des deux axes, on opte pour l'étude de l'effet des facteurs race et alimentation séparément en utilisant le test de Student qui permet de préciser l'influence de chacun d'eux.

## 2. Etude de l'effet de la race sur la composition chimique du lait et son aptitude à la coagulation :

Le test de Student est appliqué pour montrer si des différences sont observées au niveau des paramètres du lait, en fonction de la race (H et M). Le tableau 16 illustre les résultats du test.

Tableau n° 16 : Analyse statistique (test de Student) des différents paramètres du lait de race H et M

Variable	Moy. H	Moy. M	Ec.-type H	Ec.-type M	ddl	p	Ec. entre Moy.
EST	117,49	119,94	5,57	9,13	10	0,587003	2,45
TB	36,51	35,87	5,18	5,01	10	0,831690	0,64
AGT	34,50	33,89	4,89	4,73	10	0,831646	0,61
ESD	80,98	84,08	2,93	4,18	10	0,169140	3,10
D	1,03	1,03	0,01	0,00	10	0,549014	0,00
pH	6,75	6,67	0,27	0,08	10	0,491387	0,08
MAT	32,62	32,85	0,63	1,91	10	0,785560	0,23
NNP	0,94	1,01	0,17	0,04	10	0,354225	0,07
TP	31,68	31,84	0,65	1,90	10	0,848899	0,16
<b>QMP</b>	<b>1099,79</b>	<b>698,79</b>	<b>91,61</b>	<b>38,48</b>	<b>10</b>	<b>0,000002</b>	<b>401,00</b>
C	30,83	30,86	0,82	2,06	10	0,974418	0,03
PS	0,85	0,98	0,37	0,17	10	0,456429	0,13
TP/MAT	97,11	96,91	0,52	0,19	10	0,400695	0,20
C/TP	97,32	96,89	1,19	0,78	10	0,478214	0,43
<b>TCp</b>	<b>164,00</b>	<b>139,00</b>	<b>10,48</b>	<b>19,11</b>	<b>10</b>	<b>0,017920</b>	<b>25,00</b>
<b>TCo</b>	<b>289,00</b>	<b>248,00</b>	<b>21,23</b>	<b>33,40</b>	<b>10</b>	<b>0,028973</b>	<b>41,00</b>

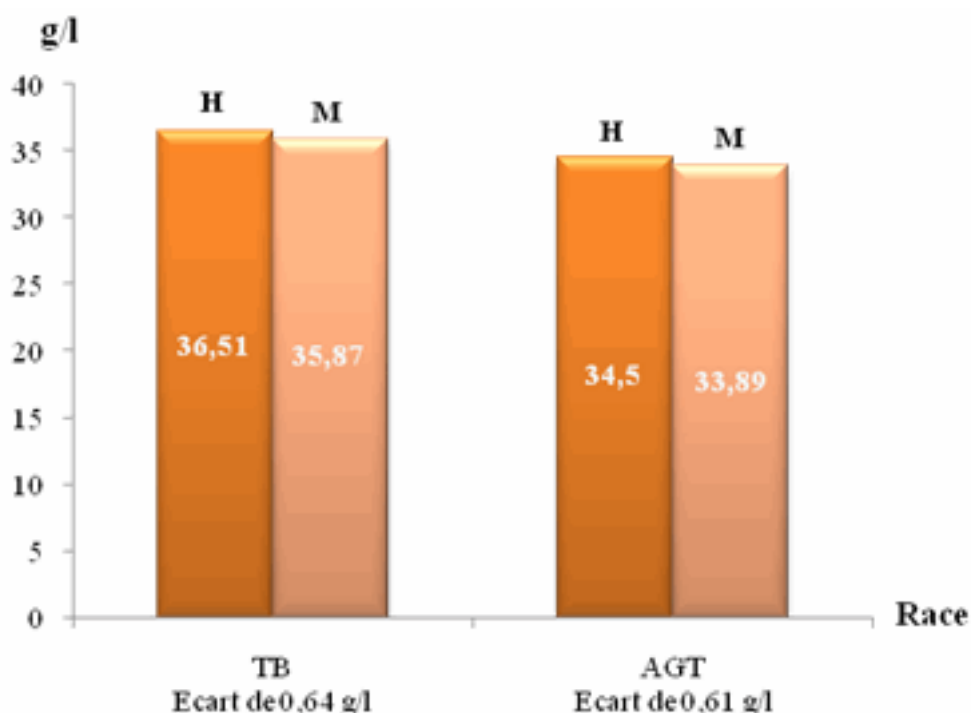
(En rouge, les paramètres correspondant aux valeurs de probabilités significatives  $p < 0,05$  et hautement significative  $p < 0,01$ ) ; ddl : degré de liberté ; p : probabilité ; Ec.-type : Ecart-type ; Moy. : Moyenne.

La comparaison entre races (toute alimentation confondue), présentée dans le tableau n° 16 montre que la race a une influence très hautement significative ( $p < 0,01$ ) sur la quantité de matière protéique, en faveur de la race Holstein avec une moyenne de 1099,79 g/j, contre 698,79 g/j pour la race Montbéliarde. La race a également une influence significative ( $p < 0,05$ ) sur le temps de coagulation des laits par la présure et la pepsine ovine.

### 2.1. Effet de la race sur les matières grasses :

#### 2.1.1. Taux butyreux et acides gras :

La figure n° 7 représente les valeurs du TB et d'AGT des laits issus de race Holstein et Montbéliarde.



**Figure n° 7 : Variation des teneurs en matières grasses et en acides gras en fonction de la race**

Cette figure montre qu'il existe un écart de 0,64 g/l de matière grasse, en faveur de la race Holstein qui a produit également un lait plus riche en acides gras (+0,61 g/l) par rapport à la Montbéliarde.

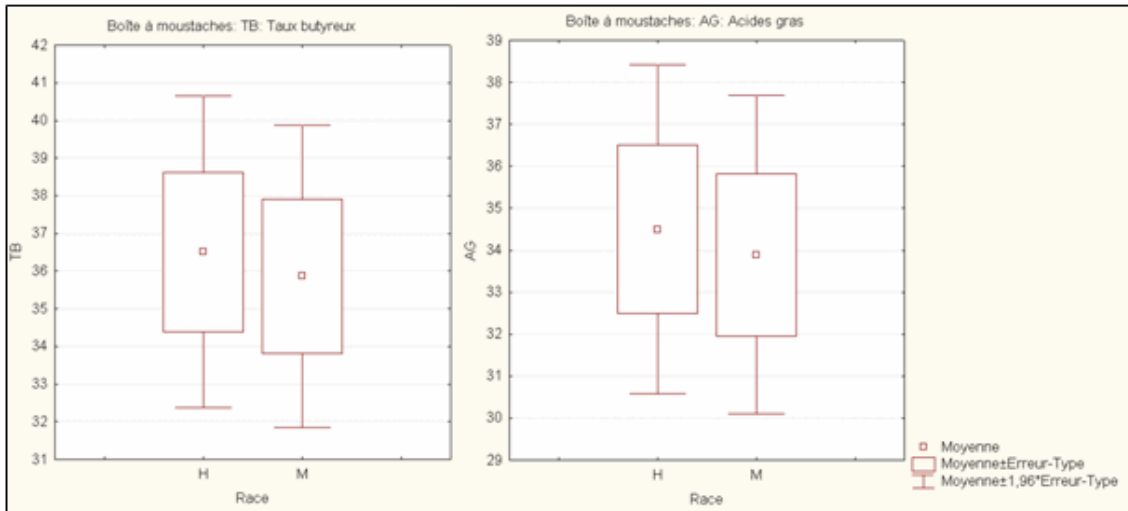
D'après l'étude de MARTIN *et al.* (2000), les vaches de race Holstein produisent un lait plus riche en matières grasses (37,0 g/l) que celui des vaches Montbéliarde (34,0 g/l).

Il est intéressant également de comparer les différences raciales avec celles de BENAICHA et SAHI (2009) étudiées dans les mêmes conditions d'élevage (ferme ANDLESS). Pour le taux butyreux, les valeurs moyennes (43,77 g/l ; 41,73 g/l) sont supérieures en faveur de la race Holstein également (+2,04 g/l).

On note ici que les valeurs moyennes du taux butyreux sont supérieures à celles trouvées dans notre étude.

Selon VIGNOLA (2002), le taux butyreux du lait de vache se situe entre 35 et 40 g/l. Nous remarquons alors que le taux butyreux de nos échantillons de lait se situe dans l'intervalle de variation, contrairement aux résultats de BENAICHA et SAHI (2009). Selon CROGUENNEC *et al.* (2008), le taux butyreux diminue en début de lactation pour atteindre un minimum au bout d'environ 6 semaines, puis remontent progressivement jusqu'en fin de lactation.

La figure n° 8, présentant les boîtes à moustaches du taux butyreux et d'acides gras en fonction de la race.



**Figure n° 8 :** Tracé des boîtes à moustaches u taux butyreux et d'acides gras en fonction de la race

### 2.1.2. Profil en acides gras :

A la fin de l'expérimentation, le profil en acides gras a été déterminé par chromatographie en phase gazeuse sur les laits de chaque lot. Les résultats détaillés obtenus sont présentés en annexe n° 5. Ils ont donné lieu à la confection des chromatogrammes en figures n° 30 à 34 (Annexe n° 5).

Pour faciliter l'analyse des résultats, les acides gras dont le nombre d'atomes de carbone était inférieur à 18 ont été regroupés sous le terme d'acides gras à courte et moyenne chaînes (AGCMC), sous le terme d'acides gras à longue chaîne (AGLC) ceux dont le nombre d'atomes de carbone était supérieur ou égal à 18. Ces deux groupes ont été répartis entre les acides gras saturés (AGS) et insaturés (AGI).

Le tableau n° 17 présente la variation de la composition en acides gras en fonction de la race.

**Tableau n° 17 :** Variation de la composition en acides gras de la matière grasse du lait en fonction de la race mesurée par chromatographie en phase gazeuse

**Influence de quelques paramètres de production (alimentaire et race) sur la composition du lait  
aptitude à la coagulation par des succédanés de la présure**

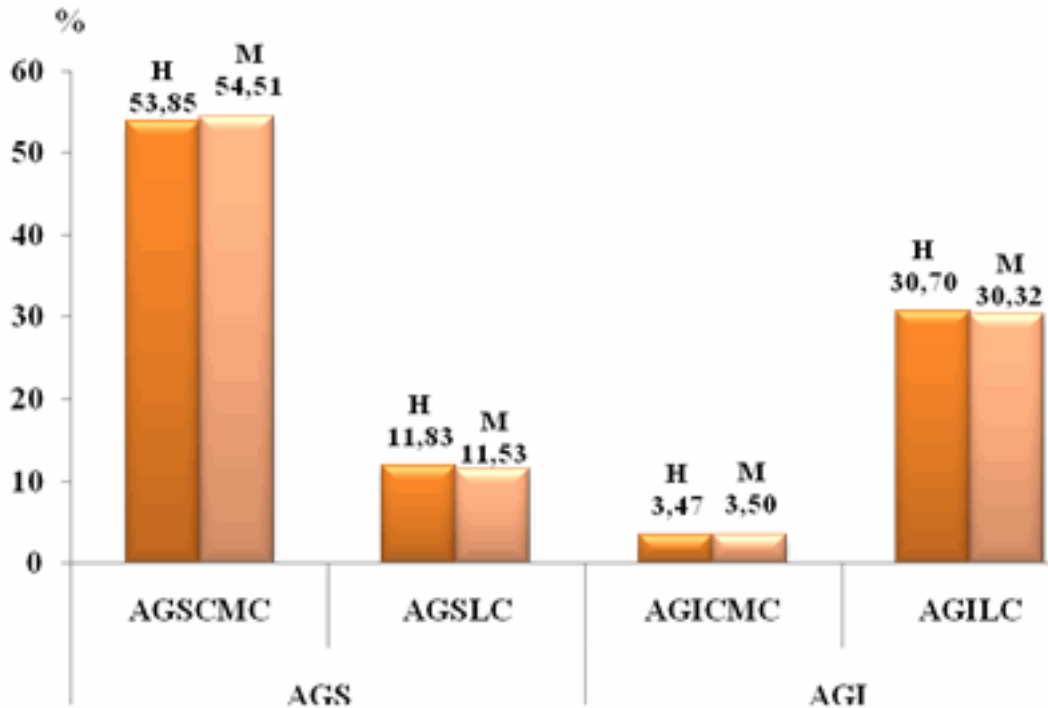
<b>Acides gras</b>	<b>Holstein (%)</b>	<b>Montbéliarde (%)</b>	<b>Ecart (%)</b>
<b>C4</b>	3,00	2,67	0,33
<b>C5</b>	0,15	0,50	0,35
<b>C6</b>	2,08	1,89	0,19
<b>C7</b>	0,01	0,01	0,00
<b>C8</b>	1,28	1,24	0,03
<b>C10</b>	2,73	2,81	0,08
<b>C11</b>	0,03	0,03	0,01
<b>C12</b>	2,98	3,34	0,36
<b>C13 ISO</b>	0,08	0,11	0,03
<b>C13</b>	0,08	0,08	0,00
<b>C14 ISO</b>	0,16	0,15	0,01
<b>C14</b>	10,46	10,11	0,35
<b>C15 AISO</b>	0,75	0,68	0,07
<b>C15</b>	1,08	1,04	0,04
<b>C16 ISO</b>	0,30	0,31	0,01
<b>C16</b>	27,13	27,83	0,70
<b>C17 ISO</b>	0,43	0,50	0,07
<b>C17 AISO</b>	0,61	0,65	0,04
<b>C17</b>	0,54	0,59	0,05
<b>AGSCMC</b>	53,85	54,51	0,66
<b>C18 ISO</b>	0,05	0,05	0,01
<b>C18</b>	11,60	11,28	0,31
<b>C20</b>	0,19	0,20	0,01
<b>AGSLC</b>	11,83	11,53	0,30
<b>AGS</b>	65,68	66,04	0,36
<b>C10 1</b>	0,30	0,30	0,00
<b>C12 1</b>	0,09	0,10	0,01
<b>C14 1</b>	1,23	1,24	0,01
<b>C15 1</b>	0,03	0,03	0,01
<b>C16 1</b>	1,55	1,57	0,02
<b>C17 1</b>	0,28	0,28	0,01
<b>AGICMC</b>	3,47	3,50	0,04
<b>C18 1</b>	26,30	25,91	0,39
<b>C18 2</b>	3,11	3,13	0,02
<b>C18 3</b>	1,06	1,04	0,02
<b>C20 1</b>	0,24	0,25	0,01
<b>AGILC</b>	30,70	30,32	0,38
<b>AGI</b>	34,17	33,82	0,34

D'après le tableau n° 17 et la figure n° 9, on constate des différences du taux d'acides gras entre les deux races :

Le taux des acides gras saturés est plus élevé chez la race Montbéliarde (66,04 %) avec 54,51 % d'acides gras à courte et moyenne chaînes contre 11,53 % d'acides gras à longue chaîne, comparativement à Holstein (65,68 %) avec moins d'acides gras à courte et moyenne chaînes contre (53,85 %) et plus d'acides gras à longue chaîne (11,83 %).

Contrairement aux acides gras saturés, le taux d'acides gras insaturés est plus élevé chez Holstein (34,17 %) que chez Montbéliarde (33,82 %) avec un écart de 0,38 % pour les acides gras à longue chaîne en faveur de Holstein.

Dans ce sens, plusieurs auteurs ont montré que la race des animaux représente un facteur important de variation de la composition du lait en acides gras (JENSEN *et al.*, 1999 ; CHILLIARD *et al.*, 2000 ; SOLLBERGER *et al.*, 2004 ).

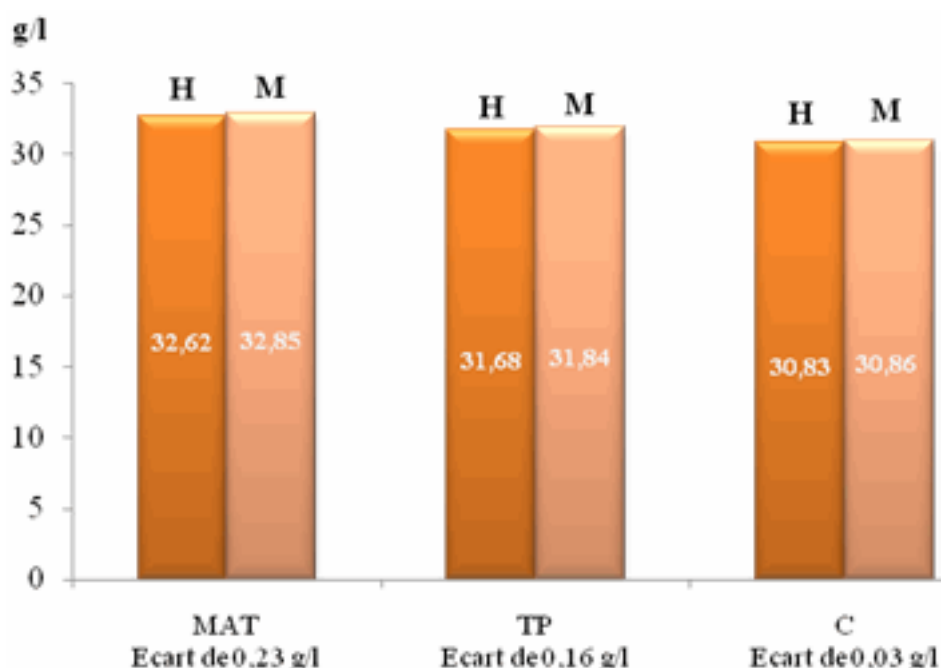


**Figure n° 9 :** Variation des proportions des acides gras à courte et moyenne chaîne et les acides gras à longue chaîne en fonction de la race

## 2.2. Effet de la race sur les matières azotées :

### 2.2.1. Matières azotées totales :

La figure n° 10 présente les différences existantes du taux de matières azotées totales et ses constituants entre les deux races.



**Figure n° 10 :** Variation du taux de matières azotées totales et ses principaux constituants en fonction de la race

Les vaches Montbéliarde ont produit un lait plus riche en matières azotées totales (+0,23 g/l), en protéines (+0,16 g/l), et en caséines (+0,03 g/l) que celui des vaches Holstein comme le montre la figure n° 13 bien que ces différences ne sont pas significatives sur le plan statistique (Tableau n° 16).

Il a été établi (PISSAVY et DEZENDRE, 2006) que certaines races sont plus prédisposées que d'autres à produire un lait riche en protéines.

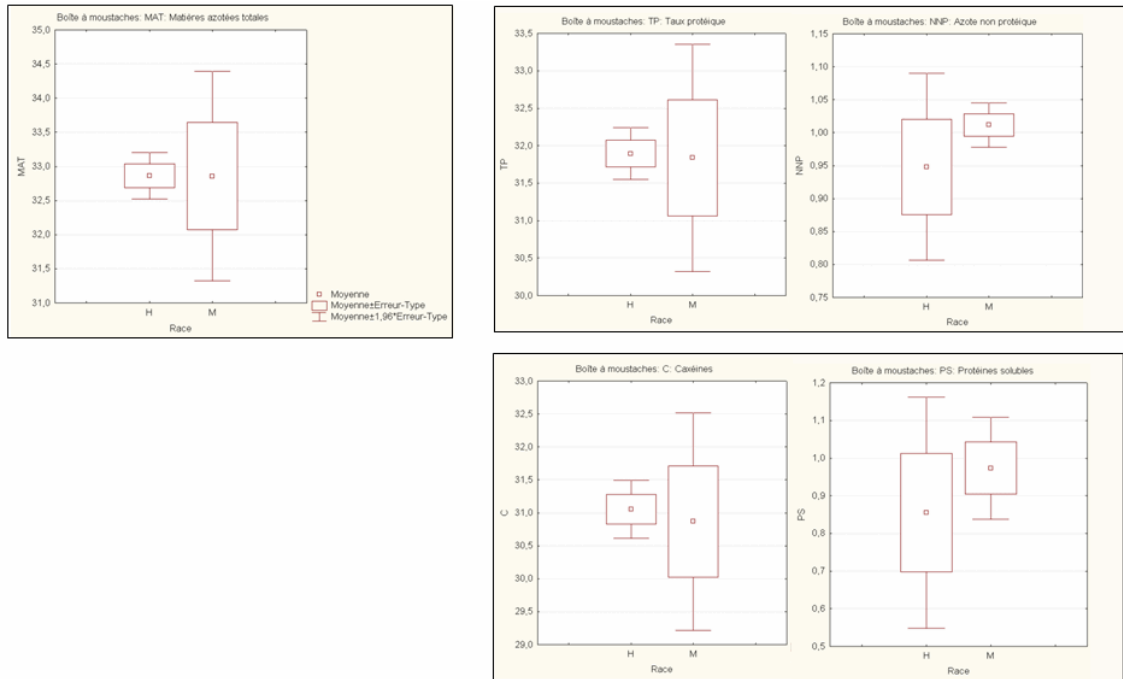
Les vaches de race Normande (34,9 g/l), Montbéliarde (32,9 g/l) ou Brune (33,6 g/l) produisent un lait plus riche en protéines et de meilleur aptitude fromagère que celui de vaches Holstein (31,2 g/l) conduites dans les mêmes conditions (AULDIST *et al.*, 2002 ; MISTRY *et al.*, 2002).

Pour le taux protéique, les valeurs moyennes (28,98 g/l ; 30,65 g/l) enregistrées par BENAICHA et SAHI (2009), sont supérieures en faveur de la race Montbéliarde également (+1,67 g/l).

Concernant la fraction d'azote non protéique du lait, CERBULIS et FARRELL (1975) ont montré qu'elle est moins variable entre les races par rapport aux protéines (0,07 g/l d'écart entre les deux races contre 0,16 g/l pour les protéines dans notre étude).

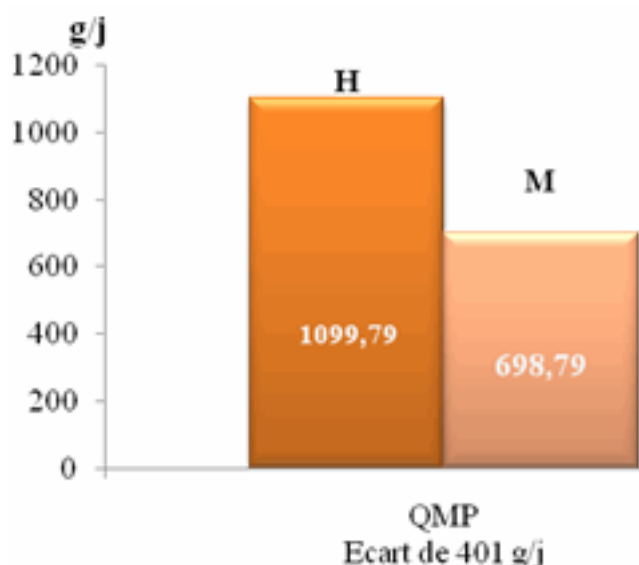
La figure n° 11 présente les boîtes à moustaches des matières azotées totales et des constituants protéiques en fonction de la race. Ces boîtes à moustaches permettent une démonstration plus représentative des différences observées entre les deux races.





**Figure n° 11 :** Tracé des boîtes à moustaches des matières azotées totales et des constituants protéiques en fonction de la race

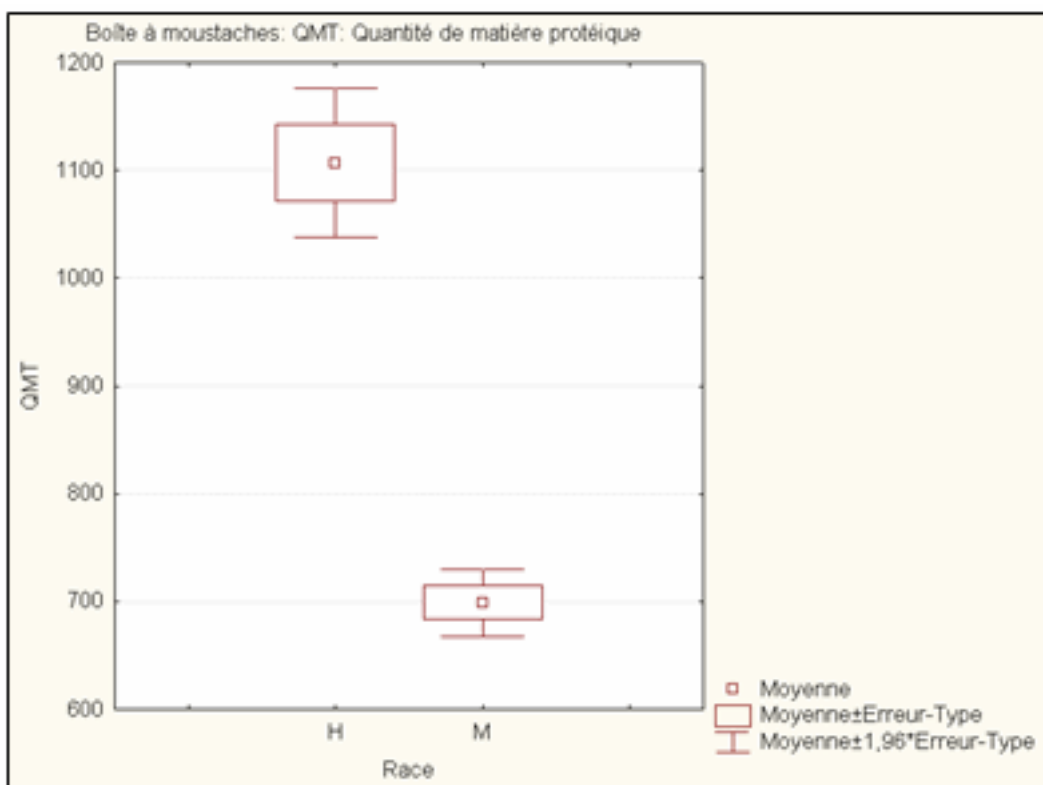
### 2.2.2. Quantité de matière protéique :



**Figure n° 12 :** Variation de la quantité de matière protéique en fonction de la race

La quantité de matière protéique (Figure n° 12) varie d'une façon très hautement significative en fonction de la race (Tableau n° 16). La race Holstein (toute alimentation confondue) permet de donner une quantité de matière protéique journalière de 1099,79 g, tandis que la race Montbéliarde ne donne que 698,79 g/j. Cette différence est fort possible due au meilleur potentiel de production laitière dans le cas de la race Holstein.

Les boîtes à moustaches de la quantité de matière protéique en fonction de la race (Figure n° 13) permettent une représentation plus claire de cet écart.



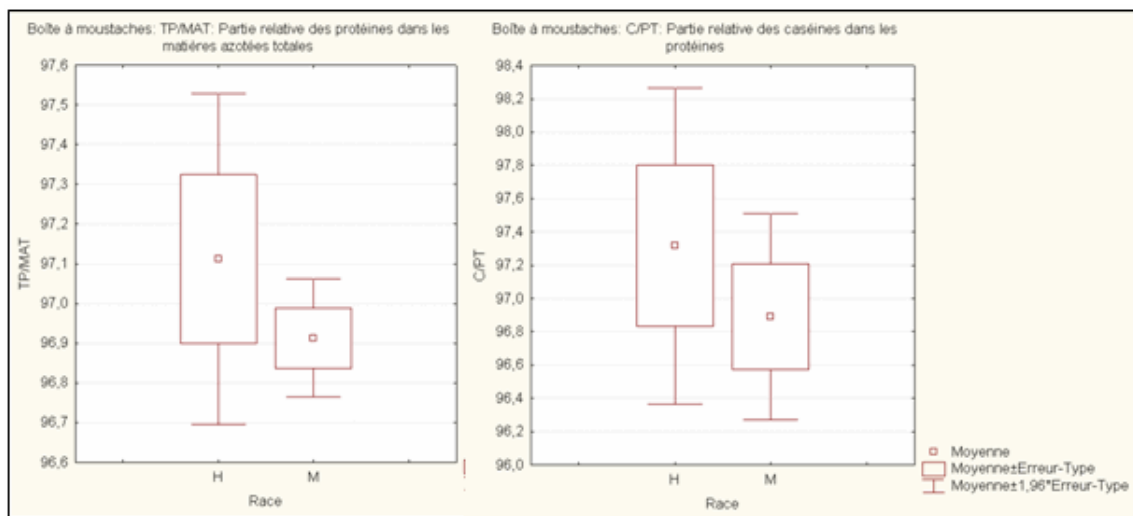
**Figure n° 13 :** Tracé des boîtes à moustaches de la quantité de matière protéique en fonction de la race

### 2.2.3. Les proportions relatives de protéines et de caséines :

La race des vaches n'a pas eu d'effet significatif sur la proportion relative des protéines dans les matières azotées totales (TP/MAT) ni sur celle des caséines dans les protéines (C/TP), bien que cette dernière ait été légèrement plus faible en race Montbéliarde (-0,43 %).

Dans ce sens, plusieurs auteurs (COULON *et al.*, 1998 ; LE DORE *et al.*, 1986) n'avaient observé aucune variation significative du rapport C/TP du lait sous l'influence de la race.

La figure n° 14 présente les boîtes à moustaches des rapports TP/MAT et C/TP en fonction de la race.



**Figure n° 14 :** Tracé des boîtes à moustaches des rapports TP/MAT et C/TP en fonction de la race

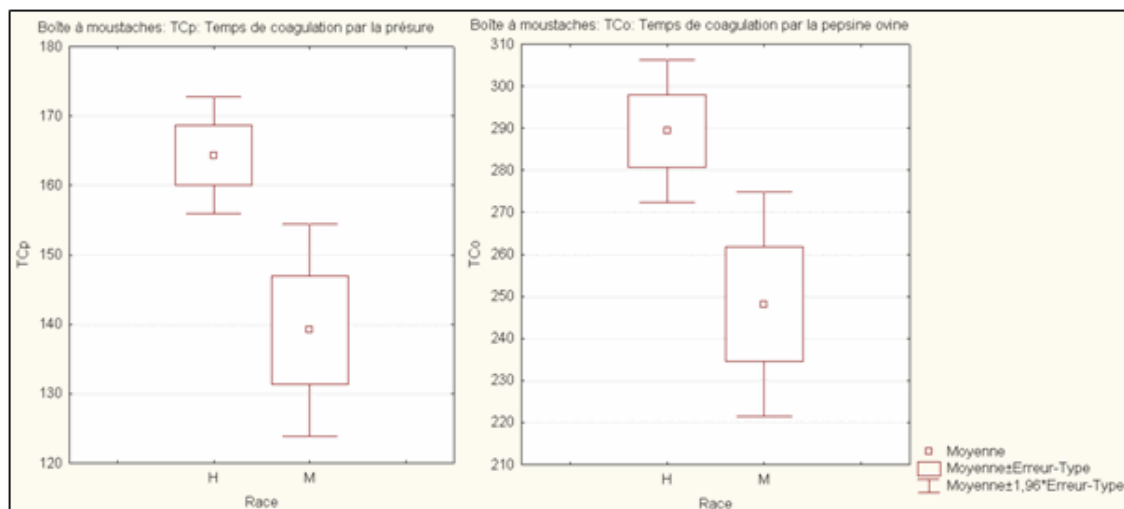
### 2.3. Effet de la race sur l'aptitude à la coagulation

Pour la variable technologique mesurée (temps de coagulation), l'effet race est significatif sur le plan statistique ( $p < 0,05$ ). La race Montbéliarde présente les temps de coagulation les mieux appréciés (139 s pour TCp, 248 s pour TCo) comparativement à ceux de Holstein (164 s pour TCp, 289 s pour TCo). Ces variations semblent dues aux taux protéique plus élevé chez la Montbéliarde bien qu'aucune différence significative n'est observée sur le plan statistique entre les deux races.

Les travaux de MACHBOEUF *et al.* (1993a), réalisés sur des laits individuels en domaine expérimental ont montré que l'aptitude à la coagulation du lait des vaches Holstein était inférieure à celle du lait des vaches Montbéliarde. Notre étude, en conditions réelles, confirme donc en partie (temps de coagulation), leurs résultats.

Dans ce sens, plusieurs auteurs (VERTES *et al.*, 1989 ; MACHEBOEUF *et al.*, 1993b ; MALOSSINI *et al.*, 1996 ; AULDIST *et al.*, 2002 ; MISTRY *et al.*, 2002) ont montré que les vaches Montbéliarde produisent un lait plus riche en protéines et de meilleure aptitude fromagère que celui des vaches Holstein conduites dans les mêmes conditions.

La figure n° 15 présente les boîtes à moustaches du temps de coagulation en fonction de la race.



**Figure n° 15 :** Tracé des boîtes à moustaches du temps de coagulation (par la présure et par la pepsine ovine) en fonction de la race

## 2.4. Effet de la race sur le pH et l'EST

Le pH du lait des deux races (Tableau n° 16) est conforme aux normes citées par ALAIS (1984) : 6,6 – 6,8.

Concernant l'extrait sec total, il représente l'ensemble des constituants du lait à l'exclusion de l'eau. La mesure de ce dernier nous permet d'apprécier d'une façon globale la richesse du lait (ALAIS, 1984). Sa valeur se situe entre 125 à 135 g/l (VIERLING, 1999 ; ALAIS, 2003).

Les résultats indiqués dans le tableau n° 16 montrent qu'il existe une différence de l'EST entre le lait de chaque race avec un écart de 2,45 g/l en faveur de Montbéliarde. Cependant, il est inférieur aux valeurs rapportées par la littérature (VIERLING, 1999 ; ALAIS, 2003). Toutefois, VEISSEYRE (1979) rapporte que cette teneur reste dépendante de la race, et les variations peuvent être considérables.

## 2.5. Conclusion

L'étude de l'effet de la race sur la composition chimique du lait et sur son aptitude à la coagulation révèle des différences raciales importantes :

- La race Holstein produit un lait plus riche en matière grasse (+0,64 g/l) et en acides gras (+0,61 g/l) que la race Montbéliarde ;
- Comparativement à la race Montbéliarde, la race Holstein présente des teneurs réduites en acides gras saturés et plus élevées en acides gras insaturés ;
- Par contre, les vaches Montbéliarde produisent un lait plus riche en matières azotées totales (+0,23 g/l), en protéines (+0,16 g/l) et en caséines (+0,03 g/l).

L'étude statistique a montré que ces différences ne sont pas significatives, et que les seules différences significatives résident dans la quantité de matière protéique avec un écart journalier de 401 g en faveur de Holstein, ce qui est fort possible dû à sa production laitière plus élevée.

Ainsi, la race influence significativement le temps de coagulation du lait. La Montbéliarde présente les temps les mieux appréciés, liés probablement aux taux protéiques plus élevés.

D'un autre côté, aucune variation significative a été enregistrée en ce qui concerne les rapports C/TP et TP/MAT en fonction de la race, résultat déjà démontré par plusieurs auteurs.

### 3. Effet de l'alimentation sur la composition chimique du lait et son aptitude à la coagulation

En dehors de l'effet de la race des vaches laitières, ce sont des variables de maîtrise de l'alimentation qui permettent le mieux d'expliquer les variations de la composition chimique du lait (AGABRIEL *et al.*, 1995).

Un test de Student est mis en œuvre en tenant compte des paramètres des laits issus des lots témoin et expérimental pour savoir s'il y a une différence au niveau de la composition des laits entre ces deux lots. Les résultats de ce test sont présentés dans le tableau n° 18.

**Tableau n° 18 : Analyse statistique (test de Student) des différents paramètres du lait en fonction de l'alimentation (T et E)**

Variable	Moyenne T	Moyenne E	Ec.-type T	Ec.-type E	ddl	p	Ec. entre Moy.
<b>EST</b>	112,35	125,08	1,47	4,30	10	0,000044	12,73
<b>TB</b>	31,55	40,82	0,49	0,55	10	0,000000	9,27
<b>AGT</b>	29,81	38,58	0,46	0,52	10	0,000000	8,77
<b>ESD</b>	80,80	84,26	1,68	4,67	10	0,118906	3,46
<b>D</b>	1,03	1,03	0,00	0,01	10	0,549014	0,00
<b>pH</b>	6,68	6,73	0,08	0,28	10	0,682137	0,05
<b>MAT</b>	32,87	32,60	1,11	1,67	10	0,755582	-0,27
<b>NNP</b>	0,99	0,96	0,14	0,11	10	0,638332	-0,03
<b>TP</b>	31,87	31,65	1,09	1,68	10	0,787029	-0,22
<b>QMP</b>	857,32	941,25	175,75	266,91	10	0,534505	83,93
<b>C</b>	31,03	30,66	1,08	1,91	10	0,693291	-0,37
<b>PS</b>	0,84	0,98	0,17	0,37	10	0,432007	0,14
<b>TP/MAT</b>	96,97	97,05	0,43	0,38	10	0,743879	0,08
<b>C/TP</b>	97,35	96,86	0,54	1,30	10	0,413355	-0,49
<b>TCp</b>	147,50	156,00	24,25	14,95	10	0,481727	8,50
<b>TCo</b>	261,67	275,83	38,62	31,16	10	0,500343	14,16

(En rouge, les paramètres correspondant aux valeurs de probabilités significatives  $p < 0,05$  et hautement significative  $p < 0,01$ ) ; ddl : degré de liberté ; p : probabilité ; Ec.-type : Ecart-type ; Moy. : Moyenne.

En fonction du type d'alimentation, des différences hautement significatives ( $p < 0,01$ ) ont été enregistrées au niveau de l'extrait sec total, du taux butyreux et par conséquent au niveau de la teneur en acides gras.

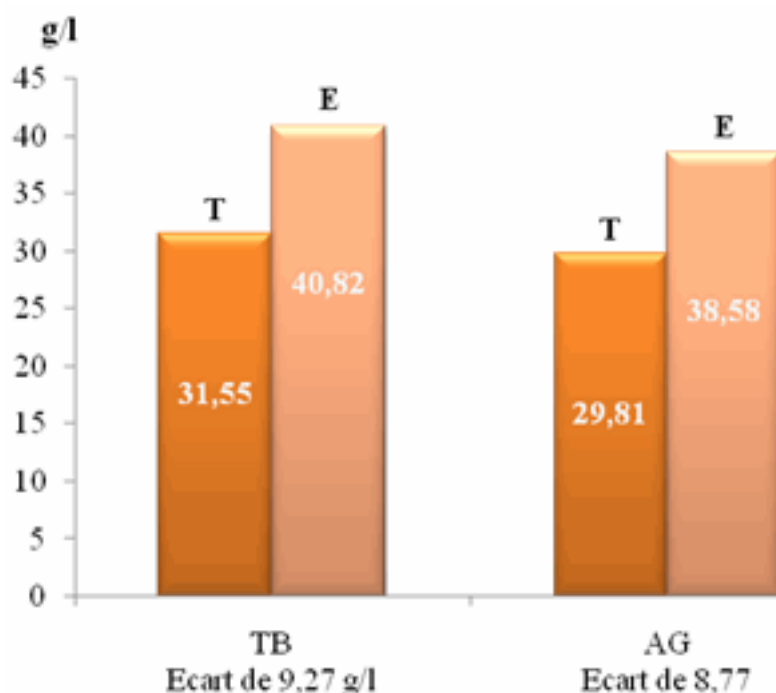
En revanche, les probabilités des autres paramètres sont trop élevées :  $p > 0,05$  (absence de différences significatives), cela indique que le type d'alimentation n'a aucun

effet significatif sur les autres composants du lait ni sur le temps de coagulation. Mais cela n'empêche pas de signaler les différences existantes dues à l'alimentation.

### 3.1. Effet de l'alimentation sur les matières grasses

#### 3.1.1. Taux butyreux et acides gras

La figure n° 16 présente les variations des teneurs en matières grasses et en acides gras entre les deux lots témoin et expérimental.



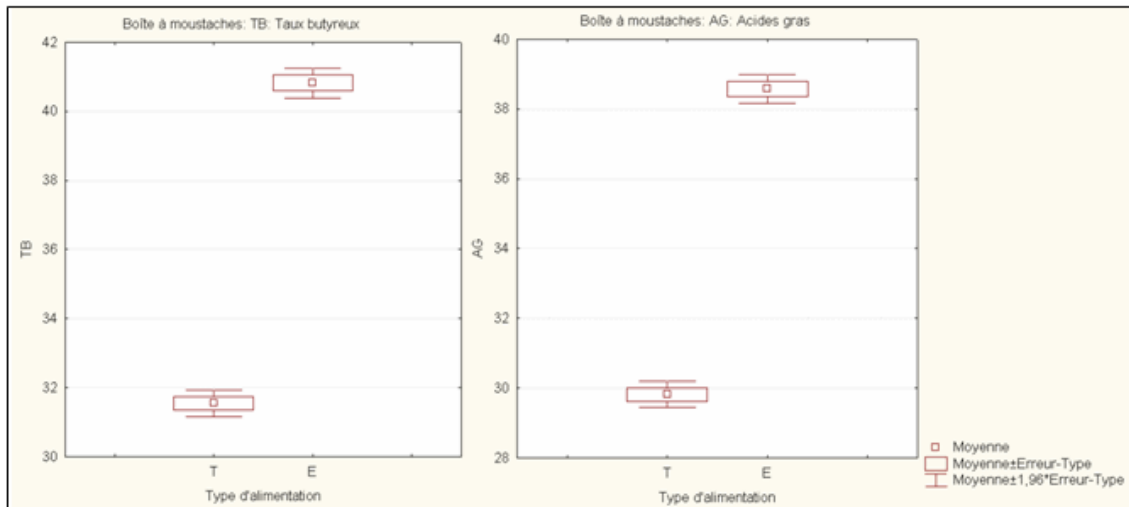
**Figure n° 16 :** Variation des teneurs en matières grasses et en acides gras en fonction de l'alimentation

D'après cette figure, on constate que la supplémentation en drêches a conduit à un taux butyreux supérieur de 9,27 g/l et à une teneur en acides gras supérieure de 8,77 g/l.

Le taux butyreux est un critère relativement variable d'un jour à l'autre, car il est fortement lié à la traite, son niveau variant de 1 à 10 entre le début et la fin de la traite. Cependant, il est, parmi les solides du lait, l'élément qui est le plus fortement et le plus rapidement modifiable par l'alimentation (HODEN et COULON, 1991).

Selon RULQUIN *et al.* (2007), les réponses du taux butyreux à un supplément de glucose (amidon digestible assimilable à du glucose) sont toujours négatives et le taux butyreux diminue significativement. Le rôle du glucose lorsque la céréale du concentré est du maïs est plus important (SUTTON *et al.*, 1980). Il pourrait alors expliquer une chute du taux butyreux (RULQUIN *et al.*, 2007). Mais en contre partie, la part du maïs a été diminuée dans notre essai pour le concentré expérimental, ce qui pourrait être responsable de l'élévation considérable du taux butyreux.

La figure n° 17 présente les boîtes à moustaches du taux butyreux et celui des acides gras en fonction de l'alimentation.



**Figure n° 17 :** Tracé des boîtes à moustaches du taux butyreux et d'acides gras en fonction de l'alimentation

Toute fois, BUGAUD *et al.* (2001) et COLLOMB *et al.* (1999) ont observé des résultats très intéressants, des variations dans la concentration de certains composés synthétisés par l'animal selon la nature de son alimentation permettent également d'expliquer une partie des différences observées. Il s'agit en particulier de la composition de la matière grasse du lait en acides gras (longueur de la chaîne carbonée et degré d'insaturation) fortement dépendante de l'alimentation des animaux. Ces résultats nous ont orientés vers la réalisation, sur la matière grasse des laits, d'une chromatographie en phase gazeuse pour pouvoir expliquer l'élévation des taux butyreux et d'acides gras enregistrée après l'introduction de drêches.

### 3.1.2. Profil en acides gras :

La composition en acides gras du lait est une composante importante de sa qualité nutritionnelle pour l'homme, qui est fortement modulable à court terme par l'alimentation des animaux d'élevage (CHILLIARD *et al.*, 2008).

Le tableau n° 19 présente la variation de la composition en acides gras en fonction de l'alimentation.

**Tableau n° 19 :** Variation de la composition en acides gras de la matière grasse du lait en fonction de l'alimentation mesurée par chromatographie en phase gazeuse

**Influence de quelques paramètres de production (alimentaire et race) sur la composition du lait  
aptitude à la coagulation par des succédanés de la présure**

Acides gras	Témoin (%)	Expérimental (%)	Variation (%)
C4	2,83	2,84	0,01
C5	0,33	0,32	-0,02
C6	1,93	2,05	0,12
C7	0,01	0,01	0,00
C8	<b>1,13</b>	<b>1,39</b>	<b>0,26</b>
C10	<b>2,34</b>	<b>3,19</b>	<b>0,85</b>
C11	<b>0,02</b>	<b>0,04</b>	<b>0,02</b>
C12	<b>2,66</b>	<b>3,66</b>	<b>1,00</b>
C13 ISO	<b>0,08</b>	<b>0,11</b>	<b>0,04</b>
C13	0,07	0,09	0,02
C14 ISO	0,18	0,14	-0,04
C14	9,59	10,99	1,40
C15 AISO	0,73	0,70	-0,03
C15	1,12	1,00	-0,12
C16 ISO	0,28	0,34	0,06
C16	29,55	25,41	-4,14
C17 ISO	0,50	0,43	-0,08
C17 AISO	0,66	0,60	-0,06
C17	0,61	0,52	-0,09
AGSCMC	<b>54,58</b>	<b>53,77</b>	<b>-0,81</b>
C18 ISO	0,06	0,04	-0,03
C18	11,94	10,94	-0,99
C20	0,22	0,18	-0,04
AGSLC	<b>12,21</b>	<b>11,15</b>	<b>-1,06</b>
AGS	<b>66,79</b>	<b>64,92</b>	<b>-1,87</b>
C10 1	0,26	0,34	0,08
C12 1	0,07	0,11	0,04
C14 1	1,07	1,40	0,34
C15 1	0,03	0,03	-0,01
C16 1	1,53	1,59	0,06
C17 1	0,32	0,24	-0,08
AGICMC	<b>3,27</b>	<b>3,70</b>	<b>0,44</b>
C18 1	25,90	26,30	0,40
C18 2	2,70	3,54	0,84
C18 3	0,95	1,14	0,19
C20 1	0,26	0,24	-0,02
AGILC	29,81	31,22	1,41
AGI	33,07	34,92	1,85
C18 1/C18	2,17	2,40	0,23
C18 2/C18 3	2,84	3,11	0,27

D'après le tableau n° 19, le profil en acides gras de la matière grasse du lait a été fortement modifié par le type deconcentré. Comparativement au lot T, le lait du lot E a des teneurs réduites de 0,81 % pour les acides gras saturés à chaînes courte et moyenne, réduite de plus de 1,06 % pour les acides gras saturés à chaîne longue (Figure n° 19).

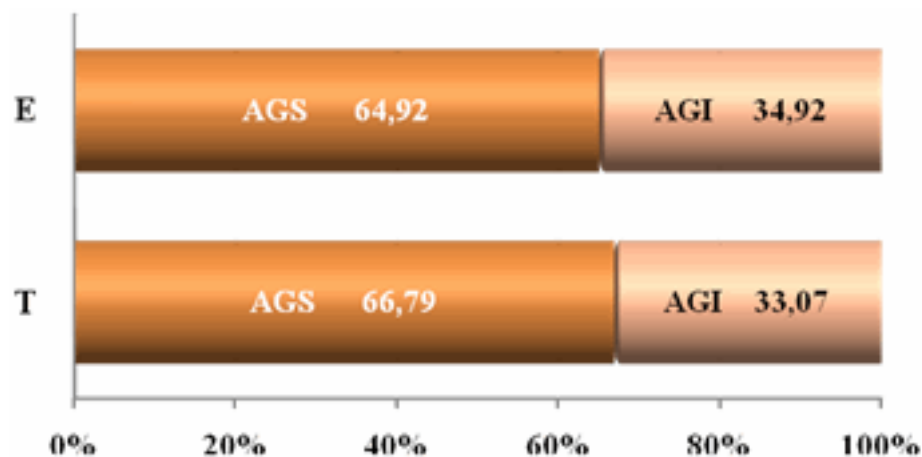
Cette réduction s'effectue au dépend d'un accroissement de la teneur en acides gras insaturés et en particulier de celles de l'acide oléique, linoléique et linolénique (respectivement de +0,4 %, +0,84 % et +0,19 %).



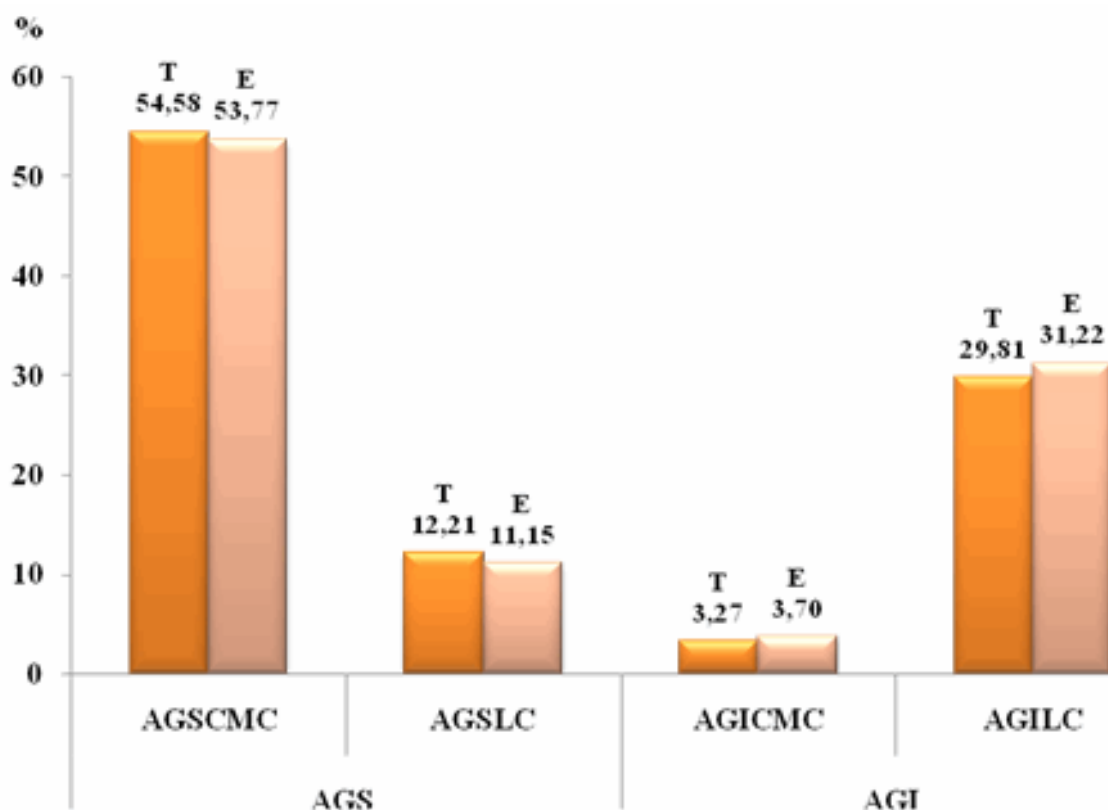
On assiste donc à une augmentation de la sécrétion d'acides gras insaturés (+1,85 %), compensée par une diminution de la sécrétion d'acides gras saturés (-1,87 %) (Figure n° 18).

Selon plusieurs auteurs (MURPHY *et* CANNILLY, 1991 ; PALMQUIST *et al.*, 1993 ; CHILLIARD *et al.*, 2001), l'alimentation permet de faire varier largement, et de façons diverses, la composition en acides gras du lait ; en signalant ici que les acides gras saturés, représentant 62 % des lipides totaux du lait, sont généralement reconnus comme facteurs de risque d'athérosclérose, notamment en augmentant la cholestérolémie totale et le cholestérol LDL. Les acides gras monoinsaturés (acide oléique) et polyinsaturés pourraient contribuer à diminuer le risque d'athérosclérose, notamment en augmentant le taux des HDL (MENSIK *et* KATAN, 1992).

Les acides gras du lait à chaîne de carbone courte à moyenne (C4 à 16) proviennent de la synthèse intra-mammaire qui, dépend de la fourniture d'acétate (origine endogène et provenant de l'acétate ruminal) et de  $\beta$ -hydroxybutyrate (origine endogène et provenant du butyrate ruminal). La totalité des acides gras dont la chaîne carbonée est supérieure à 18 atomes de carbone proviennent des acides gras à longues chaînes carbonées transportées par les chylomicrons (origine exogène), les VLDL (origine endogène) et l'albumine (origine endogène) (CHILLIARD *et* SAUVANT, 1987 ; SCHMIDELY *et* SAUVANT, 2001 ; SAUVANT *et al.*, 2006 ; RULQUIN *et al.*, 2007).



**Figure n° 18 :** Variation des proportions des acides gras saturés et insaturés en fonction de l'alimentation



**Figure n°19 :** Variation des proportions des acides gras à courte et moyenne chaîne et les acides gras à longue chaîne en fonction de l'alimentation

Les acides gras à longue chaîne (ayant au moins 16 atomes de carbone) sont de puissants inhibiteurs de la lipogenèse *de novo* dans les cellules mammaires. Cet effet inhibiteur est d'autant plus marqué que les acides gras ont une longueur de chaîne plus élevée et sont plus insaturés (CHILLIARD *et al.*, 2001).

De plus, et selon GULATI *et al.* (1999), les acides gras polyinsaturés ne sont pas synthétisés chez les ruminants, leur concentration dans le lait dépend donc essentiellement des apports par l'alimentation.

Parmi ces acides gras polyinsaturés, c'est le C18 2 (acide linoléique) qui est le plus représenté, sa teneur étant plus élevée dans les laits expérimentaux (3,54 %) que dans les laits témoins (2,70 %). Cela, est probablement, en liaison avec la teneur élevée des drêches en gras riche en acides gras polyinsaturés (près de 15 % de la matière sèche (BACHAND, 2007)). Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour confirmer ces tendances.

Par ailleurs, les drêches accroissent plus fortement la teneur en acide linoléique du lait, par rapport aux acides C18 1 et C18 3.

La proportion d'acide linoléique dans les acides gras du lait est généralement comprise entre 2 et 3 %. Lorsque les rations sont enrichies en graines ou huiles riches en acide linoléique, ce pourcentage ne dépasse pas 3 à 4 %, l'accroissement par rapport au régime témoin étant rarement supérieur à 1,5 %. Il est donc clair que l'hydrogénation poussée de l'acide linoléique dans le rumen limite fortement son incorporation dans les acides gras du lait (CHILLIARD *et al.*, 2001).

En outre, l'accroissement de la proportion d'acide linoléique dans les produits laitiers ne constitue pas en soi un objectif, dans la mesure où l'amélioration de la valeur nutritionnelle de ces produits passe par un accroissement du rapport linoléique/linoléique (CHILIARD *et al.*, 2001).

Ce rapport  $\omega 6/\omega 3$  (C18 2/C18 3) a été modifié par l'apport de drêche, on constate une augmentation dans le lot expérimental (3,11) par rapport au lot témoin (2,84).

Il est souhaitable également d'accroître le rapport C18 1/C18 pour diminuer la dureté des beurres, et pour améliorer leur qualité nutritionnelle, notamment pour limiter le risque athérogène chez l'homme. Ce rapport est régulé à la fois par les disponibilités respectives en ces deux acides gras, par l'activité de la désaturase mammaire et par les facteurs qui modulent cette activité (disponibilité en acides gras polyinsaturés, notamment) (CHILIARD *et al.*, 2001).

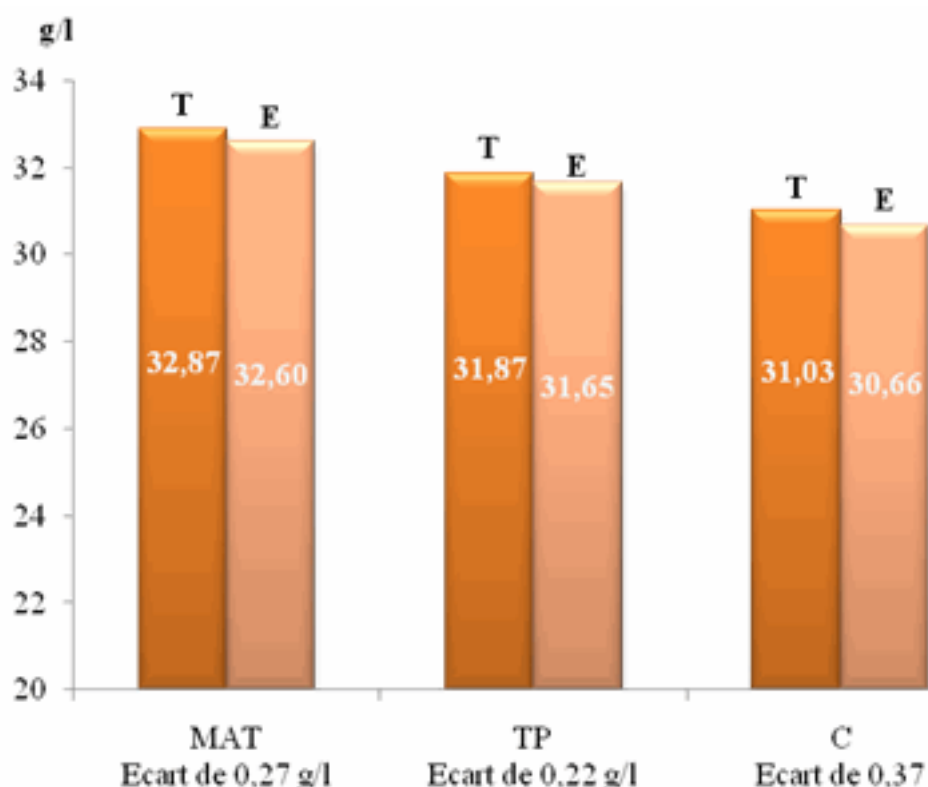
Parallèlement, le rapport C18 1/C18 augmente de 2,17 dans le lot témoin à 2,40 dans le lot expérimental, ce qui suggère selon BAUMGARD *et al.* (2001) une augmentation de l'activité de la delta-9 désaturase qui convertit l'acide stéarique en acide oléique.

### **3.2. Effet de l'alimentation sur les matières azotées**

#### **3.2.1. Matières azotées totales**

D'après le résultat de l'analyse statistique, l'effet de l'alimentation sur l'ensemble des matières azotées (taux protéique, taux de caséine, azote non protéique et protéines solubles) n'est pas significatif.

Malgré cela, on remarque une variation entre les deux lots témoin et expérimental. La figure n° 20 présente la variation du taux de matières azotées totales et ses principaux constituants.



**Figure n° 20 :** Variation du taux de matières azotées totales et ses principaux constituants en fonction de l'alimentation

D'après la figure n° 20, on constate une diminution de 0,27 g/l pour les matières azotées totales. Cette diminution est répartie entre le taux protéique (-0,22 g/l) et le taux d'azote non protéique (-0,03 g/l).

D'après JOURNET *et al.* (1975), l'azote non protéique constitue une fraction mineure de l'azote du lait et ses variations, sous l'influence des facteurs alimentaires sont faibles comparées à celles de l'azote protéique.

Depuis les années 90, l'azote non protéique, constitué pour une part importante par de l'urée, suscite un intérêt accru de la part de l'industrie laitière et de la recherche. Il est maintenant reconnu par l'industrie fromagère qu'un taux faible d'azote non protéique est souvent relié à de meilleurs rendements fromagers (BLOCK *et al.*, 1998). Son contrôle offrirait donc de nouvelles possibilités à l'industrie.

Ainsi, les teneurs élevées en azote non protéique, sont dues principalement à un excès d'apport azoté. Inversement, un apport important d'énergie sous forme de glucides facilement digestibles fait diminuer le taux d'azote non protéique dans le lait (JOURNET *et al.*, 1975).

D'autre part, et d'après SUTTON (1989), le taux protéique peut varier fortement sous l'effet des facteurs alimentaires. On sait ainsi que le taux protéique augmente de manière linéaire avec les apports énergétiques (COULON et REMOND, 1991), sauf lorsque l'augmentation de ces apports est réalisée par adjonction de matières grasses qui, au contraire et quelle que soit leur origine, ont un effet dépressif (REMOND, 1985 ; DOREAU et CHILLIARD, 1992). Par ailleurs, le taux protéique dépend aussi de la couverture des

besoins en acides aminés indispensables, lysine et méthionine en particulier (RULQUIN *et al.*, 1993), donc de la nature des compléments azotés distribués aux animaux.

Par ailleurs, les acides aminés des protéines intestinales proviennent de 3 fractions protéiques différentes : la fraction alimentaire non dégradée dans le rumen, la fraction microbienne et la fraction endogène des pré-estomacs dans la caillette (RULQUIN *et al.*, 2001). Les protéines microbiennes constituent la principale part des protéines duodénales. Elle peut atteindre de 35 à 66 % chez la vache laitière (CLARK *et al.*, 1992). C'est pourquoi il était généralement admis que la composition en acides aminés des protéines duodénales variait peu car elle reflétait la composition des microbes (SMITH, 1984). Quelques essais suggèrent toute fois que, dans certains cas (protéines peu dégradables, etc.), le profil duodéal en acides aminés reflète celui des aliments (MERCER *et al.*, 1980). Enfin, selon RULQUIN *et al.* (2001), la synthèse des protéines microbiennes est le plus souvent limitée par la disponibilité en énergie.

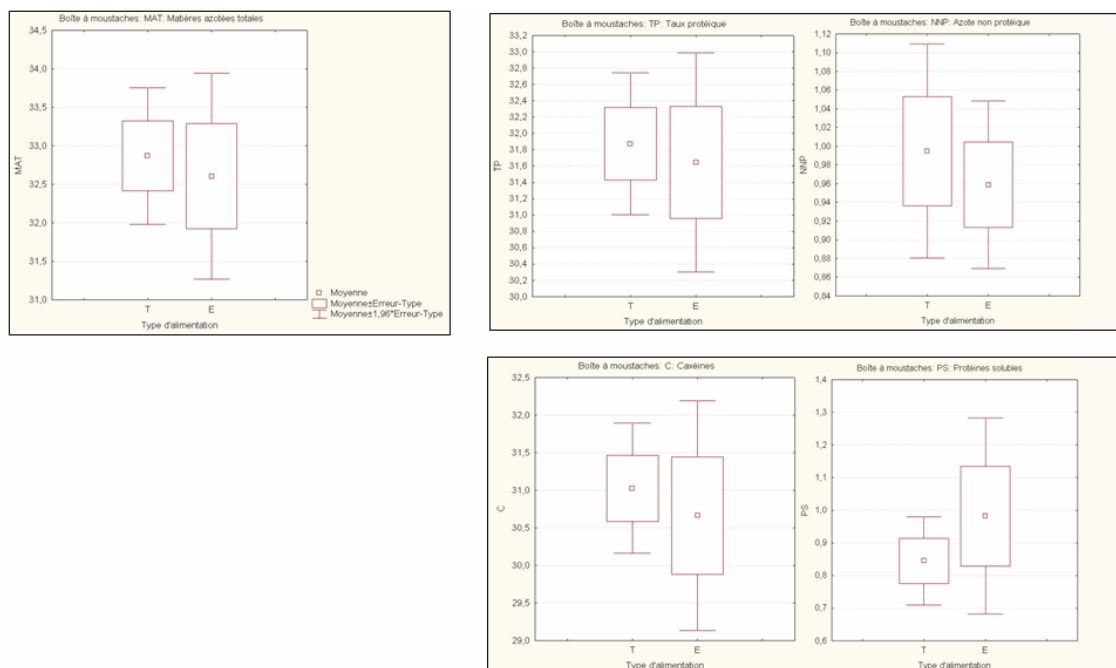
Enfin, l'effet de la nature de l'énergie sur le taux protéique fait l'objet de résultats contradictoires, même si l'on admet que des rations riches en amidon conduisent généralement à une augmentation du taux protéique, au moins dans les cas extrêmes (COULON *et al.*, 1989 ; SUTTON, 1989). La question est de savoir si ces modifications du taux protéique du lait sous l'effet de l'alimentation s'accompagnent de modifications du rapport caséines/protéines.

Du point de vue plus global, notre résultat confirme celui de PHILIPONA *et al.* (2002) qui ont montré que le taux protéique est moins influençable par l'alimentation que le taux butyreux.

Les protéines du lait sont constituées de caséine et de protéines solubles. D'après la figure n° 20, la teneur en caséine a diminué également dans le lot expérimental (-0,37 g/l) au profit de celle des protéines solubles qui a augmenté de +0,14 g/l. MACHEBOEUF *et al.* (1993b) ont montré qu'une sous alimentation énergétique a entraîné une baisse du taux de caséines de 1,4 g/l. En effet, JOURNET *et al.* (1975), ont montré que les variations du taux d'azote total entre troupeaux en fonction du régime alimentaire sont dues essentiellement à l'azote protéique et plus particulièrement à l'azote de la caséine.

Un taux de caséines plus bas (-0,37 g/l) dans le lot expérimental laisse déjà penser que les proportions relatives de chacune des caséines changent.

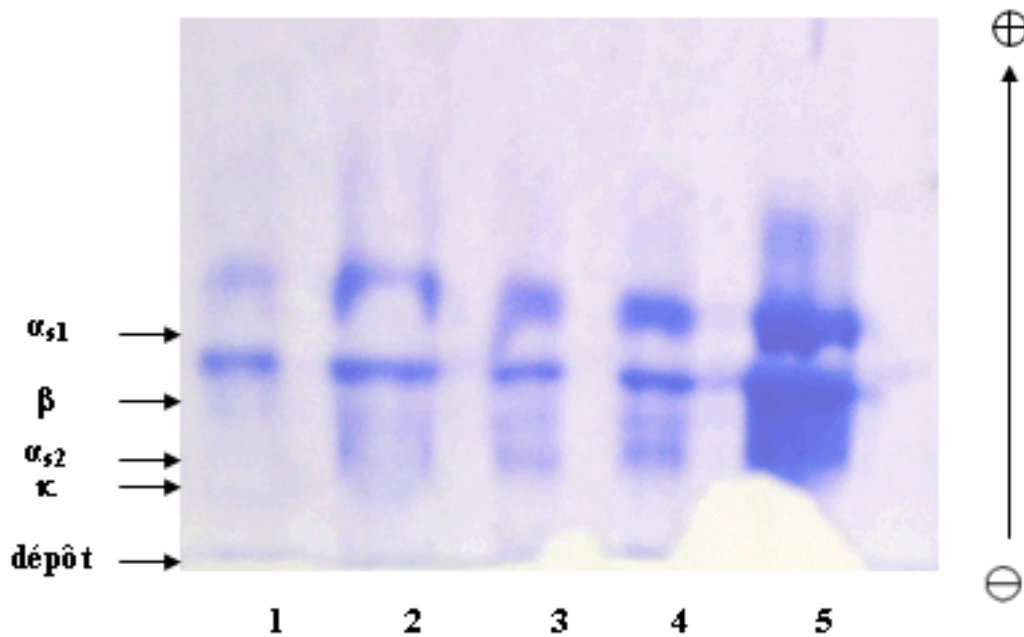
La figure n° 21 présente les boîtes à moustaches des matières azotées totales et des constituants protéiques en fonction de l'alimentation.



**Figure n° 21 :** Tracé des boîtes à moustaches des matières azotées totales et des constituants protéiques en fonction de l'alimentation

### 3.2.2. Profil caséinique

Dans le but de mieux comprendre les différences observées au niveau des taux protéique et caséique entre les vaches en fonction de la race et l'alimentation, la recherche a ensuite été focalisée, au laboratoire, sur l'étude du profil caséinique des protéines. Les caséines précipitées après acidification ont été analysées et comparées à une caséine pure par électrophorèse afin d'évaluer les proportions de chaque type de caséine.



**Figure n° 22 :** Analyses électrophorétiques des caséines du lait de vache. (1) Holstein témoin ; (2) Montbéliarde témoin ; (3) Montbéliarde expérimentale ; (4) Holstein expérimentale ; (5) Caséine pure.

La figure n° 22 montre les résultats électrophorétiques obtenus avec les échantillons de lait et de caséine pure.

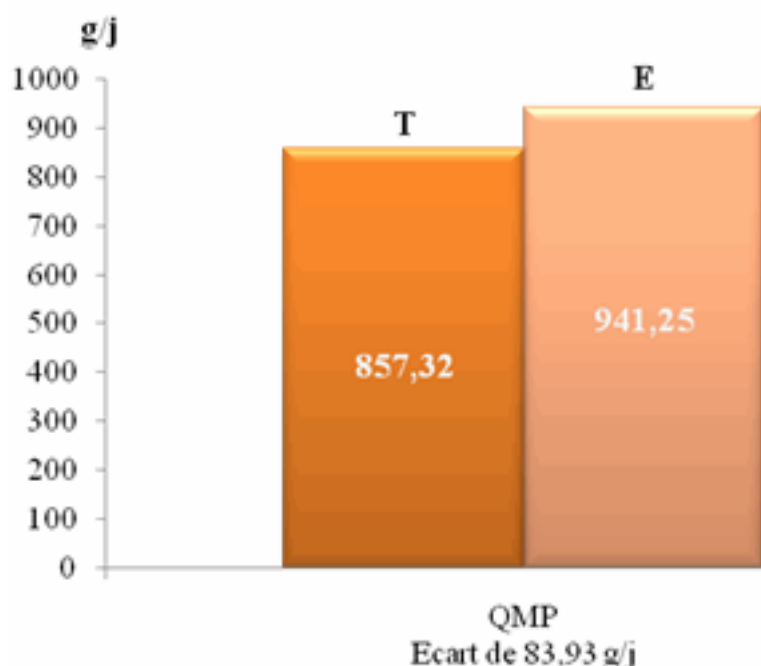
Le profil électrophorétique montre quatre bandes protéiques bien séparées : caséines  $\alpha_{s1}$ ,  $\alpha_{s2}$ ,  $\beta$  et  $\kappa$ , dont l'ordre relatif est :  $\alpha_{s1}$ ,  $\beta$ ,  $\alpha_{s2}$ ,  $\kappa$  conforme à celui établi par (FERRETTI et al., 1990 ; GROSCLAUDE, 1988). Ces bandes sont moins apparentes dans les laits 1 et 2 correspondant aux laits témoins, en particulier la caséine  $\alpha_{s2}$  et la caséine  $\kappa$ , mais plus apparentes dans les laits expérimentaux (3 et 4). Ce résultat conduit à supposer que l'incorporation des drêches de distillerie a entraîné une augmentation des concentrations caséiniques.

Dans ce sens, VERTES et HODEN (1989) ont montré que la teneur en caséine  $\alpha_{s2}$  augmentait avec le niveau d'alimentation, mais, dans leur essai, cette élévation accompagnait une progression importante du taux protéique du lait. COLLIN *et al.* (1990) ont souligné par ailleurs un accroissement simultané de la teneur en caséine  $\kappa$  et du taux protéique de laits de mélange.

De même, les légères modifications du profil caséinique obtenues selon le niveau d'apport en concentré n'ont eu aucune répercussion significative sur l'aptitude à la coagulation des laits : les différences de composition révélées dans cet essai ont été trop faibles pour entraîner des modifications significatives du temps de coagulation.

### 3.2.3. Quantité de matière protéique

La figure n° 23 présente la variation de la quantité de matière protéique entre les deux lots témoin et expérimental.



**Figure n° 23 :** Variation de la quantité de matière protéique en fonction de l'alimentation

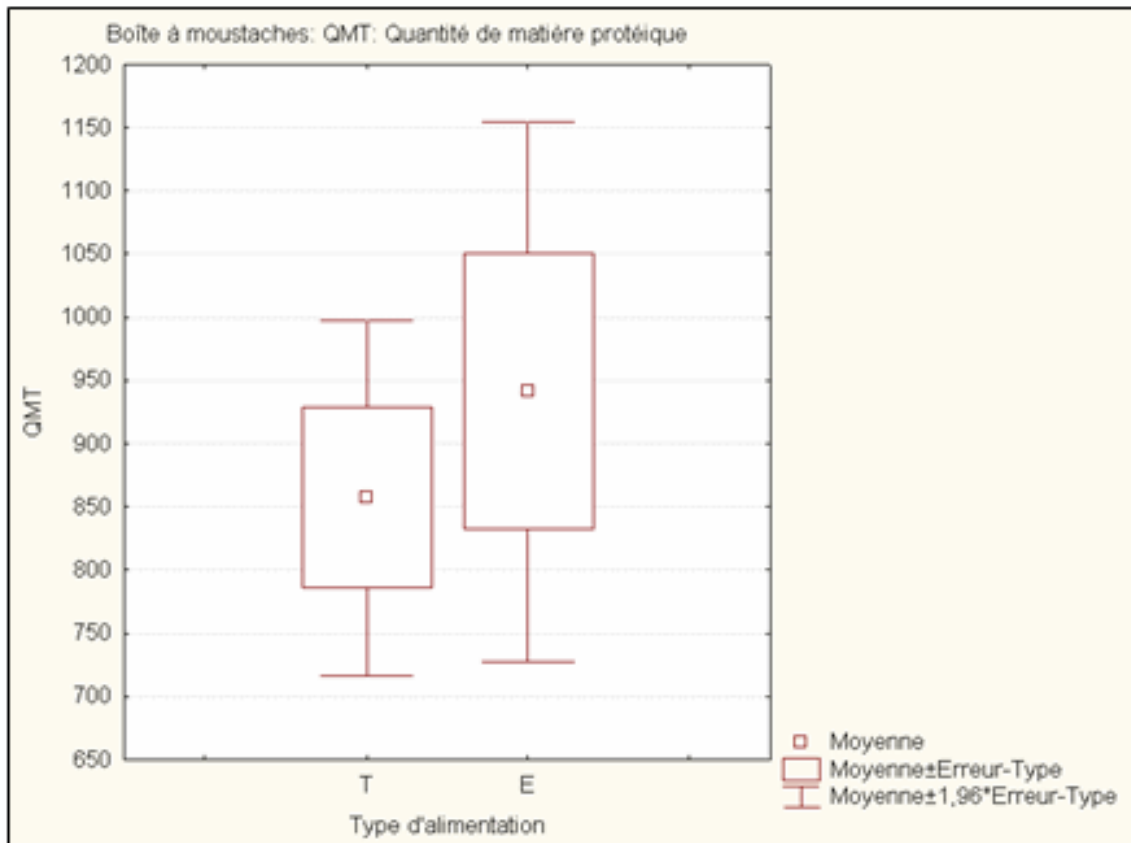
Du point de vue rendement, une production laitière moyenne de 27,02 l/j (Tableau n° 15) à un taux protéique de 31,87 g/l pour le lot témoin, donne une quantité de matière protéique (QMP) journalière de 857,32g et qui augmente dans le lot expérimental (941,25 g/j) en raison de l'augmentation de la production laitière (29,48 l/j, Tableau n° 15) et cela malgré la diminution du taux protéique. Il en résulte un gain de 83,93 g de protéine par jour.

Lorsqu'on compare la quantité de matière protéique avec le taux protéique, on constate que l'augmentation de la QMP est masquée par la production laitière qui augmente plus fortement avec l'introduction de drêches. Cela conduit à un effet de dilution de cette matière protéique et par conséquent à une diminution du taux protéique.

Selon REMOND (1985), l'augmentation du niveau des apports azotés dans la ration entraîne une augmentation conjointe des quantités de lait et de protéines sécrétées, de sorte que le taux protéique est peu modifié

La figure n° 24 présente les boîtes à moustaches de la quantité de matière protéique en fonction de l'alimentation.





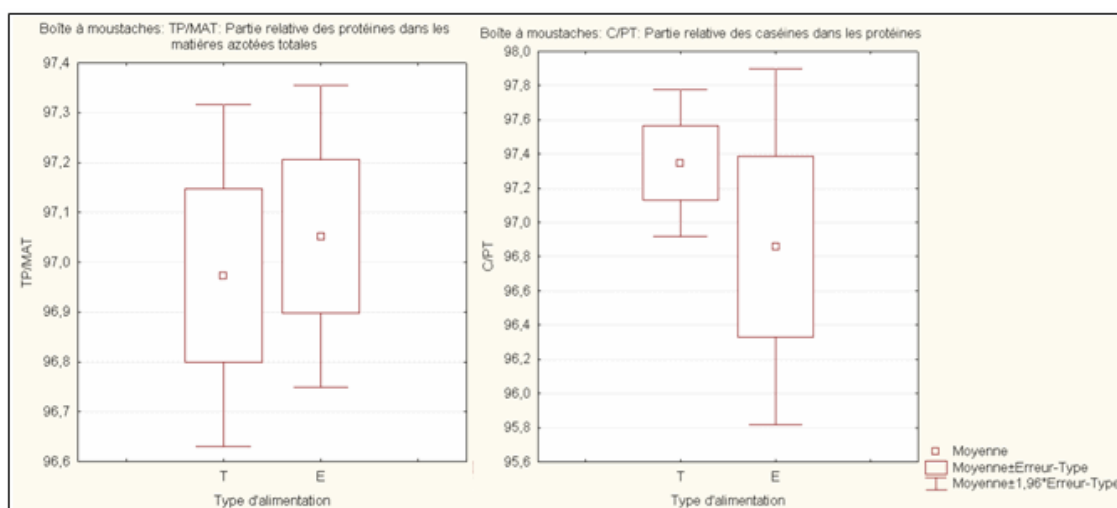
**Figure n° 24 :** Tracé des boîtes à moustaches de la quantité de matière protéique en fonction de l'alimentation

### 3.2.4. Les proportions relatives de protéines et de caséines

L'effet du type d'alimentation n'est pas significatif pour la proportion relative des protéines dans les matières azotées totales (TP/MAT) ni pour celle des caséines dans les protéines (C/TP). Ceci indique que l'introduction de drêches n'a pas modifié significativement ces deux rapports.

Plusieurs auteurs ont montré que l'alimentation, qui est un levier important pour améliorer le taux protéique du lait, ne modifiait pas le rapport caséines/protéines dans la très grande majorité des situations examinées (VERTES *et al.*, 1989 ; LAURENT *et al.*, 1992 ; DEPETERS *et* CANT, 1992 ; RULQUIN *et* DELABY, 1997 ; MALOSSINI *et al.*, 1996 ; COULON *et al.*, 1998). En particulier, ni le niveau ni la nature des apports énergétiques et azotés n'ont d'effet important sur ce rapport (COULON *et al.*, 1998).

La figure n° 25 présente les boîtes à moustaches des rapports TP/MAT et C/TP en fonction de l'alimentation.



**Figure n° 25 :** Tracé des boîtes à moustaches des rapports TP/MAT et C/TP en fonction de l'alimentation

### 3.3. Effet de l'alimentation sur l'aptitude à la coagulation

La coagulation du lait par la présure est la première étape de la réalisation de la plupart des fromages. Le comportement du lait lors de la coagulation joue un rôle important sur le bon déroulement des étapes ultérieures de la fabrication fromagère qui sont souvent considérées comme sa simple continuation (LAWRENCE *et al.*, 1984).

Les laits du lot expérimental présentent des temps de coagulation (TC<sub>p</sub> :158 s ; TC<sub>o</sub> :280 s) légèrement plus longs que ceux des laits du lot témoin (TC<sub>p</sub> :152 s ; TC<sub>o</sub> :268 s).

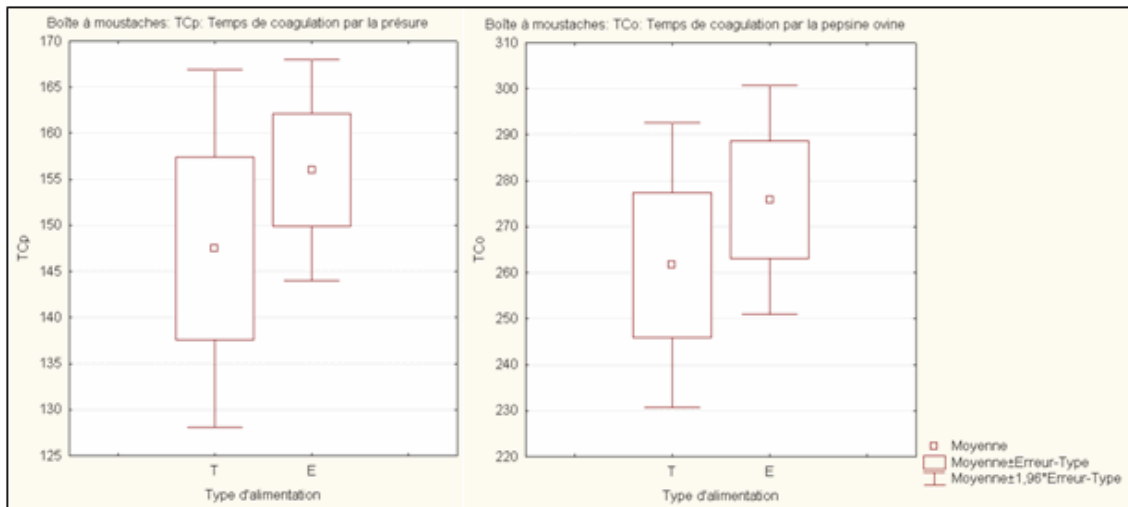
Selon MACHEBOEUF *et al.* (1993a), la diminution du taux de caséines explique en grande partie cet effet.

Bien qu'il n'existe pas de différences significatives du temps de coagulation (présure et pepsine ovine) entre les laits correspondant aux deux types d'alimentation, on observe que l'écart du temps de coagulation par la pepsine ovine (12 s) entre les deux lots (T et E) est deux fois plus grand que celui du temps de coagulation par la présure (6 s), ce qui nous conduit à supposer que les enzymes coagulantes réagissent différemment à un changement de l'alimentation et que probablement la présure est la moins influencée. Notant ici que la pepsine ovine est à l'état brut et on pourrait avoir des résultats meilleurs avec cette pepsine à l'état purifié.

Cependant, la plupart des auteurs (GRANDISON *et al.*, 1984 ; DELACROIX, 1985) n'ont pas pu mettre en évidence d'effet propre important de l'alimentation sur le temps de coagulation.

D'autre part, si la variabilité du temps de coagulation du lait a moins d'importance en fromagerie où le pH du lait peut être facilement maîtrisé à l'emprésurage, elle reste préoccupante chez les producteurs fermiers qui doivent généralement la subir.

La figure n° 26 présente les boîtes à moustaches du temps de coagulation en fonction de l'alimentation.



**Figure n° 26 :** Tracé des boîtes à moustaches du temps de coagulation (par la présure et par la pepsine ovine) en fonction de l'alimentation

### 3.4. Effet de l'alimentation sur le pH et l'extrait sec total

L'apport de drêche n'a pas fait varier significativement le pH des laits (Tableau n° 18). Il est toujours conforme aux normes (T : 6,68 ; E : 6,73).

A l'inverse, les résultats présentés dans le tableau n° 18 indiquent qu'il existe une différence de l'extrait sec total très hautement significative ( $p < 0,01$ ) entre le lot témoin (112,35 g/l) et le lot expérimental (125,08 g/l) avec cependant, un écart de 12,73 g/l.

Selon CROGUENNEC *et al.* (2008), 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.

### 3.5. Conclusion

L'introduction de drêches de distillerie dans la ration des vaches laitières s'est accompagnée de modifications très importantes de la plupart des caractéristiques du lait, et en particulier de l'EST (+12,73 g/l), du TB (+9,27 g/l) et celui d'AG (+8,77 g/l) qui ont été très hautement significatives.

Le profil en acides gras du lait a été fortement influencé par l'alimentation. Comparativement au lot témoin, le lot expérimental présente des teneurs réduites en acides gras saturés (-1,87 %), reconnus comme facteurs de risque d'athérosclérose pour l'homme, et plus élevées en acides gras insaturés (+1,85 %) et en acides gras polyinsaturés en particulier, ce qui améliore la qualité nutritionnelle du lait.

Ces derniers ne sont pas synthétisés par les tissus des ruminants, de sorte que leur concentration dans le lait dépend étroitement de l'apport alimentaire lié principalement à la proportion de matières grasses apportées par les drêches. Ces acides gras polyinsaturés, à des concentrations élevées, inhibent la lipogénèse *de novo* des acides gras saturés dans les cellules mammaires.

En ce qui concerne les teneurs des différents constituants de la matière azotée, l'étude révèle une légère diminution du taux protéique (-0,22 g/l) et caséique (-0,37 g/l) dans le lot expérimental.

## Influence de quelques paramètres de production (alimentaire et race) sur la composition du lait aptitude à la coagulation par des succédanés de la présure

---

Par ailleurs, et du point de vue rendement, la quantité de matière protéique augmente de 83,93 g/j suite à l'introduction de drêches, ce qui conduit à dire que la diminution du taux protéique est due à un effet de dilution.

En outre, aucune variation significative n'a été enregistrée concernant les rapports C/TP et TP/MAT en fonction de l'alimentation, résultat déjà établi par plusieurs auteurs.

Pareillement, l'alimentation n'a pas d'influence significative sur le temps de coagulation ; malgré cela, on observe que l'écart du temps de coagulation par la pepsine ovine entre les deux lots (témoin et expérimental) est deux fois plus grand que celui du temps de coagulation par la présure, ce qui nous conduit à supposer que les enzymes coagulantes réagissent différemment à un changement de l'alimentation et que la présure paraît la moins influencée. Notant ici que la pepsine ovine est à l'état brut et qu'on peut avoir des résultats meilleurs à l'état purifié.

En outre, nous avons étudié l'effet de l'interaction de l'alimentation et de la race sur la composition chimique du lait. Le test d'ANOVA factorielle est mis en œuvre en tenant compte des paramètres des laits. Les résultats de ce test sont présentés dans le tableau n° 20.

**Tableau n° 20 : Analyse statistique (ANOVA factorielle) de l'effet de la race et de l'alimentation**

	ddl	p
<b>Race * type d'alimentation</b>	8	0,051583

ddl : degré de liberté ; p : probabilité ; probabilités significatives :  $p < 0,05$  ; probabilité hautement significative :  $p < 0,01$ .

Dans les conditions de l'étude et de l'environnement, l'interaction race\*alimentation n'a pas un effet statistiquement significatif sur la production laitière mais demeure comme même à la limite de la probabilité significative ( $0,051 < 0,05$ ).

## 4. Etude de la corrélation entre les facteurs de production et les variables physicochimiques et technologiques du lait :

---

Le test de corrélation est effectué pour mettre en évidence les relations de dépendance qui peuvent exister entre les différents facteurs étudiés.

Au seuil de signification total  $\alpha = 0,05$ , on peut rejeter l'hypothèse nulle (absence de corrélation significative entre les variables). La matrice de corrélation résultante est présentée dans le tableau n° 21.

La matrice de corrélation confirme des propriétés bien connues : il existe une corrélation très hautement significative entre :

- Le taux butyreux et le taux d'acides gras ( $r = +1,00$ ) ;
- L'extrait sec total et respectivement le taux butyreux ( $r = +0,88$ ), le taux d'acides gras ( $r = +0,88$ ) et l'extrait sec dégraissé ( $r = +0,80$ ) ;
- L'extrait sec total et la teneur en eau ( $r = -1,00$ ) ;
- Le taux protéique et le taux caséique ( $r = +0,98$ ).
- Ce test de corrélation confirme également ce qui a été déjà démontré par le test de Student :

- Il existe une dépendance très significative de la teneur en matières grasses ( $r = +0,99$ ), et en acides gras ( $r = +0,99$ ) et de l'extrait sec total ( $r = +0,91$ ) du type d'alimentation ;
- D'autre part, il existe une dépendance de la production laitière ( $r = -0,97$ ), de la quantité de matière protéique ( $r = -0,96$ ), et du temps de coagulation par la présure et par la pepsine ovine ( $r = -0,67$  ;  $r = -0,63$  respectivement) de la race ;
- Alors qu'il y a absence de corrélation significative entre le rapport C/TP et respectivement la race ( $r = -0,23$ ) et l'alimentation ( $r = -0,26$ ).
- Ce rapport (C/TP) est corrélée avec le taux de caséine ( $r = +0,64$ ), ce qui veut dire qu'il y a accroissement du rapport C/TP avec l'accroissement du taux de caséine.

**Tableau n° 21 : Matrice de corrélation entre les facteurs de production et toutes les variables physicochimiques et technologiques du lait**

	Race	Alim.	PL	EST	TB	AG	ESD	H %	D	pH	MAT	NNP	TP	QMP	C
Race	1,00														
Alim.	0,00	1,00													
PL	<b>-0,97</b>	0,20	1,00												
EST	0,17	<b>0,91</b>	-0,02	1,00											
TB	-0,07	<b>0,99</b>	0,27	<b>0,88</b>	1,00										
AG	-0,07	<b>0,99</b>	0,27	<b>0,88</b>	<b>1,00</b>	1,00									
ESD	0,42	0,47	-0,38	<b>0,80</b>	0,42	0,42	1,00								
H %	-0,17	<b>-0,91</b>	0,02	<b>-1,00</b>	<b>-0,88</b>	<b>-0,88</b>	<b>-0,80</b>	1,00							
D	0,19	-0,19	-0,20	-0,20	-0,22	-0,22	-0,10	0,20	1,00						
pH	-0,22	0,13	0,28	-0,04	0,18	0,18	-0,32	0,04	-0,48	1,00					
MAT	0,00	-0,15	0,02	-0,31	-0,17	-0,17	-0,39	0,31	0,53	0,10	1,00				
NNP	0,26	-0,16	-0,27	0,05	-0,20	-0,20	0,34	-0,05	-0,06	0,28	0,12	1,00			
TP	-0,02	-0,14	0,05	-0,32	-0,15	-0,15	-0,43	0,32	0,54	0,08	<b>0,99</b>	0,02	1,00		
QMP	<b>-0,96</b>	0,19	<b>0,99</b>	-0,06	0,25	0,25	-0,43	0,06	-0,13	0,29	0,16	-0,27	0,18	1,00	
C	-0,07	-0,18	0,08	-0,35	-0,19	-0,19	-0,43	0,35	<b>0,65</b>	-0,06	<b>0,97</b>	-0,05	<b>0,98</b>	0,21	1,00
PS	0,21	0,25	-0,15	0,30	0,27	0,27	0,22	-0,30	<b>-0,78</b>	<b>0,62</b>	-0,30	0,37	-0,33	-0,19	-0,51
TP/MAT	-0,27	0,11	0,29	-0,15	0,13	0,13	-0,47	0,15	0,23	-0,23	0,22	<b>-0,94</b>	0,31	0,33	0,37
C/TP	-0,23	-0,26	0,17	-0,33	-0,28	-0,28	-0,29	0,34	<b>0,82</b>	-0,55	0,45	-0,33	0,48	0,23	<b>0,64</b>
TCp	<b>-0,67</b>	0,23	<b>0,65</b>	0,18	0,29	0,29	-0,02	-0,18	<b>-0,63</b>	0,40	<b>-0,59</b>	-0,20	-0,57	0,57	<b>-0,58</b>
TCo	<b>-0,63</b>	0,22	<b>0,63</b>	0,15	0,28	0,28	-0,07	-0,15	<b>-0,72</b>	0,47	<b>-0,60</b>	-0,15	<b>-0,58</b>	0,54	<b>-0,61</b>

En couleur rouge, valeurs de "r" significatives au seuil  $\alpha = 0,05$  (test bilatéral) ; r : coefficient de corrélation ; Alim. : Alimentation.

Le facteur lié à l'animal (race) fait varier les taux butyreux et protéique dans le même sens ( $r = -0,07$  pour TB,  $r = -0,02$  pour TP), alors que le facteur du milieu (alimentation), permet de les faire varier en sens inverse ( $r = +0,99$  pour TB,  $r = -0,14$  pour TP). Ce résultat confirme celui de HODEN et COULON (1991) réalisé sur le lait.

#### 4.1. Relations entre les variables de la matière azotée du lait :

En ce qui concerne l'ensemble des variables de la matière azotée, la corrélation est maximale entre les matières azotées totales et les protéines ( $r = +0,99$ ) d'une part et les caséines d'autre part ( $r = +0,97$ ). Alors qu'il y a absence de corrélations significatives entre

les matières azotées totales et respectivement l'azote non protéique ( $r = +0,12$ ) et les protéines solubles ( $r = -0,30$ ).

D'après JOURNET *et al.* (1975), les variations du taux des matières azotées totales entre races en fonction du régime alimentaire sont, en effet, dues essentiellement à l'azote protéique et plus particulièrement à l'azote de la caséine.

De plus, la variation du taux protéique, durant notre étude, a été majoritairement dû pour toutes les vaches, à celui des matières azotées totales ( $r = +0,99$ ), en particulier à celui des caséines ( $r = +0,98$ ). Cependant, l'équation de corrélation qui relie la teneur en caséines et celle des protéines est :

$$C = -3,420 + 1,0790 * TP$$

avec ( $\alpha = 0,05$  et  $r = 0,98$ ).

La figure n° 27 représente cette équation de corrélation.

En outre, la densité du lait est liée plus particulièrement aux MAT ( $r = +0,53$ ), TP ( $r = +0,54$ ), C ( $r = +0,65$ ), PS ( $r = -0,78$ ) et au pH ( $r = -0,48$ ),

Par ailleurs, notre résultat ( $r = +0,08$ ) confirme celui de STORRY et FORD (1982), les liaisons entre le pH du lait et son taux protéique sont cependant très lâches. Selon DALGLEISH (1980), enrichissement du lait en protéines ne provoque pas de modification notable de son pH. Ce dernier est corrélé positivement à la teneur en protéines solubles ( $r = +0,62$ ).

Selon VIGNOLA (2002) toujours, le pH d'un lait frais se situe entre 6,6 et 6,8. Les valeurs de pH représentent l'état de fraîcheur du lait, plus particulièrement en ce qui concerne sa stabilité du fait que c'est le pH qui influence la solubilité des protéines.

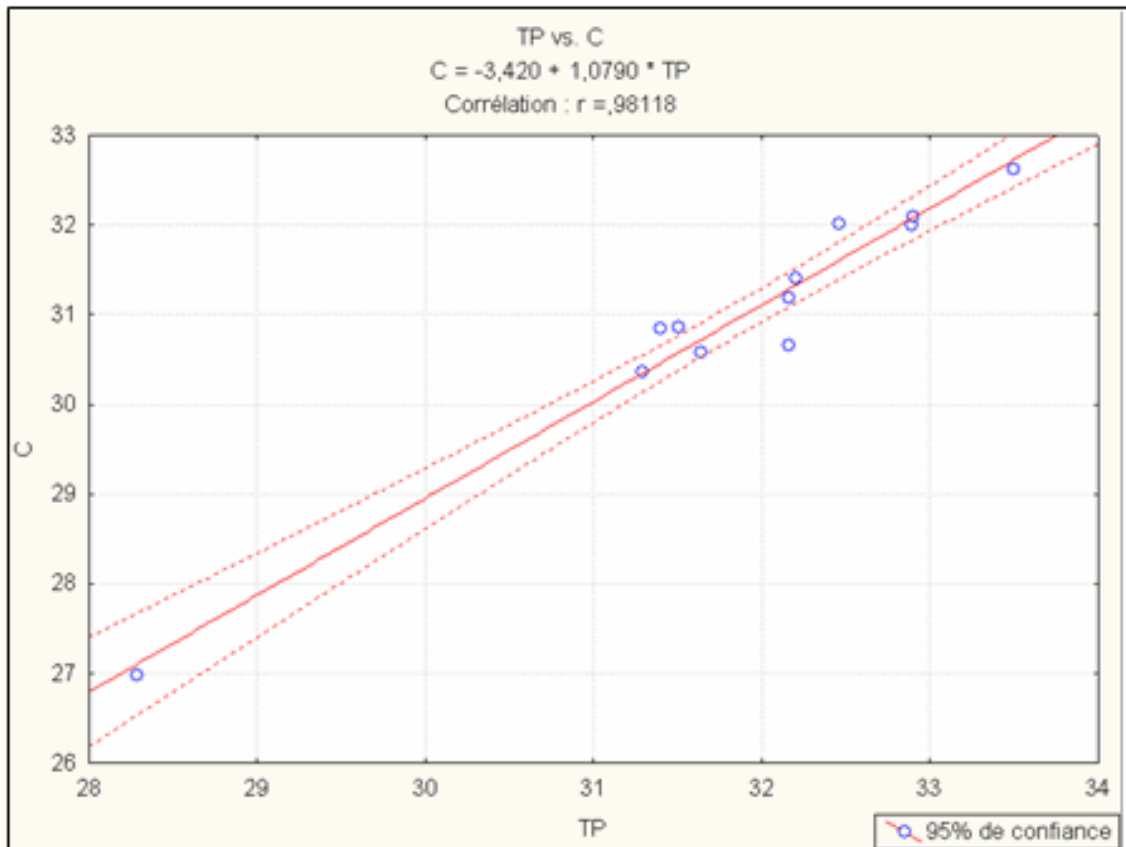


Figure n° 27 : Droite de corrélation entre protéines et caséines

#### 4.2. Relations entre les variables caractérisant l'aptitude à la coagulation du lait

Parmi les critères de la composition du lait mesurés, ce sont les matières azotées, les taux protéique et caséique qui ont été les plus fortement associées aux temps de coagulation (par la présure et par la pepsine ovine). En particulier, les plus fortes teneurs en caséines ont été associées aux temps de coagulation les plus appréciés ( $r = -0,58$  pour TCp,  $r = -0,61$  pour TCo). Le temps de coagulation est notamment corrélé à la race ( $r = -0,67$  ;  $r = -0,63$ ).

D'après HODEN et COULON (1991), l'aptitude du lait à la coagulation est un des facteurs déterminants de la quantité de fromage produite et de sa qualité. Elle dépend en partie de la composition chimique du lait. Le comportement d'un lait lors de la coagulation varie essentiellement en fonction du taux de protéines (VERTES et HODEN, 1989 ; REMEUF *et al.*, 1991 ; MACHBOEUF *et al.*, 1993b).

Selon BRULE et LENOIR (1987), LENOIR et SCHNEID (1987), il faut citer également la concentration en caséines qui présente une influence déterminante.

D'un autre côté, et comme cela a été mis en évidence par divers auteurs (O'KEEFFE, 1984 ; GRANDISON *et al.*, 1985 ; DELACROIX, 1985 ; REMEUF *et al.*, 1991 ; MARTIN et COULON, 1995), le temps de coagulation (par la présure et par la pepsine ovine) a été d'autant plus court que le pH initial du lait était plus bas ( $r = +0,40$  ;  $r = +0,47$ ).

Par ailleurs, les travaux réalisés en situation expérimentale (VERTES *et al.*, 1989 ; MACHBOEUF *et al.*, 1993b) ou en fermes (MARTIN et COULON, 1995) n'ont jamais mis

en évidence un effet du niveau des apports énergétiques sur la durée de la première phase de la coagulation. Enfin, la nature des aliments semble avoir peu d'effets sur le temps de coagulation (GRANDISON *et al.*, 1985 ; VERTES *et al.*, 1989 ; COULON *et* GAREL, 1993). Les associations entre l'alimentation des animaux et le temps de coagulation ( $r = +0,23$  pour TCp ;  $r = +0,22$  pour TCo) des laits restent donc difficiles à interpréter et il est possible qu'elles cachent des facteurs non pris en compte dans cette étude qui pourraient être liés à l'environnement des animaux.

### 4.3. Equations de corrélations

L'étude de corrélation entre les différents paramètres caractérisant le lait nous a permis l'établissement de certaines équations de corrélation. Ces équations sont utilisées pour estimer la valeur du paramètre technologique (temps de coagulation) en partant de mesures prédéfinies.

Ces équations de corrélation entre le temps de coagulation et les principaux paramètres dont il dépend sont résumées dans le tableau n° 22.

**Tableau n° 22 : Equations de corrélation correspondantes au temps de coagulation**

	r	alpha	Équations
TCp – TP	-0,57	0,05	TCp = 425,89 – 8,603 * TP
TCp – C	-0,58	0,05	TCp = 398,76 – 7,978 * C
TCo – TP	-0,58	0,05	TCo = 753,75 – 15,22 * TP
TCo – C	-0,61	0,05	TCo = 718,74 – 14,53 * C

r : Coefficient de corrélation ; alpha : Seuil de signification.

La figure n° 28 représente les équations de corrélations existantes entre le temps de coagulation (par la présure et la pepsine ovine) et respectivement des protéines et des caséines.

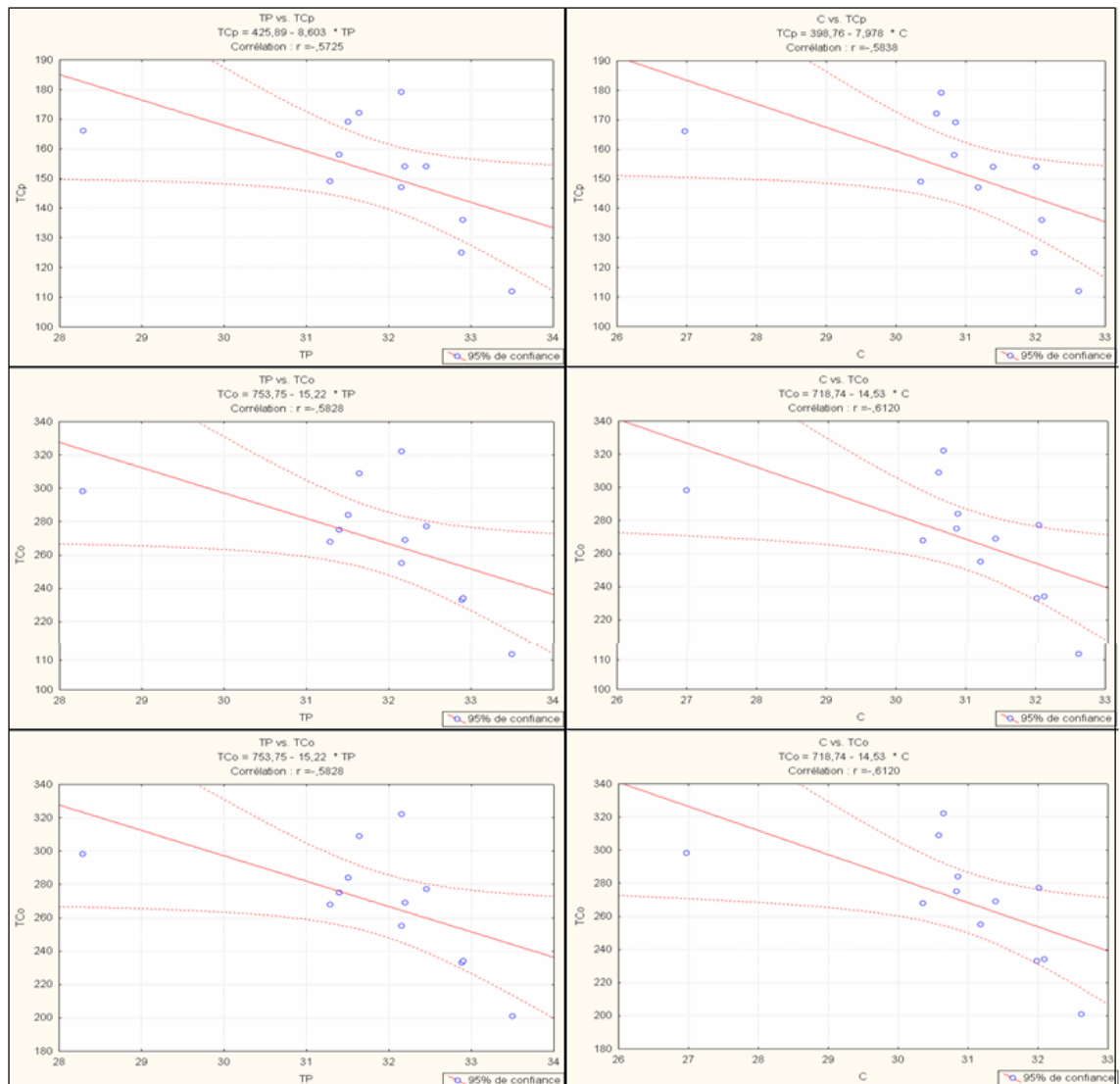
### 4.4. Conclusion

L'approche corrélationnelle adoptée au cours de ce travail permet de conclure à des relations de causalité entre les conditions de production (race et alimentation) et la composition chimique du lait et son aptitude à la coagulation :

- La race fait varier les taux butyreux et protéique dans le même sens ( $r = -0,07$  ;  $r = -0,02$ ), alors que l'alimentation permet de les faire varier en sens inverse ( $r = 0,99$  ;  $r = -0,14$ ).
- Le temps de coagulation a été plus court dans les laits contenant de fortes proportions de protéines en particulier de caséines. Or, il est d'autant meilleur que le pH du lait est plus faible ( $r = +0,40$  pour TCp ;  $r = +0,47$  pour TCo). Il est notamment corrélé à la race.

Notre travail a conduit également à l'établissement des équations qui permettent de prévoir le temps de coagulation.





**Figure n° 28 :** Droites de corrélation entre le temps de coagulation et respectivement les protéines et les caséines

## CONCLUSION GENERALE

**L**es objectifs de la présente étude étaient de mettre en évidence l'effet de la race et de l'incorporation des drêches de distillerie dans l'alimentation des vaches laitières sur la production du lait, sa composition et son aptitude à la coagulation.

**A** cet effet, l'incorporation de drêches a été entreprise en vue d'une substitution partielle du maïs (14 %) et des tourteaux de soja (18 %) largement utilisés en alimentation animale et dont les prix ne cessent d'augmenter ces dernières années. Les drêches ont été introduites à raison de 32 % dans l'aliment concentré, l'équivalent de 13,71 % du total de la ration distribuée.

**D**ans la gamme des conditions réelles d'élevage intensif, l'étude a montré qu'il existe d'importantes variations de la production laitière, de la composition chimique et de l'aptitude à la coagulation des laits mesurée par le temps de coagulation :

La production laitière varie en fonction de la race et de l'alimentation. Elle est significativement plus élevée pour la race Holstein comparativement à la Montbéliarde. Alors que la sensibilité des vaches face à l'introduction de drêches varie étroitement avec la race, la production laitière augmente plus fortement chez la race Holstein présentant les niveaux de production les plus élevés ;

De même, les différences des taux protéique et butyreux sont dûs à la fois aux facteurs race et alimentation. Les résultats obtenus montrent que, pour tous les constituants analysés, le lait de Holstein est en moyenne plus riche en matière grasse et moins riche en protéines et en caséines que le lait de Montbéliarde. Ces variations dues à la race sont réduites par rapport à celles dues à l'alimentation. Ainsi, le taux protéique, légèrement réduit, est moins influençable par le changement de l'alimentation que le taux butyreux ;

Par ailleurs, le profil en acides gras du lait varie principalement en fonction de l'alimentation des vaches. Lorsque ces dernières consomment la ration expérimentale, le lait est plus riche en acides gras insaturés et plus pauvres en acides gras saturés. Ces résultats s'expliquent essentiellement par la plus grande richesse des drêches en acides gras insaturés ;

- Ainsi, la race influence significativement le temps de coagulation du lait. La Montbéliarde présente les temps les mieux appréciés, liés essentiellement à la richesse du lait en protéines et en caséines. Le temps de coagulation dépend également, d'une autre caractéristique qui a été beaucoup moins étudiée. Il s'agit, en particulier du pH initial du lait dont la diminution augmente la vitesse de coagulation ;
- D'autre part, nous avons pu mettre en évidence que les enzymes coagulantes réagissent différemment à un changement d'alimentation, la présure paraît la moins influencée ;
- Le pourcentage des caséines dans les protéines totales ne présente pas de différences raciales ou alimentaires, résultat déjà établi par d'autres auteurs.

**E**n outre, la maîtrise de la qualité physicochimique du lait dès la production est un élément important pour l'ensemble de la filière car elle conditionne en grande partie les rendements de transformation (taux des caséines), les propriétés organoleptiques et diététiques (nature

des acides gras) du produit fini et, par conséquence, le coût de transformation. En fin, la connaissance de l'effet de l'introduction de drêches de distillerie sur la composition chimique fine du lait permet de donner des moyens pour sécuriser le consommateur et valoriser ces sous produits ; dans le même temps, elle permet une production à moindre coût.

Il paraît donc, que l'emploi des drêches de distillerie en substitution partielle du maïs et des tourteaux de soja présente un intérêt certain en alimentation des bovins laitiers. Toutefois, et dans l'avenir, il serait opportun de compléter notre présent travail par d'autres études plus approfondies, ainsi on préconise comme perspectives :

- Envisager des essais d'incorporation de drêches de distillerie dans l'alimentation des autres espèces animales (ovin et caprin) ;
- L'étude des réactions de la présure et de quelques succédanés pour la coagulation du lait face aux changements de l'alimentation des vaches laitières ;
- L'étude et le suivie de la production laitière, de la composition du lait et de son aptitude à la coagulation durant toute la période de lactation avec des essais de fabrication fromagère ;
- L'étude des propriétés rhéologiques des fromages obtenus et l'établissement des rapports de causalité avec la composition du lait ;
- Une évaluation socio-économique pour étudier la possibilité de généraliser l'utilisation de drêches de distillerie en alimentation bovine.

## Références bibliographiques

- AFNOR, 1986.** Contrôle de la qualité des produits laitiers : analyses physico – chimiques. Ed. : 3. AFNOR, ITSV, 1030 p.
- AFNOR, 2000.** Corps gras et produits dérivés (Tome 1). AFNOR, ITSV, 643 p.
- Agabriel C., Brunschwig G., Sibra C., Coulon J.B., Nafidi C., 1995.** Relations entre la qualité du lait livré et les caractéristiques des exploitations. *INRA Prod. Anim.*, 8 (4), p.p. 251 – 258.
- Agabriel C., Coulon J.B., Marty G., Cheneau N., 1990.** Facteurs de variation du taux protéique du lait de vache : Etude dans des exploitations de Puy-de-Dôme. *INRA Prod. Anim.*, 3 (2), p.p. 137 – 150.
- Alais C., 1984.** Science du lait : principes et techniques laitiers. Techniques et Documentation – Lavoisier, Paris, 814 p.
- Alais C., 2003 .** Abrégé en biochimie alimentaires. Paris, Donud, 250 p.
- Alais C., Lagrange A., 1972.** Etude biochimique d'une protéase coagulante produite par *Mucor Miehei*. *Le lait*, 517, 407.
- Alais C., Linden G., 1987.** Biochimie alimentaire : Abrégé. Masson, Paris, p.p. 143 – 169.
- Alais C., Linden G., Miclo L., 2003.** Biochimie alimentaire : Abrégé. Dunod, Paris, 250 p.
- Alais C., Novak G., 1968.** Etude d'une enzyme coagulante microbienne dérivée de *Endithia parasitica*. *Le lait*, 48, p.p. 393 – 427.
- Alam S.I., Dube S., Reddy G.S.N., Bhattacharya B.K., Shivaji S., Singh L., 2005.** Purification and characterization of extracellular protease produced by *Clostridium* sp. from Schirmacher oasis, Antarctica. *Enzyme Microb. Technol.*, 36. p.p. 824 – 831.
- Alves De Oliveira L., 2001.** Les co-produits du maïs. Cours de bromatologie quatrième année. Ecole National Vétérinaire de Lyon, France.
- Amiot J., Fournier S., Lebeuf Y., Paquin P., Simpson R., 2002.** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait, In : Vignola C.L., 2002. Science et technologie du lait : transformation du lait. Presse internationale polytechnique, Montréal (Canada), 600 p.
- Anderson J.L., Schingoethe D.J., Kalscheur K.F., Hippen A.R., 2006.** Evaluation of dreid and wet distillers grains included at two concentrations in the diets of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89, p. p. 3133 – 3142.
- Anonyme, 1998.** Les carburants renouvelables : questions & réponses. L'Association Canadienne des Carburants Renouvelables.
- Anonyme, 2008.** Comparaison de la composition en nutriments du maïs en grain et des drêches de distillerie sèches. Laboratoire Dairy One de l'État de New York et Greenfield Éthanol de Varennes.

- Armentano L.E., 2007.** Répercussions de l'industrie de l'éthanol sur l'alimentation des vaches au moindre coût. CRAAQ. 31<sup>e</sup> Symposium sur les bovins laitiers « Repenser nos modèles », 15 nov. 2007. 21 p.
- Auldist M.J., Mullins C., O'Brien B., O'Kennedy B.T., Guinee T., 2002.** Effect of cow breed on milk coagulation properties. *Michwissenschaft*, 57, p.p. 140 – 143.
- Bachand C., 2007.** La drêche de distillerie : un sous produit à haute valeur nutritive. MAPA Saint-Hyacinthe, GTA320421.
- Barbosa M., Valles E., Vassal L., MOCQUOT G., 1976.** L'utilisation d'extrait de *Cynara cardunculus* L. comme agent coagulant en fabrication de fromages à pâte molle et à pâte cuite. *Le Lait - Mémoires Originaux*, 551, p.p. 1 – 17.
- Baumgard L.H., Sangster J.K., Bauman D.E., 2001.** Milk fat synthesis in dairy cows is progressively reduced by increasing supplemental amounts of trans-10, cis-12 conjugated linoleic and (CLA). *J. Nutr.*, 131, p.p. 1764 – 1769.
- Beckman C., 2007.** Le tourteau de protéines : situation et perspectives. *Le bulletin bimensuel*, Vol. 20, N. 13, Canada.
- Benaïcha L., Sahi T., 2009.** Effet de la race sur la composition, la qualité du lait et son aptitude à la coagulation par un succédané de la présure. *Mém. Ing., ENSA –Ex. INA, El-Harrach*, 122 p.
- Bencharif H., 2001.** Stratégies des acteurs de la filière lait en Algérie : états des lieux et problématiques. *Options Méditerranéennes. Série B n° 32*, p.p. 25 – 45.
- 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.
- Berridge N.J., 1952.** An improved method of observing the clotting of milk containing rennin. *J. Dairy. Res.* 19, p.p. 328 – 329.
- Birkelo C.P., Brouk M.J., Schingoethe D.J., 2004.** The energy content of wet corn distillers grains for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87 (6), p. p. 1815 – 1819.
- Block E., Dépatie C., Lefebvre D., Petitclerc D., 1998.** L'urée du lait : les sources de variation et les implications. *Symposium sur les bovins laitiers, CPAG*, p.p. 77 – 87.
- Bocquier F., 1985.** Influence de la photopériode et de la température ambiante sur certains équilibres hormonaux et sur les performances zootechniques de la brebis en gestation et en lactation. Thèse docteur – ingénieur, INA Paris – Grignon, 105 p.
- Bony J., Contamin V., Goussef M., Metais J., Tillard E., Juanes X., Decruyenaere V., Coulon J.-B., 2005.** Facteurs de la variation de la composition du lait à la Réunion. *INRA Prod. Anim.*, 18, p.p. 255 – 263.
- Boukir M., 2007.** Relations entre les modalités de productions bovines et les caractéristiques du lait. Cas des exploitations laitières de la wilaya de Tizi-ouzou, Thèse Mag. Sci. Agronomiques, INA, El-Harrach, 84 p.
- Boulahchiche N., 1997.** Etude de l'élevage bovin laitier moderne : Cas du bassin versant de la Metidja. *Mém. Mag. Agr.*, Institut National Agronomique, El Harrach (Alger), 175 p.

- Brewer P., Helbig N., Haard N.D., 1984.** Atlantic cod pepsine characterization and use as rennet substitute. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 17, 1, p.p. 38 – 43.
- Briand P., Paolaggi F., 1997.** Méthodes électrophorétiques et électrochimiques, p.p. 207 – 222. In : Kamoun P., 1997. Appareils et méthodes en biochimie. Flammarion Médecine-Sciences, 418 p.
- Brule G., Lenoir J., 1987.** Les mécanismes généraux de la transformation du lait en fromage : la coagulation du lait, p.p. 1 – 21. In : Eck A., 1987. Le fromage. Ed. : 2. Techniques et Documentation – Lavoisier, Paris, 539 p.
- Bugaud C., Buchin S., Coulon J.B. Hauwuy A., Dupont D., 2001.** Influence of the nature of alpine pastures on plasmin activity, fatty acid and volatile compound composition of milk. *Lait*, 81, p.p. 401 – 414.
- Cattaneo T.M.P., Nigro F., Messina G., GIANGIACOMO R., 1994.** Effect of an enzymatic complex from pineapple pulp on the primary clotting phase. *Milchwissenschaft*, 49, p.p. 269 – 272.
- Cavalcanti M.T.H., Teixeira M.F.S., Lima Filho J.L., Porto A.L.F., 2004.** Partial purification of new milk-clotting enzyme produced by *Nocardia* sp. *Bioresource Techn.*, 93. p.p. 29 – 35.
- Cerbulis J., Farrell H.M.Jr., 1975.** Composition of milks of dairy cattle. I. Protein, lactose and fat contents and distribution of protein fraction. *J. Dairy Sci.* 58, p.p. 817 – 827.
- Channe P.S., Shewale J.G., 1998.** Influence of culture conditions on the formation of milk-clotting protease by *Aspergillus niger* MC4. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 14, p.p. 11 - 15.
- Chazarra S., Sidrach L., Lopez-Molina D., Rodriguez-Lopez J.N., 2007.** Characterization of the milk-clotting properties of extracts from artichoke (*Cynara scolymus*, L.) flowers. *International Dairy Journal*, (17), p.p. 1393 – 1400.
- Cheftel H., Cheftel J.C., 1992.** Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Vol. 1. Techniques et Documentation–Lavoisier, Paris, 381 p.
- Chilliard Y., Bauchart D., Lessire M., Schmidely P., Mourot J., 2008.** Qualité des produits : modulation par l'alimentation des animaux de la composition en acides gras du lait et de viande. *INRA Prod. Anim.*, 21 (1), p.p. 95 – 106.
- Chilliard Y., Ferlay A., Doreau M., 2001.** Contrôle de la qualité nutritionnelle des matières grasses du lait par l'alimentation des vaches laitières : acides gras trans, polyinsaturés, acide linoléique conjugué. *INRA Prod. Anim.*, 14, p.p. 323 – 335.
- Chilliard Y., Ferlay A., Mansbridge R.M., Doreau M., 2000.** Rumunant milk fat plasticity : nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids. *Ann. Zootech.*, 49, p.p. 181 – 205.
- Chilliard Y., Sauvant D., 1987.** La sécrétion des constituants du lait. In : Le lait matière première de l'industrie laitière. INRA (eds). INRA-CEPIL, Versailles, France, p.p. 13 – 26.
- Choisy C., Desmazeaud M., Gripon J.C., Lambert G., Lenoir J., Tourneur C. 1987.** Les phénomènes microbiologiques et enzymatiques de la biochimie au cours

- de l'affinage, p.p. 62 – 100. In : Eck A., 1987. Le fromage. Ed. : 2. Techniques et Documentation – Lavoisier, Paris, 539 p.
- Chwen-Jen S., Lan-Anh Ph-T., Ing-Lung S., 2009.** Milk-clotting enzymes produced by culture of *Bacillus subtilis natto*. *Biochemical Engineering Journal*, 43. p.p. 85 – 91.
- Clark J.H., Klusmeyer T.H., Cameron M.R., 1992.** Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 75, p.p. 2304 – 2323.
- Clement B., 2004.** Initiation à Statistica version 6 française. Copyright Génistat Conseils Inc., Montréal, 68 p.
- Collin O., Laurent F., Vignon B., 1990.** Influence du niveau de taux protéique et de ses variations sur la nature des protéines du lait. 23<sup>e</sup> Congr. Int. Lait. Montréal, Brèves Commun 1, 51 p.
- Collomb M., Bûtikofer U., Spahni M., Jeangros B., Bosset J.O., 1999.** Composition en acides gras et en glycérides de la matière grasse du lait de vache en zone de montagne et de plaine. *Sci. Aliments*, 19, p.p. 97 – 110.
- Corbett R.R., 1995.** Effect of feeding peas to high-producing dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.* 75, p.p. 625 – 629.
- Corbett R.R., 1997.** Peas as a protein and energy source for ruminants. *Advances in Dairy technology*, Vol. 9.
- Coulon J.-B., 1991.** Facteurs de variation du taux protéique du lait de vache en exploitation : réflexions à partir de résultats d'enquêtes. *INRA Prod. Anim.*, 4 (4), p.p. 303 – 309.
- Coulon J.-B., D'Hour P., Petit M., 1990.** Niveau et répartition des apports de concentré hivernaux chez la vache laitière. Résultats sur primipares. *INRA Prod. Anim.*, 3 (5), p.p. 319 – 328.
- Coulon J.-B., Faverdin P., Laurent F., Cotto G., 1989.** Influence de la nature de l'aliment concentré sur les performances des vaches laitières. *INRA Prod. Anim.*, 2, p.p. 47 – 53.
- Coulon J.-B., Hurtaud C., Rémond B., Vérité R., 1998.** Facteurs de variation de la proportion de caséines dans les protéines du lait de vache. *INRA Prod. Anim.*, 11, p.p. 299 – 310.
- Coulon J.-B., Garel J.P., 1993.** A note on the effect of forage type on yield, chemical composition and clotting properties of milk. *INRA Anim. Prod.*, 57, p.p. 495 – 499.
- Coulon J.-B., Garel J.P., Hoden A., 1986.** Evolution de la production et de la composition du lait à la mise à l'herbe. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 66, p.p. 23 – 29.
- Coulon J.-B., Remond B., 1991.** Variations in milk out put and milk protein content in response to the level of energy supply in the dairy cow : a review, *Livest. Prod. Sci.*, 29, p.p. 31 – 47.
- Coulon J.-B., Roybin D., Congy E., Garret A., 1988.** Composition chimique et temps de coagulation du lait de vache : facteurs de variations dans les exploitations du pays de Thônes. *INRA Prod. Anim.*, 1 (4), p.p.253–263.

- Croguennec T., Jeantet R., Brulé G., 2008.** Fondements physicochimiques de la technologie laitière. Lavoisier, Techn. et Doc., Paris, 160 p.
- Dalgleish D.G., 1980.** Effect of milk concentration on the rennet coagulation time. *J. Dairy Res.*, 47, p.p. 231 – 235.
- Delacroix A., 1985.** Etude des variations individuelles de la composition chimique (fractions azotées et minérales) et de quelques caractéristiques technologiques des laits de vache en fonction de l'alimentation. Thèse Docteur-Ingénieur ENSA Rennes.
- Depeters E.J., Cant J.P., 1992.** Nutritional factors influencing the nitrogen composition of bovine milk : a review. *J. Dairy Sci.*, 75, p.p. 2043 – 2070.
- Desmazeaud M., Spinnler E., 1997.** Laits et produits laitiers. In « Enzymes en agroalimentaires ». Ed. 5, Larreta- Garde, Techniques et Documentation – Lavoisier.
- Doreau M., Chilliard Y., 1992.** Influence d'une supplémentation de la ration en lipides sur la qualité du lait chez la vache. *INRA Prod. Anim.*, 5, p.p. 103 – 111.
- Eigel W.N., Butler J.E., Ernstrom C.A., Farrel N.M.Jr., Harwalker V.R., Jenness R. et Whitney R.Mcl., 1984 .** *J. Dairy Sci.*, 67, p.p. 1599 -1631.
- Egito A.S., Girardet J.M., Laguna L.E., Poirson C., Molle D., Miclo L., Humbert G., Gaillard J.L., 2007.** Milk-clotting activity of enzyme extracts from sunflower and albizia seeds and specific hydrolysis of bovine k-casein. *International Dairy Journal*, 17, p.p.816 – 825.
- Ernstrom C.A., Wongt N.P., 1977.** Milk clotting enzymed and cheese chemistry. *Fundamentals of Dairy Chemistry*. AVI Publishing Cy, Wesport, U.S.A., p.p. 662 – 771.
- Esawy Mona A., Combet-Blanc Y., 2006.** Immobilization of *Bacillus licheniformis* 5A1 milk-clotting enzyme and characterization of its enzyme properties. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 22, p.p. 197 – 200.
- F.A.O., 1995.** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. N° 28. Rome, 271 p.
- F.A.O. / O.M.S., 2000.** Codex alimentarius : lait et produits laitiers. Ed. : 2. FAO - OMS., Rome, 136 p.
- Ferretti L., Leone P., Sgaramella V., 1990.** Long range restriction analysis of the bovine casein genes. *Nucleic Acids Res.*, 18, p.p. 6829 – 6833.
- Fernández-García E., Imhof M., Schlichtherle-Cerny H., Bosset J.O., Nuñez M., 2008.** Terpenoids and benzenoids in La Serena cheese made at different seasons of the year with a *Cynara cardunculus* extract as coagulant. *International Dairy Journal*, Volume18, Issue2, p.p. 147 – 157.
- Fournier A., 2008.** Drêches pour vaches : Il est intéressant d'adopter cet aliment dans la ration de son troupeau laitier. Mais pas n'importe comment. *Le Bulletin des Agricultures Avril 2008*. France.
- French E.A., He M., Armentano L.E., 2007.** Using high-lysine proteins to supplement diets based on Distillers Dried Grains with solubles did not improve lactation performance. *J. Dairy Sci.*, 90 (Suppl 1), 348 p.
- Froc J., Gilibert J., Daliphar T., Durand P., 1988.** Composition et qualité technologique des laits des vaches Normandes et Pie-Noires. I. Effet de la race. *INRA Prod. Anim.*, 1, p.p. 171 – 177.



- Goursaud J., 1999.** Réacteurs traditionnels à enzymes libres : cas de l'industrie laitière. In : Biotechnologies. Coord. Scriban R., 5ème ed., p.p. 365 – 401.
- Gosta F., 1995.** Le tous sur le lait. Manuel de transformation du lait. Ed. Tétrapack. 424 p.
- Grandison A.S., Ford G.D., Owen A.J., Millard D., 1984.** Chemical composition and coagulation properties of renneted Friesian milk during the transition from winter rations to spring grazing. *J. Dairy Res.*, 51, p.p. 69 – 78.
- Grandison A.S., Manning D.G., Thomson D.J., Anderson M., 1985.** Chemical composition, rennet coagulation properties and flavor of milks from cows grazing ryegrass or white clover. *J. Dairy Res.*, 52, p.p. 33 – 39.
- Grosclaude F., 1988.** Le polymorphisme génétique des principales lactoprotéines bovines. Relation avec la qualité, la composition et les aptitudes fromagères du lait. *INRA Prod. Anim.*, 1, p.p. 5 – 17.
- Gulati S.K., Ashes J.R., Ascott T.W., 1999.** Hydrogenation of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids and their incorporation into milk fat. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 79, p.p. 57 – 64.
- Haard N. F., Shamsuzzaman K., Brewer P., Arunchalam K., 1982.** Enzymes from marine organisms as rennet substitutes. In : Dupuy P. Utilisation des enzymes en technologie alimentaire. Lavoisier, Techn. et Doc., Paris, p.p. 237 – 241.
- Hippen A.R., Linke K.N., Kalscheur K.F., Schingoethe D.J., Garcia A.D., 2003.** Increased concentrations of wet corn distillers grains in dairy cow diets. *J. Dairy Sci.* 86 (Suppl 1), 340 p.
- Hoden A., Marquis B., De La Foye F.X., 1987.** Ensilage de maïs et de trèfle violet pour vaches laitières. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 67, p.p.33 – 37.
- Hoden A., Marquis B., Delaby L., 1988.** Association de betteraves fourragères à une ration mixte d'ensilage de maïs et de trèfle violet pour vaches laitières. *INRA Prod. Anim.*, 1 (3), p.p. 165 – 169.
- Hoden A., Coulon J.-B., Delaby L., 1985.** Influence de l'alimentation sur la composition du lait. - Effets des régimes alimentaires sur les taux butyreux et protéiques. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 62, p.p. 69 – 79.
- Hoden A., Coulon J.-B., 1991.** Maîtrise de la composition du lait. – Influence des facteurs nutritionnels sur la quantité et les taux de matières grasses et protéiques. *INRA Prod. Anim.*, 4 (5), p.p. 361 – 367.
- Jeantet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P., Brulé G., 2008.** Les produits laitiers. Ed. : 2. Techniques et Documentation – Lavoisier, Paris, 185 p.
- Jensen S.K., Johannsen A.K., Hermansen J.E., 1999.** Quantitative secretion and maximal secretion capacity of retinol, beta-carotene and alpha-tocopherol into cows' milk. *J. Dairy Res.*, 66, p.p. 511 – 522.
- Journet M., Chilliard Y., 1985.** Influence de l'alimentation sur la composition du lait. 1- Taux butyreux : facteurs généraux. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 60, p.p. 13 – 24.
- Journet M., Verité R., Vignon B., 1975.** L'azote non protéique du lait : facteurs de variation. *Le lait*. N. 543 – 544, p.p. 212 – 223.

- Kadi S.A., Djellal F., Berchiche M., 2007.** Caractérisation de la conduite alimentaire des vaches laitières dans la région de Tizi-Ouzou, Algérie. *Livestock Research for Rural Development*, 12 p.
- Kalscheur K.F., Justin A.L., Hippen A.R., Schingoethe D.J., 2004.** Increasing wet distillers grains in the diets of dairy cows on milk production and nutrient utilization. *J. Dairy Sci.* 87 (Suppl 1), 465 p.
- Kleinschmit D.H., Schingoethe D.J., Kalscheur K.F., Hippen A.R., 2006.** Evaluation of various sources of corn dried distillers grains plus solubles for lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89 (12), p.p. 4784 – 4794.
- Laemmli U.K., 1970.** Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage, T. 4, *Nature* 227, p.p. 680 – 685.
- Laurent F., Coomans D., Gardeur J.N., Vignon B., 1992.** Composition azotée et caractéristiques technologiques du lait de vache en relation avec la nature et le niveau d'apport de l'aliment concentré. *Lait*, 72, p.p. 175 – 183.
- Lawrence R.C., Heap H.A., Gilles J., 1984.** A controlled approach to cheese technology. *J. Dairy Res.*, 67, p.p. 1632 – 1645.
- Lecoq R., 1965.** Manuel d'analyses alimentaires et d'expertises usuelles 2. Doin, Paris.
- Lenoir J., Schneid N., 1987.** L'aptitude du lait à la coagulation par la présure. In : Eck A., 1987. Le fromage. Ed. : 2. Techniques et Documentation – Lavoisier, Paris, 539 p.
- Leonardi C., Bertics S., Armentano L.E., 2005.** Effect of increasing oil from distillers grains or corn oil on lactation performance. *J. Dairy Sci.* 88, p.p. 2820 – 2827.
- Liu C., Schingoethe D.J., Stegeman G.A., 2000.** Corn distillers grains versus a blend of protein supplements with or without ruminally protected amino acids for lactating cows. *J. Dairy Sci.* 83 (9), p.p. 2075 – 2084.
- Lo Piero A.R., Petrone G., Puglisi I., 2002.** Characterization of « lettuce », a serine-like protease from *Lactuca sativa* leaves, as a novel enzyme for milk-clotting. *Jour. Agri. Food. Chem.* N° 50, Vol. 8, p.p. 2439 – 2443.
- Lopes A., Teixeira G., Liberato M.C., Pais M.S., Clemente A., 1998.** New vegetal sources of milk clotting enzymes. *Journal of molecular catalysis B : Enzymatic*, Vol. 83, p. 181.
- Low Y.H., Agboola S., Zhao J., Lim M.Y., 2006.** Clotting and proteolytic properties of plant coagulants in regular and ultrafiltered bovine skim milk. *International Dairy Journal*, Volume 16, Issue 4, p.p. 335-343.
- Macheboeuf D., Coulon J.B., D'Hour P., 1993a.** Aptitude à la coagulation du lait de vache. Influence de la race, des variants génétiques des lactoprotéines du lait, de l'alimentation et du numéro de lactation, *INRA Prod. Anim.*, 6 (5), p.p. 333 – 344.
- Macheboeuf D., Coulon J.B., D'Hour P., 1993b.** Effect of breed, protein genetic variants and feeding on cows' milk coagulation properties. *J. Dairy Res.*, 60, p.p. 43 – 54.
- Madani T., Yakhlef H., Abbache N., 2003.** Les races bovines, ovines, caprines et camelines. Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité importante

- pour l'agriculture en Algérie. Recueil des communications, Atelier N° 3 « *Biodiversité Importante pour l'Agriculture* ». MATE – GEF / PNUD Projet ALG / 97/G31 Alger 22-23/01/2003, p.p. 44 – 51.
- MADR, 2004.** Evolution de la production laitière et de la collecte en Algérie.
- MADR, 2008.** Evolution des effectifs bovins et de la production laitière en Algérie.
- Mahaut M., Jeantet R., Brule G., 2003.** Initiation à la technologie fromagère. Techniques et Documentation – Lavoisier, Paris, 194 p.
- 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.
- Mathieu J., 1998.** Initiation à la physico-chimie du lait. Techniques et Documentation – Lavoisier, Paris, 220 p.
- Mariani P., Pecorari M., Fossa E., 1982.** Le caratteristiche di coagulazione del latte in rapporto allo stadio della lattazione ed ai livelli di produzione. *Sci. Tech. Latt. Casearia*, 33, p.p. 409 – 425.
- Martin B., Coulon J.-B., 1995.** Facteurs de production du lait et caractéristiques des fromages. I. influence des facteurs de production sur l'aptitude à la coagulation des laits de troupeaux. *Lait*, 75, p.p. 61 – 80.
- 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.*, 7, 317 p.
- Mensik R.P. Katan M.B., 1992.** Arterioscler and thromb, 12, p.p. 911 – 919.
- Matthew L., Gibson Ph., 2007.** Evaluation of Analytical Methods for Analysis of Dried Distillers Grains with Solubles. American Feed Industry Association. AFIA Sub-Working Group Final Report and Recommendations.
- Mercer J.R., Allen S.A. Miller E.L., 1980.** Rumen bacterial protein synthesis and the proportion of dietary protein escaping degradation in the rumen of sheep. *Br. J. Nutr.*, 43, p.p. 421 – 433.
- Mietton B., Desmazeaud M., De roissart H. & Weber P., 1994.** Transformation du lait en fromage. In : Luquet F.M., 1994. Bactéries lactiques. Vol. 2. Ed. Loriga, DE. ROISSART.
- Mistry V.V., Brouk M.J., Kasperson K.M., Martin E., 2002.** Cheddar cheese from milk of Holstein and Brown Swiss cows. *Michwissenschaft*, 57, p.p. 19 – 23.
- Morsli A., 1996.** Recherche sur les activités protéasiques des extraits de *Cynara scolytums*, du latex de *Ficus carica* et du proventricule de *Gallus gallus* en vue de leur utilisation en technologie fromagère. Mém. Mag., Institut National Agronomique, El Harrach, Alger, 181p.
- Murphy J.J., Cannilly J.F., 1991.** Supplementing cows with full fat rapeseed at pasture. Effects on production and chemical and physical properties of milk fat. EAAP 24th Annual meeting. September 8 – 12, Berlin, 5 p.
- Nouani A., MORSLI A., DAKO E., BELHAMICHE N., BELBRAOUE T S., BELLAL M.M., 2009.** Characterization of the purified coagulant extracts derived from artichoke

flowers (*Cynara scolymus*) and from the fig tree latex (*Ficus carica*) in light of their use in the manufacture of traditional cheeses in Algeria. *Journal of Food Technology*, 7 (1), p.p. 20 – 29.

**O’Keeffe A.M., 1984.** Seasonal and lactational influences on moisture content of cheddar. *Irish J. Food Sci. Technol.*, 8, p.p. 27 – 37.

**Okigbo L.M., Richardson G.H., Brown R.J., Ernstrom C.A., 1985.** Variation in coagulation properties of milk from individual cows. *J. Dairy Sci.*, 68, p.p. 822 – 830.

**Olson N.F., 1995.** Cheese. In *Enzymes, Biomass, Food & Feed, Biotechnology*.

**Oner M.D., Akar B., 1993.** Separation of the proteolytic enzymes from fig tree latex and its utilisation in Gaziantep cheese production. *Lebensm. -Wiss. U. -Technol.*, 26, p.p. 318 – 321.

**Paccalin J., Galantier M., 1986.** Valeur nutritionnelle du lait et des produits laitiers, p.p. 93-121, In : Luquet F.M., 1986. Lait et produits laitiers : vache, brebis, chèvre, 3 : Qualité – énergie et tables de composition. *Techniques et Documentation–Lavoisier, Apria, Paris*, 445 p.

**Park H., Yamanaka N., Mikkonen A., Kusakabe I., Kobayashi H., 2000.** Purification and characterization of aspartic proteinase from sunflower seeds. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 64, p.p. 931 – 939.

**Palmquist D.L., Beaulieu A.D., Barbano D.M., 1993.** Feed and animal factors influencing milk fat composition. *J. Dairy Sci.*, 76, p.p. 1753 – 1771.

**Paul A.A., Southgate D.A.T., 1978.** McCance and Widdowson’s *The Composition of Foods*, 4<sup>th</sup> ed. London : H.M. Stationery Office.

**Pavlinov J.A.I., 2000.** The contribution to craniometric variation and taxonomy of jirds from the group "*Shawi-grandis*" of the genus *Meriones* (Gerbillidae). *Bull. Moscou Soc. natur.*, 79, p.p. 201 – 209.

**Pelletier C., 1999.** Alimentation d’un troupeau laitier avec des pois. MAPA de Québec – Bas – Saint – Laurent.

**Peters R.R., Chapin L.T., Emery R.S., Tucker H.A., 1981.** Milk yield, feed intake, prolactin, growth hormone, and glucocorticoid response of cows to supplemented light. *J. Dairy Sci.*, 64, p.p. 1671 – 1678.

**Pereira C.L.I., Gomes E.O., Gomes A.M.P., MALCATA F. X., 2008.** Proteolysis in model Portuguese cheeses: Effects of rennet and starter culture. *Food Chemistry*, Vol. 108, Issue 3, p.p. 862 - 868.

**Petit H., 1997.** Milk production and intake of lactating cows fed raw or extruded peas. *J. Dairy Sci.* 80, p.p. 3377 – 3385.

**Peyraud J.L., Delaby L., 1994.** Utilisation de luzerne déshydrétée de haute qualité dans les rations des vaches laitières. *INRA Prod. Anim.*, 7(2), p.p. 125 – 134.

**Philipona J.-C. Stuby B., Jacot Ph., Haïni J.-P., 2002.** Affouragement des vaches et influence sur la composition du lait. *Unité de recherche, lait, fromage*, 10 p.

**Phillips C.J.C., Schofield S.A., 1989.** The effect of supplementary light on the production and behaviour of dairy cows. *Anim. Prod.*, 48, p.p. 293 – 309.

- Pissavy A., Dezendre N., 2006.** Quelques pistes de réflexion pour améliorer le taux protéique. *Lettre des GVA*, n. 107, p. p. 2 – 4.
- Pougheon S., Goursaud J., 2001.** Le lait : caractéristiques physicochimiques, In : Debry G., 2001. *Lait, nutrition et santé. Techniques et Documentation*, Paris, 544 p.
- Ramet J. P., 1997.** Les agents de la transformation du lait. p.p. 165 – 174. In : ECK A., Gillis J.C. *Le fromage : de la science à l'assurance qualité. Ed. : 3. Techniques et Documentation – Lavoisier*, Paris, 891 p.
- Remeuf F., Cossin V., Dervin C., Lenoir J., Tomassone R., 1991.** Relations entre les caractères physicochimiques des laits et leur aptitude fromagère. *Lait*, 71, 397 – 421.
- Remond B., 1985.** Influence de l'alimentation sur la composition du lait de vache. 2- Taux protéique : facteurs généraux. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 62, p.p. 53 – 68.
- Rowland S.J., 1938.** The determination of nitrogen distribution in milk. *J. Dairy Res.*, 9, p.p. 42 – 46.
- Rulquin H., Delaby L., 1997.** Effects of the energy balance of dairy cows on their lactational responses to rumen-protected methionine. *J. Dairy Sci.*, 80, p.p. 2513 – 2522.
- Rulquin H., Hurtaud C., Lemosquet S., Peyraud J.-L., 2007.** Effet des nutriments énergétiques sur la production et la teneur en matière grasse du lait de vache. *INRA Prod. Anim.*, 20, p.p. 163 – 176.
- Rulquin H., Pisulewski P.M., Vérité R., Guinard-Flament J., 1993.** Milk production and composition as a function of postruminal lysine and methionine supply : a nutrient – response approach. *Livest. Prod. Sci.*, 37, p.p. 69 – 90.
- Rulquin H., Vérité R., Guinard-Flament J., 2001.** Acides aminés digestibles dans l'intestin. Le système AADI et les recommandations d'apport pour la vache laitière. *INRA Prod. Anim.*, 14 (4), p.p. 265 – 274.
- Sanni A.I., Onilude A.A., MOMOH M.O., 1999.** Selection of starters and a starter-mediated novel procedure for production of wara, a West African soft cheese. *International Journal of Food Science and Technology*, 34, p.p. 325 – 333.
- Sauvant D., Giger-Reverdin S., Meschy F., 2006.** Le contrôle de l'acidose ruminale latente. *INRA Prod. Anim.*, 19, p.p. 69 – 78.
- Schamsuzzaman K., Haard N.F., 1985.** Milk clotting and cheese making properties of a chymosine like enzyme from harp seal mucosa. *Journal of food biochemistry*, 9, p.p. 173 – 192.
- Schmidely P., Sauvant D., 2001.** Taux butyreux et composition de la matière grasse du lait chez les petits ruminants : effets de l'apport de matières grasses ou d'aliment concentré. *INRA Prod. Anim.*, 14, p.p. 337 – 354.
- Schmidt D.G., 1980.** *Neth. Milk Dairy J.*, 34, p.p. 42 – 64.
- Schultz M.M., Hansen L.B., Steuernagel G.R., Kuck A.L., 1990.** Variation of milk, fat, protein and somatic cells for dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 73, p.p. 484 – 493.
- Seegers H., Blain J.J., Lebras C., 1989.** Variations du taux protéiques du lait de vache. Facteurs associés aux écarts entre exploitations en région Pays de Loire. *Rec. Méd. Vét.*, 165, p.p. 879 – 890.

- Shahani K. M., Sommer H. H., 1951.** The protein and non protein nitrogen fractions in milk. 1. Methods analysis. *J. Dairy Sci.*, 34, p.p. 1003-1009.
- Sidrach L., Garcia-Canovas F., Tudela J., Neptuno Rodriguez-Lopez J., 2005.** Purification of cynarases from artichoke (*Cynara scolymus*): enzymatic properties of cynarase A. *Phytochemistry*, Vol. 66, p.p. 41 - 49.
- Slamani R., 2003.** Optimisation d'une méthode d'extraction de la pepsine ovine. Essai de purification et de caractérisation. Mém. Mag., Institut National Agronomique, El Harrach, Alger, 43 p.
- Smith R.H., 1984.** Essentiel amino acid requirements and rationing systems for ruminants. In : Zebrowska T., Buraczewsk L., Bracrewski S., Kowalczyk J., Pastuszewska B. (eds), Proceedings of the VI International Symposium on Amino Acids, Polish Scientific Publishers, Warsaw Poland. p.p. 319 – 329.
- Sollberger H., Schaeren W., Collomb M., Badertscher R., Bûtikofer U., Sieber R., 2004.** Beitrag zur kenntnis der zusammensetzung von ziegenmilch schweizerischer herkunft. *ALP Sci.*, 473, p.p. 1 – 16.
- Sousa M.J., Malcata F.X., 2002.** Advences in the role of a plant coagulant (*Cynara cardunculus*) in vitro and during ripening of cheeses from several milk species. *Le lait*. 82, p.p. 151 – 170.
- St - Gelais D., Tirard - Collet P., 2002.** Fromage, In : Vignola C.L., 2002. Science et technologie du lait : transformation du lait. Presse internationale polytechnique, Montréal (Canada), 600 p.
- Stanisiewski E.P., Mellenberger R.W., Anderson C.R., Tucker H.A., 1985.** Effect of photoperiod on milk yield and milk fat in commercial dairy herds. *J. Dairy Sci.*, 68, p.p. 1134 – 1140.
- Storry J.E., Ford G.D., 1982.** Some factors affecting the post clotting developement of coagulum strenght in renneted milk. *J. Dairy Res.*, 49, p.p. 469 – 477.
- Sutton J.D., 1989.** Altering milk composition by feeding. *J. Dairy Sci.*, 72, p.p. 2801 – 2814.
- Sutton J.D., Oldham J.D., Hart I.C., 1980.** Product of digestion, hormones and energy utilization in milking cows given concentrates containing varying proportions of barley or maize. In : Energy Metabolism, Mount L.E. (eds). Butterworths, London, England, p.p. 303 – 306.
- Tammar N., 2007.** Le marché du lait en Algérie. Missions Economiques d'Alger. Ambassade de France en Algérie.
- Tejada L., Abellán A., Cayuela J., Martínez-Cacha A., Fernández-Salguero J., 2008.** Proteolysis in goats' milk cheese made with calf rennet and plant coagulant. *International Dair y Journal*, Vol. 18, Issue 2, p.p. 139 – 146.
- Thénard V., Mauriès M., Trommenschlager J.M., 2002.** Intérêt de la luzerne déshydrétée dans des rations complètes pour vaches laitières en début de lactation. *INRA Prod. Anim.*, 15, p.p. 119 – 124.
- Tucker H.A., 1985.** Photoperiodic influences on milk production in dairy cows. In « Recent advances in animal nutrition – 1985 ». W. Haresign, D.J.A. Cole ed. Butter worths, p.p. 211 – 221.

- Umar Dahot M., Yakoub Khan M., Memon A. N., 1990.** Screening of some Pakistani plants for milk clotting activity. *Journal of Islamic Academy of Sciences*, 3, p.p. 284 – 286.
- Vertès C., Hoden A., 1989.** Qualité fromagère des laits de vache en fonction des régimes à base d'herbe. *Lait*, 69, p.p. 197 – 209.
- Vertès C., Hoden A., Gallard Y., 1989.** Effet du niveau alimentaire sur la composition chimique et la qualité fromagère du lait de vache Holstein et Normande. *INRA Prod. Anim.*, 2, p.p. 89 – 96.
- Vierling E., 1999.** Aliment et boissons : filières et produits. Doin, Paris, 270 p.
- Veisseyre R., 1979.** Technologie du lait : constitution, récolte, traitement et transformation du lait. Maison Rustique, Paris. 714 p.
- Vignola C.L., 2002.** Science et technologie du lait : transformation du lait. Presse internationale polytechnique, Montréal (Canada), 600 p.
- Yakhlef H., 1989.** La production extensive de lait en Algérie. Options Méditerranéennes, Série séminaires, n° 6, p.p. 135 – 139.

# ANNEXES

## Annexe n° 1 : Les différentes analyses effectuées

### Détermination du pH :

Lire directement sur l'échelle graduée du galvanomètre la valeur du pH après introduire de l'électrode de pénétration dans un bêcher contenant l'échantillon du lait, en réglant le correcteur de température à 20 °C.

### Détermination de l'extrait sec total (EST):

- Introduire l'échantillon à l'intérieur de l'analyseur d'humidité.
- Régler la température de séchage à 65°C.
- Laisser chauffer, après quelques minutes, le résultat sera inscrit sur l'écran de l'appareil (pourcentage de l'EST).

### Détermination de la densité :

- Verser l'échantillon du lait dans une éprouvette cylindrique sans bec avec précaution pour éviter la formation de mousse jusqu'à un niveau permettant d'assurer le débordement ultérieur du liquide.
- Plonger doucement l'aréomètre jusqu'à voisinage de sa position d'équilibre, l'échantillon devant déborder franchement. Vérifier la position de l'éprouvette dont l'axe doit être vertical. Effectuer la lecture de graduation à la partie supérieure du ménisque. Introduire éventuellement le thermomètre. Lire la température.
- **Corrections de lecture :** Ajouter à la masse volumique lue de 0,0002 par degré Celsius au-dessus de 20°C, retrancher 0,0002 par degré Celsius au-dessous de 20°C.

### Détermination de la teneur en matière grasse du lait par la méthode acido-butyrométrique de Gerber (AFNOR 1986, norme NF V04-210) :

- Introduire 10 ml d'acide sulfurique dans un butyromètre et ajouter 11 ml de lait.
- Ajouter 1 ml de l'alcool isoamélique : "Methyl-3 Butanol-1".
- Boucher avec soin le butyromètre, l'agiter avec précaution mais énergiquement et rapidement jusqu'à dispersion des grumeaux.
- Centrifuger immédiatement pendant 10 minutes.
- Lire la valeur (A) de la graduation correspondant au niveau inférieur de la colonne lipidique, lire aussi rapidement que possible la valeur (B) de la graduation correspondant au point le plus bas du ménisque supérieur de la colonne lipidique.

La teneur en matière grasse est donnée par les relations suivantes :

Matière grasse en grammes par litre :  $(B - A) \times 10$ .

### Dosage des matières azotées :

- **Dosage de la matière azotée totale par la méthode Kjeldahl (AFNOR 1986, norme NF V04-211) :**
  - Minéralisation :



- Elle consiste à transformer toutes les structures organiques contenant de l'azote en azote minéral par voie humide. Introduire 5 ml de lait dans le matras de Kjeldahl. Ajouter 15 à 20 ml d'acide sulfurique et 5 à 6 g de catalyseur. Agiter. Chauffer légèrement le matras. Lorsque l'eau s'est évaporée, augmenter le chauffage jusqu'à douce ébullition du mélange acide. Agiter de temps en temps, en ramenant dans le fond du matras les parcelles de substances qui adhèrent aux parois. Lorsque le liquide est devenu limpide, poursuivre le chauffage durant 30 minutes et laisser refroidir.
- Distillation et dosage de l'ammoniac :
- Après refroidissement, le minéralisât est récupéré avec précaution dans une fiole de 100 ml avec l'eau distillée. Transvaser 20 ml du minéralisât dilué dans un ballon additionné de 20 ml de lessive de soude à 33 %, plus 80 ml d'eau distillée.
- Placer le ballon dans le dispositif de distillation ;
- Placer l'allonge qui termine le dispositif dans un bêcher de 200 ml contenant 20ml d'acide borique à 4% et 2 gouttes d'indicateur (Tashiro) ;
- Après distillation ; titrer le distillat avec l'acide sulfurique 0,1 N.
- Expression des résultats :
- Les résultats sont exprimés gramme d'azote par litre :
- $NT = V_1 * 0,0014 * 1000/V_0$

Avec :

**V<sub>0</sub>** : volume de la prise d'essai (5ml) ;

**V<sub>1</sub>** : volume de la solution d'acide sulfurique 0,1 N.

#### **Dosage de l'azote non-caséique (NST) :**

Dans un flacon de 100 ml, 10 ml du lait sont introduits et dilués avec 70 à 80 ml de l'eau distillée. Le contenu est apporté à 40 °C et puis acidifié avec 1ml d'acide acétique à 10 %. Après être tenu 5 à 10 min à 40° C, 1 ml de l'acétate de sodium normal est ajoutée. Le contenu est alors refroidi et le volume est complété avec de l'eau distillée. Le pH de la solution est déterminé ; à chaque fois qu'il est nécessaire, le pH est ajusté à 4.6 à 4.7 en ajoutant quelques gouttes d'acide acétique à 10 %. Le sérum Caséine-libre est obtenu en filtrant (papier filtre Whatman). 10 ml du sérum sont employés pour la détermination de l'azote non-caséique, en utilisant la même technique de Kjeldahl comme ci-dessus.

#### **Dosage de l'azote non protéique (NNP) :**

Dans un flacon de 50 ml, 10 ml de lait sont dilués jusqu'à la marque par l'acide trichloracetic 12 %. Le contenu est bien mélangé et filtré après 10 min. Une partie aliquote de 20 ml est employée pour la détermination d'azote en utilisant la même technique de Kjeldahl comme ci-dessus.

#### **Substrat de Berridge :**

Il est constitué de 12 g de poudre de lait écrémée (Low heat) dissous dans 100 ml de la solution de CaCl<sub>2</sub> 0,01 M, le mélange est mis sous une agitation magnétique douce pendant 30 minutes, le pH est ajusté à 6,4.

La température du lait est ramenée à 35 °C afin de mesurer le temps de coagulation qui correspond à l'apparition des premiers flocons sur la paroi interne du tube à essai dans ces conditions de réaction.

**Electrophorèse des caséines en conditions dénaturante P.A.G.E–Urée, (Andrews, 1983) :**

- Solution d'Acrylamide :
    - Acrylamide 36 g
    - Bisacrylamide 1 g
    - Eau distillée 100 ml
  
  - Tampon du gel de séparation :
    - Tris base 18,15 g
    - Eau distillée 100 ml
- Ajuster le pH à 8,8 avec du HCl (1,5 M).
- Tampon de gel de concentration :
    - Tris base 6 g
    - Eau distillée 100 ml
- Ajuster le pH à 6,8 avec du HCl (0,5 M).
- Solution de persulfate d'ammonium (A.P.S.) à 10 % (p/v) :
    - A.P.S. 0,1 g
    - Eau distillée 1 ml
  
  - Tampon d'électrode (pour une plaque) :
    - Tris base 0,12 g
    - Glycine 0,58 g
    - Eau distillée Q.S.P. 200 ml
- Ajuster le pH à 8,3 avec du Tris.
- Gel de séparation :
    - Acrylamide 12,54 g
    - Bisacrylamide 0,54 g
    - Tampon gel de séparation pH 8,8 100 ml
    - Urée 24 g

*Dégazage 2 min. max.*

- P.S.A. (10 %) 200 ul
- T.E.M.E.D. 30 uL

Le P.S.A. (10 %) et le T.E.M.E.D. sont ajoutés en dernier. La polymérisation se fait à température ambiante.

- Gel de concentration :
  - Solution (mère) d'acrylamide (A) 1,30 ml

- 
- Tampon de concentration pH 6,8 2,5 ml
  - Eau distillée 5,8 ml
  - Urée 0,5 g

*Dégazage qqs secondes*

- P.S.A. (10 %) 200 ul
- T.E.M.E.D. 30 ul

Le P.S.A. (10 %) et le T.E.M.E.D. sont ajoutés en dernier. La polymérisation se fait à température ambiante.

- Solution de fixation :
  - T.C.A. 12 g
  - Eau distillée 100 ml
- Solution de coloration :
  - Bleu de Coomassie R-200 0,5 g
  - Méthanol 100 ml
  - T.C.A. 4 g
  - Eau distillée 100 ml
- Solution de décoloration :
  - Méthanol 150 ml
  - Acide acétique 37,5 ml
  - Eau distillée 312,5 ml

## **Annexe n° 2 : Identification des vaches laitières**

### **Période d'adaptation**

**Influence de quelques paramètres de production (alimentaire et race) sur la composition du lait  
aptitude à la coagulation par des succédanés de la présure**

<b>N°</b>	<b>Race et robe</b>	<b>Age (an)</b>	<b>N°</b>	<b>Race et robe</b>	<b>Age (an)</b>
9097	Brunes des Alpes BA	03	0803	Brunes des Alpes BA	03
6717	Brunes des Alpes BA	03	1332	Brunes des Alpes BA	03
3214	Brunes des Alpes BA	03	3096	Brunes des Alpes BA	03
7518	Brunes des Alpes BA	03	3215	Brunes des Alpes BA	03
9510	Brunes des Alpes BA	03	3717	Brunes des Alpes BA	03
1596	Brunes des Alpes BA	03	3718	Brunes des Alpes BA	03
3702	Brunes des Alpes BA	03	5671	Brunes des Alpes BA	03
3806	Brunes des Alpes BA	04	6465	Brunes des Alpes BA	03
5011	Brunes des Alpes BA	05	5971	Brunes des Alpes BA	04
0689	Holstein hpN	05	6324	Brunes des Alpes BA	05
2176	Holstein hpN	05	1101	Holstein hpN	04
2107	Holstein hpN	05	8811	Holstein hpN	04
4085	Holstein hpN	05	1563	Holstein hpN	04
3092	Holstein hpN	05	2109	Holstein hpN	04
6185	Holstein hpN	05	048	Holstein hpN	05
1206	Holstein hpN	05	0318	Holstein hpN	05
1067	Holstein hpN	06	8817	Holstein hpN	06
93943	Holstein hpN	07	0677	Montbeliarde MB	04
5010	Croisée locale LX	04	3305	Montbeliarde MB	04
0409	Croisée locale LX	05	8221	Montbeliarde MB	04
9156	Croisée locale LX	05	8432	Montbeliarde MB	05
2082	Montbeliarde MB	04	273	Montbeliarde MB	06
4282	Montbeliarde MB	04	3712	Simmental FLEKVIEH	03
4172	Simmental FLEKVIEH	03	9719	Simmental FLEKVIEH	03

**Période expérimentale**

N°	Race et robe	Age (an)	N°	Race et robe	Age (an)
0689	Holstein hpR	05	1101	Holstein hpN	04
5165	Holstein hpR	05	1104	Holstein hpN	04
3380	Holstein hpR	05	8811	Holstein hpN	04
6185	Holstein hpN	05	1563	Holstein hpN	04
93943	Holstein hpN	07	2109	Holstein hpN	04
2176	Holstein hpN	05	048	Holstein hpN	05
2107	Holstein hpN	05	0318	Holstein hpN	05
4085	Holstein hpN	05	8817	Holstein hpN	06
1206	Holstein hpN	05	0262	Holstein hpN	05
1067	Holstein hpN	06	8997	Holstein hpN	05
1039	Holstein hpN	05	3255	Holstein hpN	05
5980	Holstein hpN	05	5191	Holstein hpN	05
1453	Montbeliarde MB	06	3305	Montbeliarde MB	04
5529	Montbeliarde MB	07	8221	Montbeliarde MB	04
4198	Montbeliarde MB	04	8432	Montbeliarde MB	05
8352	Montbeliarde MB	04	273	Montbeliarde MB	06
056	Montbeliarde MB	04	0677	Montbeliarde MB	04
5010	Montbeliarde MB	04	0208	Montbeliarde MB	04
9156	Montbeliarde MB	05	4282	Montbeliarde MB	04
2482	Montbeliarde MB	04	7834	Montbeliarde MB	05
2062	Montbeliarde MB	04	9746	Montbeliarde MB	07
0500	Montbeliarde MB	*	7076	Montbeliarde MB	06
06001	Montbeliarde MB	*	2211	Montbeliarde MB	06
9284	Montbeliarde MB	*	6622	Montbeliarde MB	06

## Annexe n° 3 : Evolution de la production laitière

Evolution de la production laitière durant la période d'adaptation en fonction de la quantité d'aliment concentré distribuée (l/j)

**Influence de quelques paramètres de production (alimentaire et race) sur la composition du lait aptitude à la coagulation par des succédanés de la présure**

---

<b>Jours</b>	<b>Lot témoin</b>	<b>Lot expérimental</b>	<b>Quantité d'aliment concentré</b>
<b>1</b>	8,33	16,46	7 Kg d'aliment concentré
<b>2</b>	8,83	12,71	
<b>3</b>	7,29	17,71	
<b>4</b>	14,38	17,29	
<b>5</b>	14,25	20,00	
<b>6</b>	13,50	20,00	10 Kg d'aliment concentré
<b>7</b>	17,71	22,92	
<b>8</b>	13,75	25,42	
<b>9</b>	14,17	23,75	
<b>10</b>	14,33	22,92	
<b>11</b>	13,75	23,75	12 Kg d'aliment concentré
<b>12</b>	13,13	22,71	
<b>13</b>	14,58	18,33	
<b>14</b>	17,63	20,96	
<b>15</b>	15,42	22,92	
<b>Moyenne</b>	12,34	20,52	

**Evolution de la production laitière durant la période expérimentale (l/j)**

## **Annexe n° 4 : Résultats des analyses physicochimiques durant la période expérimentale**

Résultats des analyses physicochimiques durant la période expérimentale

Lot	Production laitière	EST (g/l)	TB (g/l)	AG (g/l)	pH	MAT (g/l)	NNP (g/l)	TP (g/l)	QMP (g/l)	C (g/l)	PS (g/l)	TP/MAT (%)	C/PT (%)	TC <sub>p</sub> (s)	TC <sub>o</sub> (s)
HT	32,61	111,15	32,40	30,62	6,60	32,25	0,74	31,51	1027,54	30,85	0,66	97,72	97,91	169,00	284,00
HT	32,61	113,30	31,60	29,86	6,70	31,39	0,95	30,64	999,17	29,61	1,03	96,98	96,64	172,00	309,00
HT	32,61	114,70	31,40	29,67	6,70	32,55	1,15	31,40	1023,95	30,79	0,61	96,47	98,05	138,00	275,00
HE	36,76	118,80	40,85	38,60	6,60	33,20	0,74	32,46	1193,23	32,01	0,45	97,77	98,61	154,00	277,00
HE	36,76	120,70	41,80	39,30	7,30	32,88	1,02	31,86	1171,17	30,37	1,49	96,91	95,31	179,00	322,00
HE	36,76	126,30	41,00	38,75	6,60	33,26	1,06	32,20	1183,67	31,36	0,84	96,82	97,38	154,00	269,00
MT	21,43	111,90	31,60	29,86	6,80	32,37	1,08	31,29	670,54	30,36	0,93	96,66	97,02	149,00	268,00
MT	21,43	110,70	31,40	29,67	6,60	34,52	1,02	33,30	717,91	32,57	0,93	97,05	97,22	112,00	201,00
MT	21,43	112,35	30,90	29,20	6,70	33,92	1,03	32,89	704,83	31,99	0,90	96,96	97,25	125,00	233,00
ME	22,49	129,30	40,60	38,37	6,60	29,25	0,96	28,29	636,24	26,98	1,31	96,71	95,36	166,00	298,00
ME	22,49	127,30	40,30	38,08	6,70	33,88	0,98	32,90	739,92	32,09	0,81	97,12	97,53	136,00	234,00
ME	22,49	127,90	40,40	38,18	6,60	33,16	1,00	32,16	723,28	31,18	0,98	96,98	96,96	147,00	255,00

## Annexe n°5 : Influence de l'alimentation sur la composition en acides gras de la MG du lait

**Influence de quelques paramètres de production (alimentaire et race) sur la composition du lait aptitude à la coagulation par des succédanés de la présure**

Acides gras	Pourcentage (%)					
	Ht	He	% de variation	Mt	Me	% de variation
C4	2,86	3,13	0,27	2,79	2,54	-0,25
C5	0,29	0,01	-0,28	0,37	0,62	0,25
C6	1,93	2,23	0,30	1,92	1,86	-0,06
C7	0,01	0,01	0	0,01	0,01	0
C8	1,13	1,42	0,29	1,13	1,35	0,22
C10	2,35	3,10	0,75	2,33	3,28	0,95
C11	0,02	0,03	0,01	0,02	0,04	0,02
C12	2,67	3,29	0,62	2,65	4,03	1,38
C13 ISO	0,06	0,10	0,04	0,09	0,12	0,03
C13	0,07	0,08	0,01	0,07	0,09	0,02
C14 ISO	0,18	0,14	-0,04	0,17	0,13	-0,04
C14	9,59	11,33	1,74	9,58	10,64	1,06
C15 AISO	0,76	0,73	-0,03	0,69	0,66	-0,03
C15	1,12	1,03	-0,09	1,11	0,96	-0,15
C16 ISO	0,28	0,32	0,04	0,27	0,35	0,08
C16	29,50	24,76	-4,74	29,60	26,06	-3,54
C17 ISO	0,47	0,39	-0,08	0,53	0,46	-0,07
C17 AISO	0,66	0,56	-0,10	0,66	0,64	-0,02
C17	0,61	0,47	-0,14	0,61	0,57	-0,04
<b>AGSCMC</b>	<b>54,56</b>	<b>53,13</b>	<b>-1,43</b>	<b>54,6</b>	<b>54,41</b>	<b>-0,19</b>
C18 ISO	0,06	0,03	-0,03	0,06	0,04	-0,02
C18	11,86	11,33	-0,53	12,01	10,55	-1,46
C20	0,21	0,17	-0,04	0,22	0,18	-0,04
<b>AGSLC</b>	<b>12,13</b>	<b>11,53</b>	<b>-0,6</b>	<b>12,29</b>	<b>10,77</b>	<b>-1,52</b>
<b>AGS</b>	<b>66,69</b>	<b>64,66</b>	<b>-2,03</b>	<b>66,89</b>	<b>65,18</b>	<b>-1,71</b>
C10 1	0,26	0,34	0,08	0,26	0,34	0,08
C12 1	0,07	0,10	0,03	0,07	0,12	0,05
C14 1	1,10	1,35	0,25	1,03	1,45	0,42
C15 1	0,03	0,03	0	0,03	0,02	-0,01
C16 1	1,51	1,58	0,07	1,54	1,59	0,05
C17 1	0,33	0,23	-0,1	0,30	0,25	-0,05
<b>AGICMC</b>	<b>3,3</b>	<b>3,63</b>	<b>0,33</b>	<b>3,23</b>	<b>3,77</b>	<b>0,54</b>
C18 1	25,94	26,65	0,71	25,86	25,95	0,09
C18 2	2,72	3,50	0,78	2,68	3,58	0,9
C18 3	0,96	1,15	0,19	0,94	1,13	0,19
C20 1	0,25	0,23	-0,02	0,26	0,24	-0,02
<b>AGILC</b>	<b>29,87</b>	<b>31,53</b>	<b>1,66</b>	<b>29,74</b>	<b>30,9</b>	<b>1,16</b>
<b>AGI</b>	<b>33,17</b>	<b>35,16</b>	<b>1,99</b>	<b>32,97</b>	<b>34,67</b>	<b>1,7</b>

AGS : AG saturé ; AGSCMC : AGS à courte et moyenne chaînes ; AGSLC : AGS à longue chaîne ; AGI : AG insaturés ; AGICMC : AGI à courte et moyenne chaînes ; AGILC : AGI à longue chaîne ; ISO : isomère ; AISO : antéisomère



