

République Algérienne Démocratique et Populaire

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'El Harrach-Alger

المدرسة الوطنية العليا للبيطرة الحراش - الجزائر

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

Magistère en Sciences Vétérinaires

Option : Nutrition et Reproduction des bovins

Thème :

**Effet de la dynamique de l'état corporel sur
les performances de production chez la vache
laitière**

Présenté par : Mr LAOUADI MOURAD.

Devant le jury composé de :

Pr GUEZLANE L.	Professeur (ENSV Alger)	Président
Pr MADANI T.	Professeur (Université de Sétif)	Promoteur
Dr GHOZLANE F.	Maître de conférences classe A (INSA Alger)	Examineur
Mme GOUAS Y.	Maître-assistante classe A (ENSV Alger)	Examinatrice
Mlle TENNAH S.	Maître-assistante classe A (ENSV Alger)	Examinatrice

Année Universitaire 2009/2010

Dédicaces

**« *Aucun travail ne s'accomplit dans la
solitude* »**

Je dédie ce modeste mémoire à mes parents

Mon frère et ma sœur

Remerciements

La réalisation d'une thèse n'est pas seulement un travail de longue haleine mais aussi une formidable expérience scientifique. Bien que délicate, l'écriture des remerciements est un élément indispensable pour témoigner ma profonde reconnaissance à toutes les personnes qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce travail. Je tiens tout d'abord à exprimer mes sincères remerciements aux membres du jury :

Pr GUEZLANE LOUARDI, Professeur et Directeur de l'École Nationale Supérieure Vétérinaire de m'avoir fait le grand honneur d'accepter la présidence du jury de ce mémoire, merci pour la confiance et les aides précieuses que vous offrez aux étudiants, qui nous amènent aux portes de la recherche. Hommages respectueux.

Dr GHOZLANE Fayçal, Maître de Conférences classe A à l'Institut National Supérieure d'Agronomie pour l'honneur qui m'a fait en acceptant d'être membre de jury. Sincères remerciements.

Mme GOUAS YAMINA, Maître assistante classe A à l'École Nationale Supérieure Vétérinaire pour avoir accepté d'examiner ce travail. Je la remercie également pour sa disponibilité et son écoute, ses conseils pertinents et son soutien moral. Sincères remerciements.

Mlle TENNAH SAFIA, Maître assistante classe A à l'École Nationale Supérieure Vétérinaire pour l'intérêt qu'elle a porté à ce mémoire en acceptant d'être membre de jury, pour le soutien, les conseils avisés et l'attention apportée tout au long de la réalisation de ce travail. Hommage respectueux.

Mes remerciements s'adressent également à mon promoteur, **Pr MADANI TOUFIK**, Professeur à l'université de Sétif pour avoir accepté de diriger ce travail. Un grand et sincère merci pour le choix du sujet et tous que m'avez appris, pour votre rigueur scientifique et vos conseils précieux, votre confiance et votre disponibilité qui m'ont permis de mener à bien ce travail et d'assurer mon initiation à la recherche scientifique.

Remerciements

Je tiens à remercier vivement Mlle BOUZERD SORAYA Ingénieur d'état en Agronomie, responsable de l'atelier bovin à l'ITELV Baba Ali, Mr. ATTIF M'HAND ESAID Technicien supérieur à l'ITELV Baba Ali, Mlle SADI SAMIA Ingénieur de laboratoire à l'ITELV Baba Ali et Mlle BOUDOUMI AMNA Docteur vétérinaire à l'ITELV Baba Ali, pour leur aide et leur soutien moral pendant toute la réalisation de ce travail. Hommages respectueux.

Je remercie également tout le personnel de la ferme expérimentale de l'ITELV Baba Ali : Dr BOUDJENAH AHMED ABDELHAKIM Directeur général, Dr. ZADI MOHAMED chef de laboratoire central, Mr. REZZOUG ABDELRAHMEN Directeur de l'atelier ruminant, Mlle BOULBERHANE DALILA chef de département ruminant, Mr. ELBOUYAHIAOUI RACHID attaché de recherche à l'INRAA Alger, Mr. RABER ABDELKADER chef de l'exploitation bovin, ainsi que : Dr. BENNIA ZINEB, Mr. ROUANE BOUALEM et Mr. GALIA HAMID.

Ma profonde reconnaissance s'adresse également à Madame DJELLOUT BAYA Maitre assistante classe B à l'ENSV pour sa contribution à la réalisation des analyses biochimiques.

Je tiens à remercier aussi les agents de la bibliothèque de l'ENSV : Mme BENABDEDAIM MERIEM, Mr DERAMI HAMID, Mme GHEZALI SAMIA et Mme BOUCHELILIT NACHIDA. Hommages respectueux.

Un grand et sincère remerciement que j'adresse à Monsieur SAADI AHMED ingénieur de laboratoire de parasitologie à l'ENSV et Mlle BOUDJELAL LOUIZA, Mlle AMROUN FARROUDJA et Mlle KERMAZNI MIMI pour leur aide et pour son soutien moral. Sincères remerciements.

J'adresse mes remerciements à mes amis de l'ENSV : Dr BELABBAS., Dr AOUAN N., Dr BOULBINA I., Dr. BENAKZOUH M. pour leur soutien moral et leur aide précieuse.

Je veux aussi adresser mes remerciements à tous les enseignants de l'École Nationale Supérieure Vétérinaire.

Remerciements

Je ne saurai oublier de remercier vivement tous mes confères et consœurs de la post-graduation « Nutrition et Reproduction des Bovins » et « Élevage et Pathologie Avicole et Cunicole ».

Enfin, je voudrais remercier toutes les personnes qui ont contribuées de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Notre travail vise l'étude de l'effet de la dynamique de l'état corporel sur l'évolution des performances de production laitière des vaches de races Prim'Holstein et Montbéliarde. Au total, 28 vaches laitières ont été suivies sur une période d'une année afin de pouvoir tracer des profils d'état corporel et biochimiques (glycémie et cholestérolémie) depuis le tarissement jusqu'au 3^{ème} mois du post-partum. La dynamique de l'évolution de l'état corporel en début de lactation est significativement déterminée par la note d'état corporel (NEC) au tarissement et au vêlage. Par contre celle de la glycémie ne montre aucune variation par rapport à la NEC du vêlage. Les performances de production laitière les plus élevées (quantité produite) sont observées chez les vaches dotées d'un état corporel ≥ 3 . La production laitière au 1^{er} mois (pic) de lactation est supérieure chez les vaches dont la NEC au tarissement est ≥ 3 comparée à celles dont la NEC est ≤ 3 (608.55 ± 24.00 vs 519.01 ± 24.00) ; de même la production au pic est plus importante chez les vaches disposant de plus de réserves corporelles au vêlage (>3) par rapport à celles disposant moins (≤ 3) (618.67 ± 24.54 vs 522.62 ± 21.25). Cependant, le taux butyreux au 1^{er} et 2^{ème} mois de lactation n'est pas affecté par la note d'état corporel au vêlage. L'utilisation modeste des réserves corporelle en début de lactation (0.8 point perdu vers le 60^{ème} jour du post-partum) est la conséquence de besoins faibles pour la production laitière (16.53 ± 3.88 litres au pic), témoignant ainsi des limites imposées par le milieu à l'expression des potentialités génétiques.

Mots clés : Vache laitière, performances laitières, péri-partum, réserves corporelles, glycémie, cholestérolémie.

Our work aims to studying the effect of the dynamics of body condition on the evolution of performances of Prim'Holstein and Montbeliarde dairy cows. A total of 28 dairy cows were monitored during a period of one year. Body condition scoring and metabolic profiles (glucose and cholesterol) were performed from the drying off to the 3rd post-partum month. The dynamics of changes of body condition in early lactation is significantly determined by the body condition score (BCS) in drying off and calving. Whereas changes in plasma concentration of glucose are not affected by the BCS of calving. The highest milk yield performances were observed in cows that have a BCS ≥ 3 . Milk yield at the first month (peak) of lactation was higher for cows with BCS ≥ 3 at drying off compared to those with BCS ≤ 3 (608.55 \pm 24.00 vs. 519.01 \pm 24.00); in the same way, the milk yield at peak of lactation is higher in cows with more body reserves at calving (≥ 3) than those with less reserves (≤ 3) (618.67 \pm 24.54 vs. 522.62 \pm 21.25). However, fat yield (fat content) in the 1st and 2nd month of lactation is not affected by BCS at calving. The modest use of body reserves in early lactation (loss of 0.8 point to the 60th day of post-partum) is the result of low needs for milk production (16.53 \pm 3.88 at the peak), demonstrating the limits imposed by the environment for the expression of genetic potential.

Key words: Dairy cow, milk performance, peripartum, body reserves, glucose, cholesterol.

ملخص

يهدف عملنا هذا إلى دراسة تأثير تغيرات الحالة الجسمية على تطور القدرات الإنتاجية للبقرة الحلوب من سلالة بريم هولستاين و مونتيليارد. لقد تم رصد و متابعة 28 بقرة حلوب مدة عام كامل و ذلك لغرض رسم مقاطع للحالة الجسمية و البيوكيميائية (الغلوكوز و الكلسترول) من النضوب إلى غاية الشهر الثالث بعد الولادة. إن معرفة الحالة الجسمية للأبقار عند النضب و الولادة لها تأثير ذو دلالة على ديناميكية التغيرات الطارئة في ما بعد الولادة بينما تغيرات نسبة الغلوكوز في الدم لم تأنر فيها الحالة الجسمية عند الولادة. قدرات إنتاج الحليب (الكمية المنتجة) كانت الأوفر لدى الأبقار ذوي الحالة الجسمية $3 \square$ عند النضب مقارنة الجسمية $3 \square$. كمية الحليب المنتجة في الشهر الأول كانت أعلى لدى الأبقار ذوي الحالة الجسمية $3 \square$ عند النضب مقارنة بذوي الحالة الجسمية $3 \geq$ (24.54 ± 608.67 مقابل 24.00 ± 519.01). كذلك كمية الحليب عند ذروة الإنتاج كانت أكبر لدى الأبقار التي تحتفظ بكمية أكبر من المدخرات الجسمية ($3 \square$) مقارنة باللاتي يحتفظن بكمية أقل ($3 \geq$) (24.54 ± 618.67 مقابل 21.25 ± 52.62). لكن مع هذا فان محتوى الدهون في الشهر الأول و الثاني من الإنتاج لم يتأثر بالحالة الجسمية عند الولادة. الاستخدام العقلاني و المحتشم للمدخرات الجسمية في فترة ما بعد الولادة (خسارة 0.8 نقطة إلى غاية اليوم الستين ما بعد الولادة) هو نتيجة الاحتياجات المنخفضة لإنتاج الحليب (3.88 ± 16.53 لتر عند الذروة) و دليل على القيود التي تفرضها البيئة المحيطة بالحيوان و الني لا تسمح له بالتعبير عن كامل قدراته الجينية.

الكلمات المفاتيح: بقرة حلوب, قدرات الحليب, حوالي الولادة, المدخرات الجسمية, الغلوكوز, الكلسترول.

La liste des figures :

Figure N°		Page
<i>La partie bibliographique</i>		
01	Schéma synthétique des régulations homéostasique et homéorhéticue.	6
02	Courbe théorique de lactation chez la vache.	7
03	Indice 1 (vache émaciée).	15
04	Indice 2.	16
05	Indice 2 (vache maigre).	16
06	Indice 3.	17
07	Indice 3 (vache en bon état de chair).	17
08	Indice 4.	18
09	Indice 4 (vache en état de chair lourd).	18
10	Indice 5.	19
11	Indice 5 (vache grasse).	19
12	Évolution optimale de l'état corporel au cours du cycle de production.	21
13	Évolution de la note d'état corporel en fonction du niveau de production.	22
<i>Matériel et méthodes</i>		
14	Quelques parties de la ferme.	30
15	Les animaux de la ferme.	31
16	Le schéma du protocole expérimental.	32
17	L'évolution de la note d'état corporel d'une même vache au cours du péri-partum.	34
18	Quelques échantillons destinés pour l'analyse du lait.	36
19	Les différentes étapes de prélèvement du sang.	37
20	La centrifugation et la récolte du plasma.	38
21	Schéma opératoire pour le dosage du glucose et du cholestérol.	41
<i>Résultats et discussions</i>		
22	Courbe de l'évolution de la note d'état corporel en fin de gestation et durant la lactation.	49
23	Variabilité de l'évolution de la note d'état corporel au cours du péri-partum selon la race.	52
24	Évolution de la production laitière au cours des sept premiers mois de lactation.	53

25	Variabilité de l'évolution de la production laitière au cours des trois premiers mois de lactation selon la parité et la saison de vêlage.	56
26	Évolution du taux butyreux au cours des sept premiers mois de lactation.	59
27	Variabilité de l'évolution du taux butyreux au cours des trois premiers mois de lactation selon la saison de vêlage.	61
28	Évolution du taux protéique au cours des sept premiers mois de lactation.	62
29	Variabilité de l'évolution du taux protéique au cours des trois premiers mois de lactation selon la saison de vêlage.	65
30	Évolution de la glycémie au cours du péri-partum.	68
31	Variabilité de l'évolution de la glycémie au cours du péri-partum selon la saison de vêlage.	70
32	Évolution de la cholestérolémie au cours du péri-partum.	71
33	Variabilité de l'évolution de la cholestérolémie au cours du péri-partum selon la parité.	74
34	La corrélation entre la glycémie au vêlage et la production laitière pendant les trois premiers mois de lactation.	75
35	La corrélation entre la cholestérolémie et la production laitière durant les trois premiers mois de lactation.	77
36	Variabilité de l'évolution de la glycémie selon la note d'état corporel au vêlage durant les trois premiers mois de lactation.	79
37	Variabilité de l'évolution de la note d'état corporel durant le post-partum selon la note d'état au tarissement.	81
38	Variabilité de l'évolution de la note d'état corporel durant le post-partum selon la note d'état au vêlage.	82
39	La corrélation entre la note d'état corporel au tarissement et au vêlage, et la production laitière au pic de lactation.	88
40	La corrélation entre la perte d'état corporel pendant les trois premiers mois de lactation et la production cumulée de 90 jours.	89

La liste les tableaux :

Tableau N°		Page
<i>Résultats et discussions</i>		
01	Évolution de la note d'état corporel en fin de gestation et durant la lactation.	48
02	Variabilité de l'évolution de la note d'état corporel selon les différents facteurs de variation.	51
03	Évolution de la production laitière (litres) au cours d'une lactation (sept premiers mois de lactation).	53
04	Effet des facteurs de variation sur l'évolution de la production laitière au cours des trois premiers mois de lactation.	55
05	Évolution du taux butyreux au cours des sept premiers mois de lactation (%).	58
06	Effet des différents facteurs de variation sur l'évolution du taux butyreux au cours des trois premiers mois de lactation.	60
07	Évolution du taux protéique au cours des sept premiers mois de lactation (%).	62
08	Effet des différents facteurs de variation sur l'évolution du taux protéique au cours des trois premiers mois de lactation.	64
09	Évolution de la glycémie au cours du péri-partum (gr/l).	67
10	Variabilité de l'évolution de la glycémie en période du péri-partum selon les différents facteurs de variation.	69
11	Évolution de la cholestérolémie au cours du péri-partum (gr/l).	71
12	Variabilité de l'évolution de la cholestérolémie en période du péri-partum selon les différents facteurs de variation.	73
13	La corrélation entre la glycémie au tarissement et au vêlage, et la production laitière au cours des trois premiers mois de lactation.	75
14	La corrélation entre la cholestérolémie et la production laitière durant les trois premiers mois de lactation.	76
15	Effet de la note d'état corporel au vêlage sur l'évolution de la glycémie au cours des trois premiers mois de lactation.	78
16	La régression entre la perte d'état corporel et la cholestérolémie durant les trois premiers mois de lactation.	79

17	Effet de la note d'état corporel au tarissement (8 ^{ème} mois de gestation) sur le profil d'état corporel en post-partum.	81
18	Effet de la note d'état corporel au vêlage sur le profil d'état corporel en post-partum.	82
19	Effet de la note d'état corporel au tarissement sur la perte d'état corporel au 2 ^{ème} mois du post-partum.	83
20	Effet de la note d'état corporel au vêlage sur la perte d'état corporel au 2 ^{ème} mois du post-partum.	83
21	Effet de la note d'état corporel au tarissement et au vêlage sur la production au pic de lactation.	85
22	Effet de la note d'état corporel au tarissement et au vêlage sur la production au 2 ^{ème} mois de lactation.	85
23	Effet de la note d'état corporel au tarissement et au vêlage sur la production au 3 ^{ème} mois de lactation.	86
24	Effet de la note d'état corporel au tarissement et au vêlage sur la production cumulée de 90 jours du post-partum.	86
25	La régression entre la note d'état corporel au tarissement et la production laitière durant les trois premiers mois de lactation.	87
26	La régression entre la note d'état corporel au vêlage et la production laitière durant les trois premiers mois de lactation.	87
27	Effet de la perte d'état corporel sur la production laitière cumulée de 90 jours du post-partum.	89
28	Effet de la note d'état corporel au vêlage sur le taux butyreux au 1 ^{er} et au 2 ^{ème} contrôle.	90

AG : Acides gras.

AGNE : Acides gras non estérifiés.

BHB : Béta-hydroxybutyrate.

C3 : Acide propionique.

CHE : Cholestérol estérase.

CHOD : Cholestérol oxydase.

Co-A : Coenzyme A.

GOD : Glucose oxydase.

H₂O₂ : Peroxyde d'hydrogène.

IGF : Insulin-like Growth Factors.

ITELV : Institut technique des élevages.

kg : Kilogramme.

mmol : Millimole.

MG : Matières grasses.

MP : Matière protéique.

MS : Matières sèches.

mg/dl : Milligramme/décilitre.

NEC : Note d'état corporel.

nm : Nanomètre.

NECt : Note d'état corporel au tarissement.

NEC0 : Note d'état corporel au vêlage.

POD : Peroxydase.

R : Coefficient de régression linéaire.

SAT : Surface agricole totale.

SAU : Surface agricole utile.

SPSS : Statistical package for the social sciences.

TB : Taux butyreux.

TB1 : Taux butyreux au 1^{er} contrôle.

TB2 : Taux butyreux au 2^{ème} contrôle.

TP : Taux protéique.

UFL : Unité fourragère lait.

vs : Versus.

SOMMAIRE

Introduction générale	1
Partie bibliographique	
Chapitre I : Régulation homéostasique et homéorhétique	3
Exemples de la régulation homéostasique et homéorhétique : Cas de la vache laitière.....	4
Chapitre II : La production laitière	7
I. Caractéristiques d'une courbe de lactation.....	7
II. Contrôle laitier.....	8
II.1. Définition.....	8
II.2. Objectif.....	9
II.3. Méthodes utilisées.....	9
III. Les matières utiles : taux butyreux et taux protéique.....	9
Chapitre III : Évaluation du bilan énergétique de la vache laitière	11
Bilan énergétique évalué par la notation de l'état corporel	11
I. Définition.....	11
II. Importance.....	11
III. Conditions de notation.....	13
IV. Méthode de détermination.....	13
V. Les moments d'évaluation.....	20
VI. Production laitière et note d'état corporel.....	21

VI.1. Niveau de production et note d'état corporel.....	21
VI.2. Note d'état corporel et les taux utiles de lait (TB et TP).....	22
Bilan énergétique évalué par les paramètres biochimiques.....	23
I. La glycémie.....	24
II. La cholestérolémie.....	26
III. Les acides gras non estérifiés (AGNE).....	27
IV. Les béta-hydroxybutyrates (BHB).....	28
Partie expérimentale	
Matériel et méthodes	
L'objectif.....	30
I. Présentation de la ferme.....	30
II. Durée de l'expérimentation.....	31
III. Les animaux.....	31
IV. La conduite expérimentale.....	31
V. Méthodes.....	33
V.1. La notation de l'état corporel.....	33
V.2. La production laitière.....	35
V.3. Le profil métabolique.....	36
V.3.1. Prélèvement du sang.....	36
V.3.2. Technique de prélèvement.....	37
V.3.3. Analyses du laboratoire.....	38
V.3.4. Méthodes de dosage.....	39

V.3.4.1. Dosage du glucose.....	39
V.3.4.2. Dosage du cholestérol.....	40
VI. Enregistrement des données et des résultats.....	41
VI.1. Variables à expliquer.....	42
VI.2. Variables explicatives.....	43
VI.3. Traitement statistique des données.....	43
Résultats et discussion.....	46
I. Variabilité de la note d'état corporel.....	47
I.1. Étude descriptive.....	47
I.2. Étude des facteurs de variation.....	49
II. Variabilité de la production laitière.....	52
II.1. La quantité du lait.....	52
II.1.1. Étude descriptive.....	52
II.1.2. Étude des facteurs de variation.....	54
II.2. Le taux butyreux.....	57
II.2.1. Étude descriptive.....	57
II.2.2. Étude des facteurs de variation.....	59
II.3. Le taux protéique.....	61
II.3.1. Étude descriptive.....	61
II.3.2. Étude des facteurs de variation.....	63
III. Variabilité des paramètres biochimiques du statut énergétique.....	66
III.1. La glycémie.....	66

III.1.1. Étude descriptive.....	66
III.1.2. Étude des facteurs de variation.....	68
III.2. La cholestérolémie.....	70
III.2.1. Étude descriptive.....	70
III.2.2 Étude des facteurs de variation.....	72
IV. Relation entre la production laitière et les paramètres biochimiques.....	74
IV.1. Relation entre glycémie au tarissement et au vêlage et la production laitière durant trois premiers mois de lactation.....	74
IV.2. Relation entre la cholestérolémie et la production laitière durant les trois premiers mois de lactation.....	76
V. Relation entre la note d'état corporel et les paramètres biochimiques.....	78
V.1. Effet de la note d'état corporel au vêlage sur l'évolution de la glycémie durant les trois premiers mois de lactation.....	78
V.2. Relation entre la perte d'état corporel et la cholestérolémie durant les trois premiers mois de lactation.....	79
VI. Effet de la note d'état corporel au tarissement et au vêlage sur l'évolution et la perte d'état corporel en post-partum.....	80
VII. Effet de la note d'état corporel sur la production laitière.....	83
VII.1. Effet de la note d'état corporel sur la quantité du lait produite pendant les trois premiers mois de lactation.....	83
VII.2. Relation entre la perte de l'état corporel et la production cumulée de 90 jours.....	88
VII.3. Relation entre la note d'état corporel et le taux butyreux.....	89

Discussion générale.....91

Conclusion et perspectives.....95

Références bibliographiques.

Annexes.

La modernisation de l'élevage laitier dans les pays développés a permis non seulement de couvrir la demande des populations mais aussi de produire des excédents dans beaucoup de situations. En revanche, l'élevage bovin laitier algérien couvre selon les estimations plus des deux tiers de la demande nationale, alors que l'autre tiers est issu de l'importation. Par ailleurs, la crise mondiale intervenue en 2007 dans le marché du lait, et qui s'est traduite par une augmentation du prix de cession de la poudre de lait a créé en Algérie des perturbations dans le fonctionnement de toute la filière, ce qui exprime son importance sur le plan économique et de sécurité alimentaire.

Le progrès dans les pays développés s'est basé sur l'amélioration de l'environnement de l'élevage et la sélection génétique, qui ont considérablement augmenté le potentiel de production, transformant les vaches en un formidable matériel animal à produire du lait. Mais la composition du lait et la quantité produite étant étroitement liées à ce qui est offert aux animaux comme aliments. De nombreux autres facteurs viennent ensuite prendre part à un ensemble complexe constitué de l'animal et de son environnement : le patrimoine génétique, la conduite de l'élevage, le logement, la maîtrise sanitaire, sont autant de facteurs apportant leur contribution à une production optimale (Froment, 2007).

En Algérie, il convient de signaler par ailleurs, qu'il y a eu un accroissement de la production mais qui est surtout le fait d'une augmentation des effectifs de vaches laitières et non des rendements individuels et de productivité des exploitations (Amellal, 1995). Parmi les facteurs affectant la production, un manque de connaissances et une mauvaise gestion sur une période très critique et cruciale chez la vache laitière : le *péri-partum*. En effet, le métabolisme de la vache laitière est complexe et fonctionne de manière différente selon le stade de croissance, de gestation, ou de lactation (Isler, 2007). Au cours de la lactation, les besoins et les apports varient selon un rythme différent, ce qui se traduit aussi de façon différente sur la mobilisation des réserves corporelles au cours du cycle de production. C'est autour du vêlage que les variations métaboliques sont les plus amples et marquées, ce qui donne à la période du *péri-partum* un caractère délicat, difficile à gérer. C'est pour cette raison que nous avons orienté nos investigations sur cette période, qui va du tarissement jusqu'au 3^{ème} mois du *post-partum*. En plus, les travaux scientifiques ayant trait aux relations

existantes entre les indicateurs du statut énergétique et la production laitière durant le *péri-partum* sont très faibles en Algérie.

C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude, dont l'objectif principal est de connaître le comportement des animaux de race exotiques importés ou nés en Algérie en terme de gestion de leurs réserves corporelles, et comprendre son impact sur l'évolution des performances de la production laitière (quantité et qualité). Il s'agit de suivre l'évolution des performances en rapport avec les indicateurs du métabolisme énergétique et des réserves corporelles à différentes périodes de la phase du *péri-partum*.

Ce travail s'articulera autour de deux parties :

- Une partie bibliographique qui consiste en une étude organisée en trois chapitres : la régulation homéostatique et homéorhétic, complété par un chapitre traitant les principales connaissances sur la production laitière et enfin une évaluation du bilan énergétique à travers la notation de l'état corporel et quelques paramètres biochimiques.
- Une partie expérimentale qui comprend : le matériel et les méthodes mis en œuvre pour la réalisation de ce travail, ainsi que les résultats et discussion de chaque paramètre. Enfin, nous terminerons par une discussion générale qui permet de faire une synthèse des différents résultats préalablement décrits et les perspectives attendues en terme de développement comme en terme de recherche.

Chapitre I : Régulation homéostasique et homéorhétique.

Lavoisier est le premier qui a suggéré que : « la vie est un processus chimique » (Maynard et *al.*, 1979). L'aliment est ingéré, et suite à la digestion intestinale, les nutriments sont absorbés et utilisés par les différents tissus de l'organisme (Baile, 1971), soit pour l'entretien et la croissance, ou bien stockés sous forme de réserves énergétiques (lipides) et glucidiques (glycogène) (Bauman et Currie, 1980).

Deux tissus supplémentaires utilisent une partie des nutriments maternels : le fœtus et la glande mammaire. Les besoins nutritifs de ces deux entités ne doivent pas être négligés car ces deux états physiologiques (la gestation et la lactation) sont la base de la conservation de l'espèce et de la fondation de l'industrie laitière (Bauman et Currie, 1980).

L'animal est considéré comme un système biologique vivant dans un environnement donné (le système et le milieu d'élevage) et possédant des capacités d'adaptation qui vont lui permettre non seulement d'assurer sa propre survie mais également de tendre vers une maximisation de ses fonctions de production (croissance, reproduction) par deux grands types de comportements physiologiques (Bocquier et *al.*, 2004). En effet, le contrôle du métabolisme durant la gestation et la lactation implique deux types de régulations (Bauman et Currie, 1980) :

- La régulation homéostasique.
- La régulation homéorhétique.

Le contrôle homéostasique a pour but le maintien de l'équilibre physiologique interne de l'organisme dans un environnement donné.

Le contrôle homéorhétique est le contrôle coordonné du métabolisme des différents tissus de l'organisme, nécessaire pour supporter les différents états physiologiques.

Exemples de la régulation homéostasique et homéorhétique : Cas de la vache laitière.

La régulation de l'orientation nutritionnelle durant la gestation est sous contrôle homéorhétique. Elle assure la croissance du conceptus (foetus et membranes fœtales) et l'utérus gravide ainsi que le développement de la glande mammaire (Bauman et Currie, 1980).

Les réponses endocriniennes et métaboliques à l'inadéquation des apports aux besoins sont principalement destinées à maintenir dans certaines limites, la constance du milieu intérieur de l'organisme (homéostasie). Ainsi, lors d'une sous alimentation, les adaptations passent par une mobilisation coordonnée et séquentielle (court, moyen et long terme) de substrats endogènes tel que ceux stockés dans les réserves corporelles, puis par la mise en place des mécanismes d'épargne des métabolites limitant (glucose, acides aminés) et, enfin, par une diminution du métabolisme de base et des dépenses énergétiques (mouvements, déplacements). Ces régulations homéostasiques sont mises en jeu de façon claire lorsque, par exemple un animal à l'entretien est placé en situation de sous alimentation (Atti et Bocquier, 1999 ; Bonnet et *al.*, 2000), elles assurent alors la survie de l'individu. Mais en dehors de cet état transitoire où l'animal est à l'entretien, les animaux d'élevages et en particulier les femelles, sont-le plus souvent en production. Deux situations de sous alimentations peuvent êtres distinguées (Chilliard et *al.*, 1998) :

- Le cas où les aliments ne sont pas disponibles en quantité suffisante (alimentation restreinte) pour satisfaire les besoins : situation de sous alimentation absolue.
- Le cas où les aliments sont en quantité et en qualité suffisantes (alimentation à volonté) mais leur ingestion ne permet pas de satisfaire les besoins : situation de sous alimentation relative.

Cette dernière situation est fréquemment rencontrée chez la femelle laitière haute productrice : en début de lactation, les besoins s'accroissent plus rapidement que la capacité d'ingestion (Jarrige, 1988). Durant cette période qui dure plusieurs semaines (10 à 12 semaines chez la vache laitière), des mécanismes adaptatifs spécifiques se mettent en place. Il y a une altération du métabolisme du tissu adipeux de fin de gestation (diminution de la lipogenèse et augmentation de la lipolyse) pour assurer des besoins de la glande mammaire pour la synthèse du lait (homéostasie) (Bauman et Currie, 1980). Ils permettent aussi à l'animal d'évoluer vers un nouvel état nutritionnel (bilan énergétique positif) qu'il atteint lorsque l'ingestion permet à nouveau de satisfaire les besoins. Ces processus adaptatifs passent d'une forte mobilisation des réserves adipeuses et, dans une moindre mesure protéiques, vers une équilibration des besoins et de l'offre (Faverdin et Bareille, 1999) et font l'objet d'une adaptation homéorhéticque qui correspond davantage à une anticipation de l'augmentation des dépenses qu'à une insuffisance de l'apport énergétique (Bauman et Currie, 1980 ; Enjalbert, 2002 ; Faverdin et *al.*, 2007a et b). Cependant, la régulation homéostasique est aussi impliquée durant cette période pour maintenir l'équilibre interne dans un tel changement d'environnement tel que le stress (Bauman et Currie, 1980).

Voici ci-dessous un schéma synthétique des régulations homéostasique et homéorhéticque chez la vache laitière (Bauman et Currie, 1980 ; Faverdin et Bareille, 1999 ; Atti et Bocquier, 1999 ; Bonnet et *al.*, 2000 ; Bocquier et *al.*, 2004).

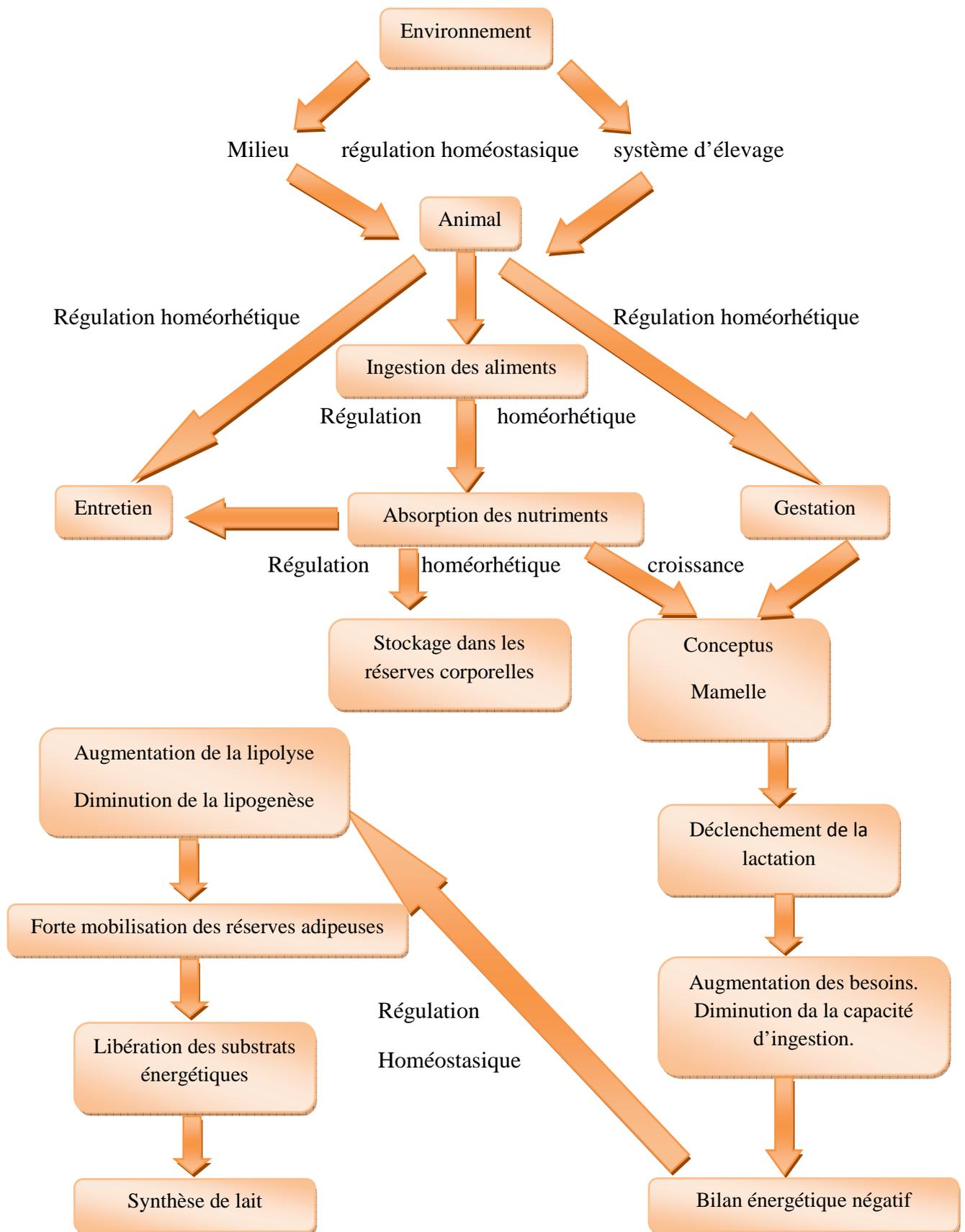


Figure N°1 : Schéma synthétique des régulations homéostasique et homéorhétic (Synthèse bibliographique).

Chapitre II : La production laitière.

I. Caractéristiques d'une courbe de lactation :

La lactation se déclenche lors de la mise-bas et la production laitière évolue dans le temps. Cette évolution peut être représentée par une courbe dénommée «courbe de lactation » (Soltner, 2001) (figure n°2).

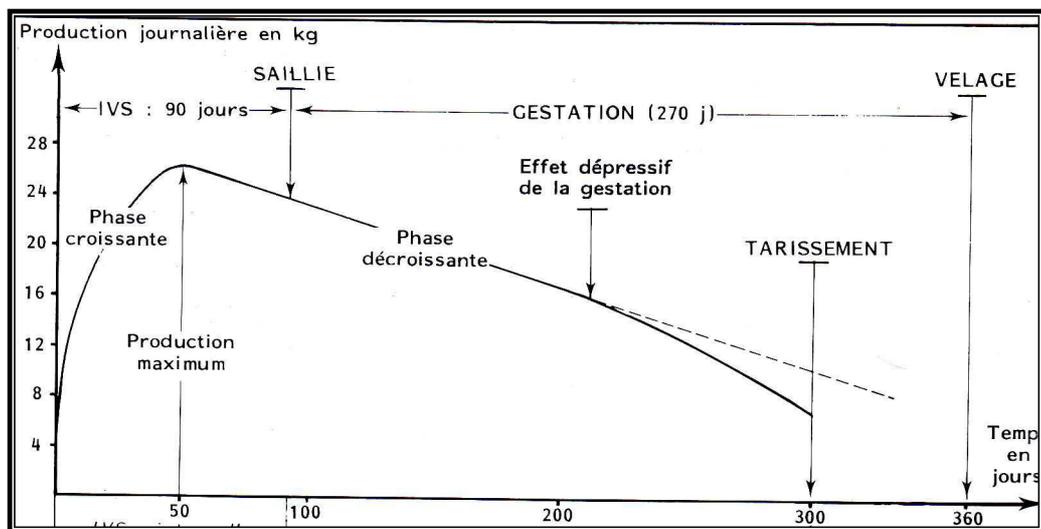


Figure N°2 : Courbe théorique de lactation chez la vache (Soltner, 2001).

La lactation débute par une phase colostrale et ce n'est qu'à partir du 5^{ème} jour qui suit la mise-bas que le lait est commercialisable (Madsen, 1975).

On peut distinguer trois phases au cours d'une lactation :

- Une phase ascendante ou phase de croissance.
- Une phase plateau.
- Une phase descendante ou phase de décroissance.

Ces deux phases sont suivies d'une troisième phase, c'est la phase de tarissement (Soltner, 2001).

➤ Phase de croissance : Du 5^{ème} jour post-partum jusqu'au pic de lactation. La production journalière augmente rapidement pour atteindre le niveau maximal de production « pic de lactation » ou « pic de production » vers la 3^{ème} et la 4^{ème} semaine pour les fortes productrices, et vers la 4^{ème} à la 5^{ème} semaine chez les faibles productrices (Gadoud et *al.*, 1992).

➤ Phase de décroissance : Plus longue, du pic de lactation jusqu'au 7^{ème} mois de gestation. La production laitière diminue plus ou moins régulièrement. C'est la phase de persistance de la production (Gadoud et *al.*, 1992). Elle est caractérisée par le coefficient de persistance qui est le pourcentage de diminution de la production entre deux mois successifs, il doit être stable avec une chute de 10% chaque mois (Crapelet et Thibier, 1973). Les primipares ne présentent pas un pic aussi marqué et ont une persistance de lait supérieure aux vaches adultes (Ennuyer, 1994 ; Ennuyer, 2002).

➤ Phase de tarissement : Elle signifie l'arrêt de la traite en fin de lactation (Serieys, 1997). La durée classique de tarissement de la vache laitière en France et dans la majorité des pays de monde est de deux mois (Enjalbert, 2006).

II. Contrôle laitier :

II.1. Définition :

Crapelet et Thibier (1973) définissent le contrôle laitier comme un ensemble des méthodes permettant de déterminer la production laitière d'une vache laitière au cours de ses lactations.

II.2. Objectifs :

Ses objectifs sont de deux ordres : individuels et collectifs.

- Individuels : Le contrôle laitier est considéré comme un élément de conduite du troupeau, il permet de sélectionner les bonnes productrices, et d'ajuster l'alimentation à la production et d'éviter le gaspillage par des corrections de la ration.
- Collectifs : Les informations recueillies constituent une banque de données qui servira à la sélection et à l'amélioration génétique.

II.3. Méthodes utilisées :

Il existe plusieurs méthodes, mais la méthode la plus utilisée dans le monde est la méthode de Fleischmann. Ce contrôle laitier est réalisé par un agent spécialisé, il enregistre certaines informations en moyenne tous les 30 jours (26 à 33 jours) pendant toute la durée de lactation. Le même agent effectue les prélèvements pour le dosage du taux butyreux et azoté.

III. Les matières utiles : taux butyreux et taux protéique.

Pour un éleveur, les deux caractéristiques principales qui font la qualité du lait de ses vaches sont : (Anonyme 1)

- Le taux de matière azoté totale également appelé le taux protéique.
- Le taux de matière grasse appelé également le taux butyreux.

Ces deux matières sont les composants les plus étudiés en termes de gestion et de revenus pour les producteurs, d'orientation pour la recherche, la génétique et l'alimentation animale (Pougheon, 2001).

Ces deux taux varient en fonction de la race, de la génétique, du stade de lactation et de l'alimentation (Anonyme 2).

En moyenne, le taux butyreux varie entre 3,5 et 4,5% (35 à 45 gr/kg de lait), tandis que le taux protéique varie entre 3,1 et 3,8% (31 à 38gr/kg de lait). Le lait standard contient 4,0% de matière grasse et 3.2% de matière protéique (Anonyme 2).

Le taux butyreux est élevé durant le 1^{er} mois de lactation (1^{er} contrôle) puis descend (2^{ème} contrôle) et remonte après le 3^{ème} ou 4^{ème} mois de lactation. Le taux protéique est élevé à la 1^{ère} semaine puis décroît pour atteindre un minimum vers le 2^{ème} mois de lactation (phénomène de dilution au pic) et remonte progressivement jusqu'au 10^{ème} mois de lactation d'environ 1g/kg/mois. « Le TP mini » (taux protéique minimal enregistré sur les trois premiers contrôles laitiers) semble être un critère pertinent d'appréciation de la couverture des besoins énergétiques en début de lactation (Bedouet, 1994 ; Ennuyer, 1994 ; Martinot, 2006).

Chapitre III : Évaluation du bilan énergétique de la vache laitière.

La balance énergétique est définie comme l'énergie nette consommée moins l'énergie requise pour l'entretien et la production (Lamb, 2002).

Selon Wattiaux (2004), plusieurs indicateurs peuvent être utilisés pour apprécier le bilan énergétique, les plus importants sont :

- La notation de l'état corporel.
- Les paramètres biochimiques.

Bilan énergétique évalué par la notation de l'état corporel :

I. Définition :

La notation de l'état corporel est une méthode d'évaluation empirique de la quantité de tissu adipeux dont dispose un animal (Earle, 1985 ; Otto et *al.*, 1991 ; Waltner et *al.*, 1993 ; Wildman et *al.*, 1982 ; Chilliard et *al.*, 1987 ; Rodenburg, 1996 ; Boisclair et *al.*, 1987 ; Edmonson et *al.*, 1989). C'est une méthode de mesure fiable pour estimer le statut nutritionnel d'un troupeau de vaches (Lamb, 2002 ; Garcia et Hippen, 2008).

II. Importance :

La notation régulière de l'état corporel est recommandée en tant que moyen d'évaluation du bilan énergétique (Heuer et *al.*, 1999). La simple notation de l'état corporel peut contribuer de manière significative à la bonne gestion d'un troupeau bovin laitier. Son évaluation nous permet de vérifier la condition de chaque vache à chaque période de son cycle de lactation afin de modifier les régimes alimentaires en vue de corriger les insuffisances, de manière à maximiser la production laitière et minimiser les désordres reproductifs (Defra, 2001).

Cette méthode couramment employée a l'avantage d'être peu coûteuse en investissement et donc plus adaptée au travail du terrain (Ferguson, 2002). Sa fiabilité reste supérieure à celle de la pesée et de la barymétrie, qui comportent un certain nombre d'inconvénients :

➤ La bascule pèse-bétail pour la mesure du poids est encombrante, coûteuse et difficile à transporter. En outre, le poids de l'animal ne suffit pas à lui seul à donner une idée exacte de son état général. En effet, un animal de grand format accusant un déficit de réserves corporelles peut peser plus lourd qu'un animal de petit format ayant d'importantes réserves corporelles. La gestation, la parturition et les fluctuations du contenu du tube digestif peuvent entraîner d'importantes variations du poids vif et fausser l'appréciation de l'état corporel (Vall et Bayala, 2004).

➤ La barymétrie permet d'estimer le poids vif de l'animal le plus souvent, par la mesure de son périmètre thoracique et par une équation de prévision adaptée à la race concernée. Cette méthode donne une assez bonne estimation du poids vif, mais avec une incertitude de l'ordre de 10 % sur le véritable poids d'un individu moyen adulte, soit environ 25 à 30kg. De plus, elle fait appel à la contention des animaux et les résultats obtenus varient avec la posture, l'emplacement et la tension du mètre ruban, l'épaisseur du pelage (Vall et Bayala, 2004).

D'une manière générale, la notation de l'état corporel constitue un outil de terrain efficace, fiable, rapide et peu coûteux, permettant à l'éleveur, au technicien ou au vétérinaire d'évaluer les réserves lipidiques de l'animal, reflet de son statut énergétique à un moment donné, mais aussi, par l'obtention de profils d'état corporel, une approche dynamique des variations de la balance énergétique (Bosio, 2006).

III. Conditions de notation :

Pour une bonne notation de l'état corporel des animaux, il faut respecter et vérifier un certain nombre de critères (Lensink et Leruste, 2006) :

- L'environnement de l'animal : la notation doit être effectuée dans de bonnes conditions d'éclairage, que cela soit en bâtiment ou au pâturage. Un mauvais éclairage peut atténuer les effets de relief et donc fausser le jugement. De même, la position de la vache jouera sur l'appréciation. Ainsi, il faut privilégier l'observation des vaches quand elles sont debout avec les quatre membres au même niveau.
- La condition de l'animal : il faut tenir compte du fait qu'on aura tendance à « surnoter » une vache peu grasse mais musclée. La variabilité des contenus digestifs et utérins peuvent jouer sur l'appréciation, car ils influencent l'aspect du creux du flanc : un animal à jeun, efflanqué, risque d'être juger maigre. Les conditions de poils sont à considérer également, car elles peuvent gêner la notation (poil piqué, dressé...ou lisse ou ras).
- L'état physiologique de l'animal : il est relativement difficile de bien juger une vache autour du vêlage. Une vache prête à vêler qui s'est déjà « cassée » ou une vache juste après vêlage dont les ligaments sont encore distendus, nécessite un maniement en plus de l'observation visuelle.

IV. Méthode de détermination :

La méthode et les critères d'évaluation de l'état corporel chez la vache laitière ont été déterminés puis adaptés. La note d'état corporel est attribuée à l'animal sur la base de l'apparence des tissus recouvrant des proéminences osseuses des régions lombaire et caudale.

Plus précisément, les zones anatomiques évaluées comprennent les processus transverses et épineux des vertèbres lombaires, les tubérosités iliaques (pointe de la hanche) et ischiatiques (pointe de la fesse), le détroit caudal, la base de la queue et la ligne du dos. La couverture tissulaire peut être estimée par la palpation et/ou l'inspection visuelle (Ferguson et *al.*, 1994). Étant donné que les os des ischions et des hanches, l'épine dorsale et l'extrémité des vertèbres lombaires sont dépourvus du tissu musculaire, toute masse corporelle visible ou palpable est constituée de peau et de dépôts adipeux (Rodenburg, 1996 ; Lensink et Leruste, 2006). Vu que la longueur et l'aspect du poil peuvent être différents selon les individus, la palpation manuelle de ces régions permet habituellement de réaliser une meilleure estimation que la simple inspection visuelle (Hanzen, 2000).

Il existe plusieurs systèmes de notation :

- Celui dont l'échelle varie de 1 (état émacié) à 10 (état obèse) (Roche et *al.*, 2004).
- Celui qui est le plus couramment utilisé et dont l'échelle varie de 1 à 5 (Wildman et *al.*, 1982; Ferguson et *al.*, 1994). La vache extrêmement maigre reçoit une note de 1 et la vache extrêmement grasse (obèse) reçoit une note de 5 (Wattiaux, 2006).

Des valeurs exprimées en demi et en quart d'unités pouvant également être attribuées (Wattiaux, 1996).

D'après des études menées par l'INRA de France, une variation de 1 point de note (sur une échelle de 0 à 5) correspond à 30-35kg de lipides chez un animal de 600kg (Lensink et Leruste, 2006) et représente environ 56kg de variation de poids corporel (Ferguson, 2001).

Les différents indices d'après Rodenburg, 1996 sont :

Indice 1 (figure n°3) :

La vache est émaciée. Les extrémités des vertèbres lombaires sont pointues au toucher et elles donnent à la longe l'aspect d'une planche à laver. Les vertèbres individuelles sont proéminentes. Les os de la hanche et les ischions sont également saillants. Les régions des trochanters et des cuisses sont creuses et incurvées vers l'intérieur. La région anale est reculée et pousse la vulve en saillie.

Figure N°3 : Indice 1 (vache émaciée).



Indice 2 (figure n°4 et 5) :

Cette vache est maigre. On peut sentir les extrémités des vertèbres lombaires au toucher mais, tout comme l'épine dorsale, elles sont nettement moins proéminentes. L'aspect en surplomb ou effet de planche à laver commence à s'effacer. Les os de la hanche et les ischions sont saillants, mais entre eux la dépression de la région des trochanters est moins prononcée. La région entourant l'anus est moins enfoncée, et la vulve moins saillante.

Figure N°4 : Indice 2.

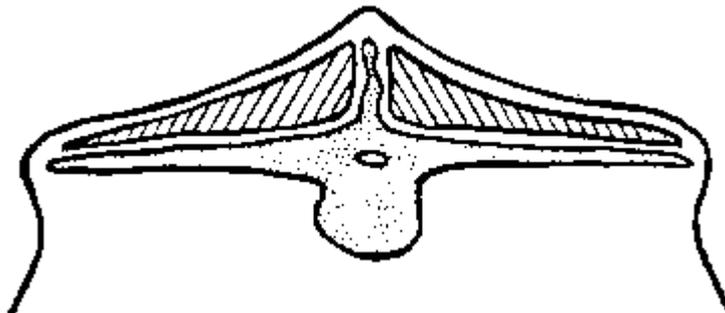


Figure N°5 : Indice 2 (vache maigre).



Indice 3 (figure n°6 et 7) :

Cette vache est en bon état de chair. On peut sentir l'extrémité des vertèbres lombaires en appliquant une légère pression. L'aspect en surplomb de ces os est disparu. L'épine dorsale prend la forme d'une crête arrondie. Les hanches et les ischions sont arrondis, sans aspérités. La région anale est remplie mais ne montre aucun indice de dépôts adipeux.

Figure N° 6 : Indice 3.

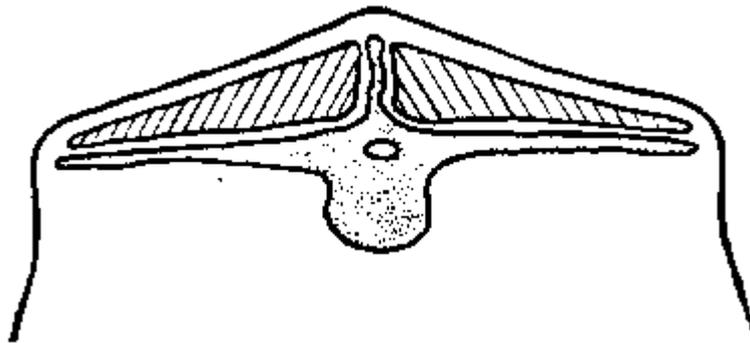
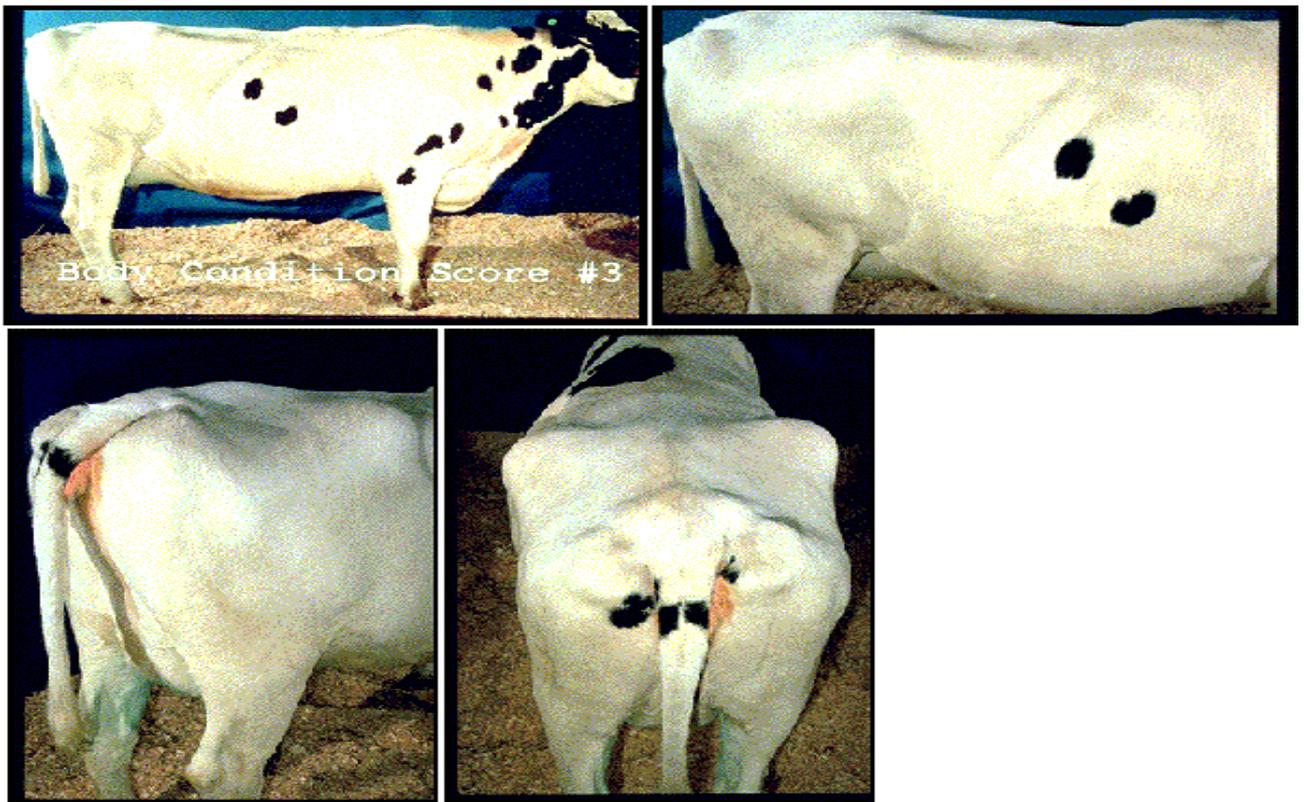


Figure N°7 : Indice 3 (vache en bon état de chair).



Indice 4 (figure n°8 et 9) :

Cette vache est en état de chair «lourd». On ne peut sentir les extrémités des vertèbres lombaires que par une pression très ferme. L'ensemble est arrondi et l'aspect en surplomb n'existe plus. L'échine, arrondie, s'aplatit dans les régions de la longe et de la croupe. Les os de la hanche ne présentent aucune aspérité et l'espace entre ces os et l'épine dorsale est plate. La région entourant les ischions commence à montrer des dépôts de gras localisés.

Figure N°8 : Indice 4.

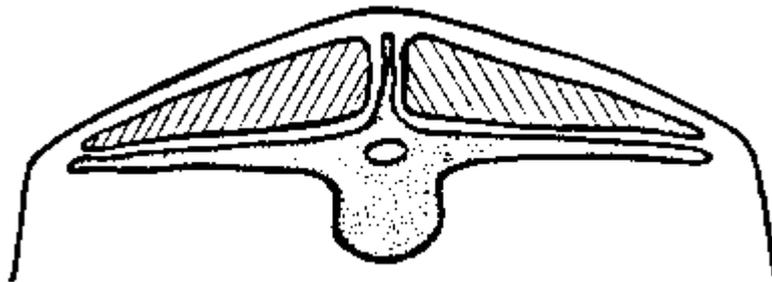


Figure N°9 : Indice 4 (vache en état de chair lourde).



Indice 5 (figure n°10 et 11) :

Cette vache est grasse. L'épine dorsale, les os des ischions et des hanches, ainsi que les vertèbres lombaires ne sont plus apparents. Les dépôts adipeux sont évidents autour de l'attache de la queue et sur les côtes. Les cuisses vont en s'évasant, la poitrine et les flancs sont alourdis et l'échine est très arrondie.

Figure N°10 : Indice 5.

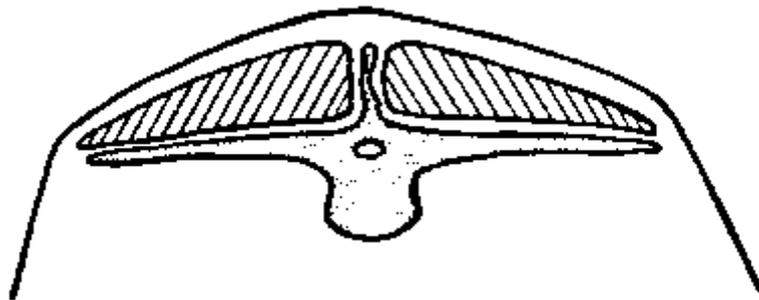
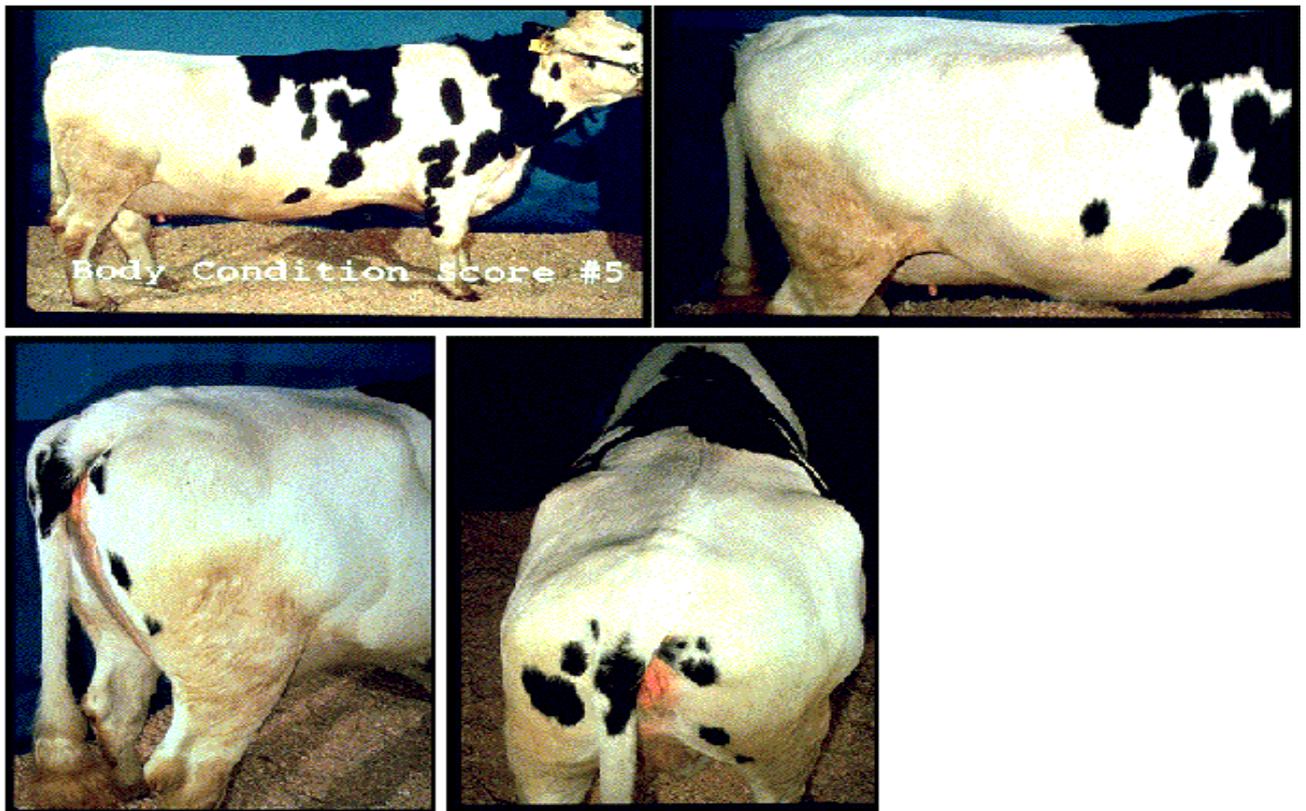


Figure N°11 : Indice 5 (vache grasse).



V. Les moments d'évaluation :

Compte tenu des variations importantes que subissent les réserves corporelles de la vache laitière au cours du cycle de lactation, l'état corporel doit idéalement être évalué à cinq reprises (Hanzen, 2008) :

- Au moment du vêlage : l'obtention d'un état corporel optimal au moment du vêlage doit constituer un objectif prioritaire pour l'éleveur des vaches laitières. Des valeurs comprises entre 2.5 et 3.5 et entre 3.0 et 4.0 ont été recommandées respectivement pour les primipares et les multipares (Adas, 2001).
- Au début de lactation : c'est-à-dire lors du contrôle de l'involution utérine (J20-J40 du post-partum) voire de la première insémination (vers J60 du post-partum) (Hanzen, 2008). Des valeurs comprises entre 2.0 et 2.5 chez les primipares et entre 2.0 et 3.0 chez les multipares ont été recommandées (Defra, 2001 ; Hanzen et Castaigne, 2004). Toutefois, il semble qu'une perte d'état corporel inférieure à un point est préconisée (Enjalbert, 2003).
- Au milieu de la lactation : le moment de cette évaluation correspond généralement à celui de la confirmation manuelle de la gestation (J100-J150 du post-partum) (Hanzen, 2003). La vache doit récupérer la perte enregistrée au début de lactation. L'état corporel doit être compris entre 2.5 et 3.0 (Adas, 2001 ; Hanzen et Castaigne, 2004).
- A la fin de lactation : 100 à 60 jours avant le tarissement, l'état corporel doit être compris entre 3.0 et 3.5 (Hanzen, 2003). L'évaluation des animaux à cette période est importante car elle permet à l'éleveur d'ajuster préventivement l'état corporel de ses animaux en vue du tarissement (Hanzen et Castaigne, 2004).

- Au moment du tarissement : la note d'état corporel devrait être située entre 3.0 et 4.0, c'est-à-dire comparable aux valeurs observées au moment du vêlage (Hanzen et Castaigne, 2004 ; Rodenburg, 1996). Pendant cette période, la vache ne devrait ni engraisser, ni maigrir si elle était en bon état corporel avant le tarissement (Serieys, 1997).

La figure ci-dessous représente l'évolution optimale de la note d'état corporel chez les primipares et les multipares au cours d'un cycle de production.

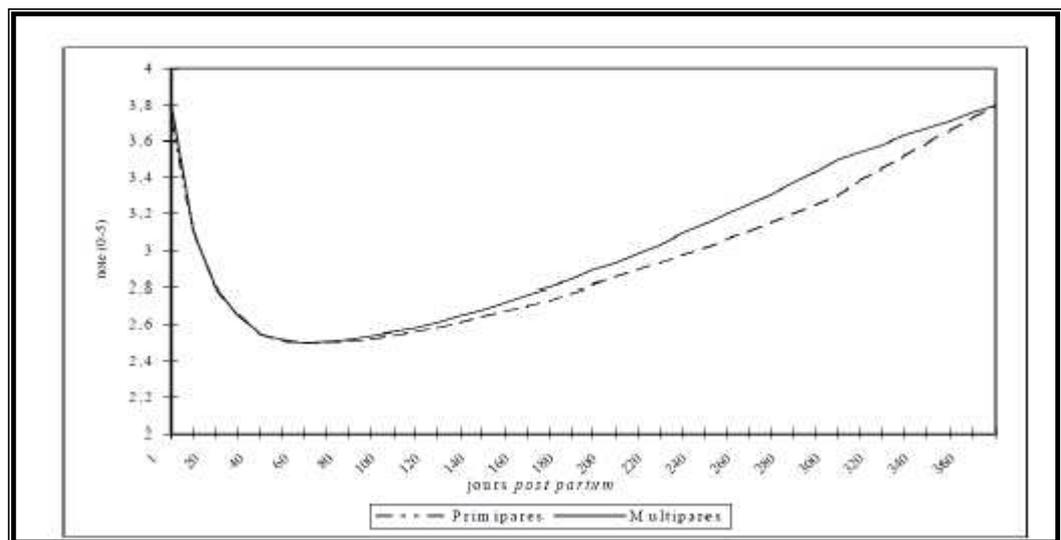


Figure N°12 : Évolution optimale de l'état corporel au cours du cycle de production (Kerouanton, 1993).

VI. Production laitière et note d'état corporel :

VI.1. Niveau de production et note d'état corporel :

La note d'état corporel et la production laitière en début de lactation sont corrélées négativement (Ponter, 2003) (figure N°13). La raison principale étant l'appétit faible de la vache. Les vaches les plus hautes productrices ont des notes d'état corporel plus basses (Pryce et *al.*, 2006) ou perdent plus d'état corporel (Heuer et *al.*, 1999 ; Loeffler et *al.*, 1999) tandis que les vaches moins bonnes productrices peuvent même gagner de l'état en début de lactation (Gearhart et *al.*, 1990).

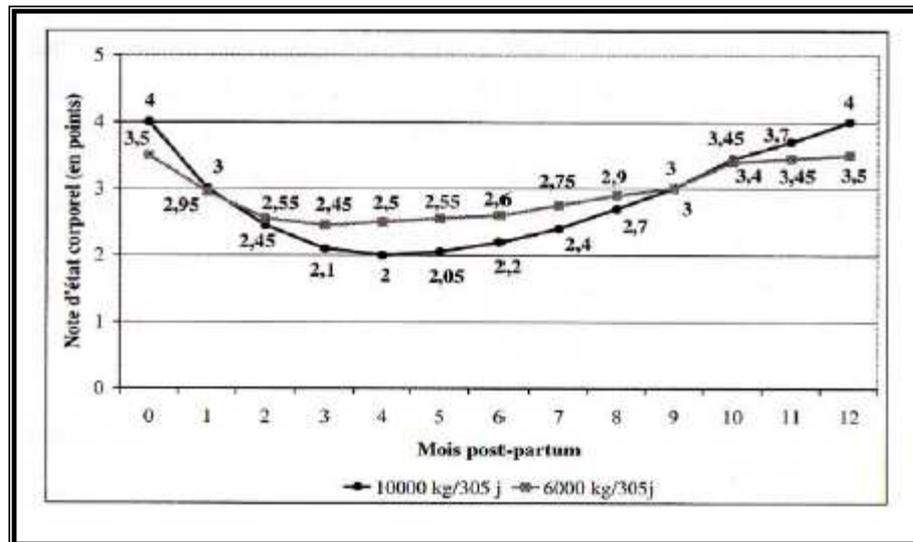


Figure N°13 : Évolution de la note d'état corporel en fonction du niveau de production (Ponter, 2003).

Une autre étude met en évidence, par contre, une relation favorable entre la production laitière (surtout le taux de matière grasse) et l'augmentation de la note d'état corporel, un tel effet se maintient jusqu'à 100 jours de lactation (Grainger et *al.*, 1982 ; Gerloff, 1987). Il s'agit plutôt d'un groupe de vaches suralimentées au tarissement de façon à accroître leurs réserves corporelles. La mobilisation des réserves de ces dernières est accompagnée d'un taux d'AGNE sanguin élevé, AGNE captés par la mamelle et utilisés comme matière première du TB (Gerloff, 1987). La majorité des travaux montrent une relation favorable et significative entre la note d'état corporel au vêlage et la production laitière en début de lactation (Waltner et *al.*, 1993 ; Markusfeld et *al.*, 1997 ; Contreras et *al.*, 2004).

La probabilité d'observer des profils de perte d'état élevée ou d'état insuffisant est diminuée pour une production au pic moyenne, par rapport à une production élevée associée à un pic tardif (Ponsart et *al.*, 2007).

VI.2. Note d'état corporel et les taux utiles de lait (TB et TP) :

L'évaluation du déficit énergétique en début de lactation passe traditionnellement par la notation d'état corporel mais le TB et le TP sont des paramètres à ne pas négliger. Il est suggéré que le TB soit utilisé comme indicateur de la balance énergétique en début de lactation et le décroissement étant fortement corrélé avec l'intensité du pic du déficit

énergétique (DeVries et Veerkamp R.F., 2000). La notion de « TP mini » est de plus en plus retenue dans ce but (Martinot, 2006). Il existe une liaison hautement significative entre le TP et la note d'état corporel (Enjalbert, 2003). Les profils d'état insuffisants sont fréquemment associés à des TP au pic inférieurs à 28gr/l (inférieur à 27gr/l chez les primipares) (Ennuyer, 1994 ; Ennuyer, 2002 ; Ponsart et *al.*, 2007).

Les TB sont aussi de bons indicateurs de l'évolution de l'état corporel des animaux. Le TB1 (taux butyreux au 1^{er} contrôle) reflète l'intensité de la lipomobilisation en début de lactation (Ennuyer, 1994 ; Ennuyer, 2002). Une vache en état insuffisant au moment de la mise-bas n'aura pas la possibilité de libérer beaucoup d'acides gras, ce qui entraîne un TB1 peu élevé. Son amaigrissement ne pouvant se poursuivre très longtemps, le TB2 sera très bas, surtout si la reprise d'appétit est lente (Ennuyer, 1994).

Une vache grasse au moment du vêlage (note \geq 4.5) libère beaucoup d'acides gras dans la circulation sanguine, le TB1 sera élevé. L'amaigrissement est important et se prolonge du fait de la reprise tardive de l'appétit, le TB2 reste élevé d'autant plus que la production est insuffisante (phénomène de concentration) (Ennuyer, 1994 ; Ennuyer 1998).

Bilan énergétique évalué par le profil biochimique :

Si la biochimie clinique est utilisée à l'échelle de l'individu pour confirmer ou infirmer une hypothèse de diagnostic, les profils biochimiques servent plutôt à évaluer l'état métabolique et/ou nutritionnel d'un groupe d'animaux (Whitaker, 2004 ; Whitaker et *al.*, 2004). Ce test métabolique peut être utilisé en parallèle avec les méthodes traditionnelles pour contrôler le statut nutritionnel des vaches laitières comme l'estimation diététique, l'analyse fourragère, la notation d'état corporel et l'examen de la qualité du lait (Macrae et *al.*, 2005), et a l'avantage d'être plus rapide par rapport aux autres moyens qui peuvent prendre des semaines ou des mois pour être changés (Macrae et *al.*, 2006). Cependant, les facteurs de variation des constituants du sang sont nombreux et devraient être considérés avec précaution (lieu de prélèvement, matériel utilisé, stress ...) (Schelcher et *al.*, 1995).

Si les valeurs usuelles sont établies pour chaque paramètre sanguin, il convient d'interpréter les valeurs obtenues non seulement en les comparant à des valeurs usuelles, mais aussi en les confrontant au stade physiologique, l'âge de l'animal, son niveau de production, l'ingestion des nutriments ... (Lee et *al.*, 1978). En effet, la vache en début de lactation passe par une phase de changements importants, qui lui arrivent pendant les premières semaines après vêlage et qui ont une grande influence sur la productivité ultérieure incluant la future efficacité de la fertilité (Whitaker, 2004).

Plusieurs paramètres biochimiques plasmatiques ont été proposés en complément du bilan énergétique ou de la notation de l'état corporel pour caractériser le statut énergétique comme le glucose, le cholestérol, les acides gras non estérifiés et les corps cétoniques (Reksen et *al.*, 2002 ; Roche et Diskin, 2000).

I. La glycémie :

Chez les bovins, le glucose sanguin est produit par le foie à partir de propionate, de lactate et de certains acides aminés. Cependant, en cas d'excès de concentré riche en amidon dans la ration alimentaire, une partie de l'amidon peut atteindre l'intestin et le glucose formé à partir de la digestion intestinale de l'amidon est absorbé et transporté au foie (Wattiaux et Armentano, 2005).

La glycémie est une mesure sensitive de la balance énergétique (Lebeda, 1983 ; Whitaker, 2004 ; Miettinen, 1991). Elle est positivement corrélée avec cette dernière (Harrison et *al.*, 1990 ; Beam et Butler, 1997), mais elle n'est pas corrélée à la note d'état corporel au vêlage (Pedron et *al.*, 1993).

Les valeurs usuelles chez les bovins sont inférieures à celles des monogastriques. La glycémie normale se situe entre 0.4 et 0.7gr/l soit entre 2.2 et 3.9 mmol/l (Brugère-Picoux, 1995). Cependant, il est nécessaire de toujours tenir compte de la production laitière et du stade physiologique de la vache dans l'interprétation des résultats d'une valeur de glycémie (Vagneur, 1996 et Verrièle, 1994). Ainsi, au tarissement la glycémie reste stable ou augmente légèrement (Kunz et *al.*, 1985) jusqu'à trois jours pré-partum où elle commence à augmenter,

et puis, un jour avant le vêlage il y a une augmentation significative qui peut être expliquée par l'augmentation de la concentration plasmatique des glucocorticoïdes (Zhang *et al.*, 2002).

Cependant pour d'autres, la concentration plasmatique de glucose diminue exponentiellement à l'approche de la parturition reflétant l'augmentation des besoins de fœtus et de la glande mammaire pour le glucose, un jour avant le vêlage, la glycémie augmente en pic (possibilité de changement hormonal de vêlage avec augmentation des catécholamines et glucocorticoïdes) (Vazquez-Anon *et al.*, 1994).

En début de lactation, plusieurs études mentionnent une diminution de la glycémie ce qui reflète le déficit énergétique (Dale *et al.*, 1979 ; Harrison *et al.*, 1990 ; Vazquez-Anon, 1994 ; Ingvarlsen et Andersen, 2000 ; Van Winden et Kuiper, 2003 ; Tillard, 2007) :

- Un taux moyen de glucose sérique de 3.10 ± 0.2 mmol/l est considéré comme valeur de référence chez la vache laitière en début de lactation selon Tremblay (2005).
- 0.5 à 0.6 gr/l soit 2.75 à 3.3mmol/l est considéré comme valeur de référence en début de lactation selon Radigue (2004).
- 0.4 à 0.65 gr/l soit 2.1 à 3.1 mmol/l, est considéré comme valeur de référence en début de lactation selon Aubadie-Ladrix (2003).
- 0.5 à 0.7 gr/l, est considéré comme valeur de référence en début de lactation selon Vagneur (1992).

En général, la concentration plasmatique de glucose est la plus basse durant la première semaine de lactation (Dale *et al.*, 1979), elle diminue de 25%, mais en deuxième semaine, elle commence à augmenter. Cette augmentation peut être expliquée par la reprise de l'ingestion de la matière sèche et donc par une amélioration du statut énergétique de la vache (Vazquez-Anon *et al.*, 1994).

En pleine lactation, la mesure des paramètres biochimiques donne généralement des résultats qui sont équivalents aux valeurs usuelles. Le métabolisme est moins sollicité, les apports sont à la hauteur des besoins. La glycémie moyenne est alors de 3.36 mmol/l (Isler, 2007).

II. La cholestérolémie :

Le cholestérol circulant dans le sang a une double origine (Kerr, 2002) :

- Il est absorbé au niveau de l'intestin : origine alimentaire.
- Comme il peut être synthétisé au niveau du foie, l'intestin, les surrénales, les ovaires, la peau et le système nerveux : origine endogène.

Sa concentration plasmatique est un paramètre intéressant à plus d'un titre. Il reflète à la fois l'équilibre énergétique (corrélation positive) mais en plus c'est le principal précurseur des hormones stéroïdes et sa variation semble liée au fonctionnement du foie et du système reproductif (Huszenicza et *al.*, 1988 ; Lean et *al.*, 1992; Westwood et *al.*, 2002), et il est considéré par certains auteurs comme un indicateur de la capacité de la vache à mobiliser ses réserves de graisse pour la production laitière (Ingraham et Kappel, 1988) (corrélation négative entre les valeurs de cholestérol et la perte d'état corporel et corrélation positive avec la production laitière au cours des 100 premiers jours de lactation) (Ruegg et *al.*, 1992).

La concentration plasmatique du cholestérol augmente avec l'âge (valeurs plus élevées chez la vache que chez la génisse) (Arave et *al.*, 1975). La cholestérolémie est plus élevée chez les vaches en 2^{ème} lactation par rapport aux autres rangs (Kappel et *al.* 1984).

Jusqu'au jour qui précède le vêlage, sa concentration montre une diminution progressive et puis une augmentation en pic le jour de vêlage (Zhang et *al.*, 2002). Selon Nakagawa et kato (1998), la concentration plasmatique du cholestérol d'une vache tarie en bonne santé est de 3.31 ± 0.49 mmol/l.

En début de lactation, le cholestérol total augmente à 4.98mmol/l à la 6^{ème} semaine et à un mois du post-partum, il est légèrement au dessus des valeurs usuelles (Isler, 2007). Un taux moyen de cholestérol total sérique de 3.33±0.50 mmol/l est considéré comme valeur de référence chez la vache laitière en début de lactation (Tremblay, 2005).

III. Les acides gras non estérifiés (AGNE) :

Ce sont des substrats d'oxydation, libérés par le tissu adipeux et utilisés par plusieurs tissus comme source d'énergie en période de balance énergétique négative (Grummer et al., 2004). Ses valeurs plasmatiques permettent de juger la lipomobilisation et elles sont négativement corrélées avec la balance énergétique (Leblanc, 2006 ; Harrison et al., 1990 ; Meurant, 2004).

Les valeurs usuelles sont comprises entre 0.03 et 0.1gr/l (Brugère-Picoux, 1995) ou entre 0 et 0.8mmol/l (Van Winden et al., 2003). Chez les vaches nourries au tarissement selon les recommandations, entre 6 et 2 semaines pré-partum les AGNE passent de 0.13 à 0.17mmol/l. Généralement, sa concentration plasmatique reste constante entre 90 et 207jours de gestation puis elle augmente progressivement jusqu'à 2 jours avant le vêlage, ensuite il y a une augmentation tranchante le jour qui précède la parturition (Zhang et al., 2002). Cette augmentation peut être due au stress de vêlage (Bacic et al., 2006) et à un déficit énergétique déjà installé avant le vêlage (Zhang et al., 2002).

Les AGNE avec leur valeur maximale au vêlage diminuent jusqu'à 0.26mmol/l six semaines après, et à un mois du post-partum ils ne dépassent pas 0.30mmol/l chez une vache normale (Holtenius, 1989). Dans une autre étude, les AGNE sont à 0.2mmol/l à un mois de lactation et continuent à diminuer jusqu'à des valeurs inférieures à 0.1mmol/l (Grum et al., 1996).

D'autres auteurs rapportent des valeurs moyennes des concentrations en AGNE en début de lactation de 0.336mmol/l (Oikawa et al., 1997). Une augmentation importante des

AGNE dans les semaines qui précèdent le vêlage est associée à une diminution de la production laitière (Duffield, 2000).

IV. Les béta-hydroxybutyrates (BHB) :

L'acéto-acétate, le béta-hydroxybutyrate et l'acétone sont les trois corps cétoniques qui peuvent constituer une source alternative d'énergie chez les bovins, grâce à leur solubilité et leur capacité à pénétrer facilement dans les cellules (Horton *et al.*, 1993 ; Faulconnier *et al.*, 1999).

Le béta-hydroxybutyrate est formé grâce à une suite de réactions partant du butyrate, au moment de son absorption au niveau des papilles du rumen (Bruss, 1997). Les corps cétoniques sont aussi synthétisés par le foie au niveau de la matrice mitochondriale des hépatocytes. L'oxydation d'une grande quantité d'acides gras produit une grande quantité d'Acétyl Co-A. Ce dernier est prioritairement utilisé par le cycle de Krebs (respiration mitochondriale), mais lorsque ce dernier est saturé l'excédent forme l'acéto-acétate qui est ensuite converti en béta-hydroxybutyrate et en acétone (Bruss, 1997).

Il existe aussi une autre source des corps cétoniques, les acides aminés cétoniques issus du catabolisme protéique. Il s'agit de leucine, du tryptophane, de la tyrosine et de la phénylalanine (Bareille et Bareille, 1995).

La concentration plasmatique des BHB est positivement corrélée avec la concentration des AGNE mais négativement corrélée avec la balance énergétique (Harrison *et al.*, 1990).

La valeur moyenne des BHB au tarissement est de 0.383 ± 0.155 mmol/l (Nagakawa et Katoh, 1998), elle a tendance à diminuer de 0.2 mmol/l à presque 0 deux semaines avant le vêlage, puis l'augmentation est très rapide dans les deux dernières semaines de gestation jusqu'à 1.5 mmol/l le jour de vêlage (Grum *et al.*, 1996). La concentration plasmatique des BHB est plus élevée en post-partum qu'en pré-partum à cause de l'augmentation des besoins énergétiques associés à l'enclenchement de la lactation (Vazquez-Anon *et al.*, 1994).

La valeur moyenne de BHB en début de lactation est variable selon les auteurs :

- 0.32 ± 0.09 mmol/l (Mudron *et al.*, 1997).
- 0.593 ± 0.089 mmol/l (Nakagawa et katoh, 1998).
- 0.316 ± 0.088 mmol/l (Itoh *et al.*, 1998).
- 0.66 ± 0.104 mmol/l (Tremblay, 2005).

En pleine de lactation, la valeur moyenne de BHB plasmatique est de 0.68 mmol/l (Muylle *et al.*, 1990).

L'objectif :

L'étude vise à connaître durant la gestation et en début de lactation le comportement des animaux de races exotiques importés ou nés en Algérie en terme de gestion de leurs réserves corporelles et comprendre leur impact sur l'évolution du taux de protéines et de matières grasses du lait ainsi que la quantité du lait produite. Cela est réalisé à travers le suivi des performances de lactation, de l'évolution de l'état corporel et quelques paramètres biochimiques du métabolisme énergétique chez la vache laitière.

I. Présentation de la ferme :



Figure N°14 : Quelques parties de la ferme (A : Entrée de la ferme, B : Un bâtiment d'élevage vache laitière, C : Culture fourragère) (Photo Laouadi M., 2009).

Le travail a été réalisé à la station expérimentale de l'ITELV (Institut Technique des Élevages) de Baba Ali. Les terres sont situées dans la commune de Birtouta, Wilaya d'Alger, sur l'axe de la route Baba Ali-Chebli.

Superficie : SAT = 453.79Ha.

SAU = 402.30Ha.

Arboriculture = 32.53Ha.

Constructions = 19.26Ha.

II. Durée de l'expérimentation :

La partie pratique s'est déroulée sur une période d'une année (de Décembre 2008 jusqu'à Décembre 2009).

III. Les animaux :

Notre travail a porté sur 28 vaches laitières de race Prim'Holstein (pie noire) et Montbéliarde (pie rouge) dont 14 primipares, 6 vaches en 2^{ème} lactation et 8 vaches en 3^{ème} lactation et plus.

Trois vaches ont été réformées au cours de l'expérimentation pour des considérations liées à l'âge et à des pathologies.



A

B

Figure N°15 : Les animaux de la ferme (**A** : *La race Prim'Holstein*, **B** : *La race Montbéliarde*)

(Photo Laouadi M., 2009).

IV. La conduite expérimentale :

Les différentes étapes de l'expérimentation ont été regroupées dans le schéma suivant :

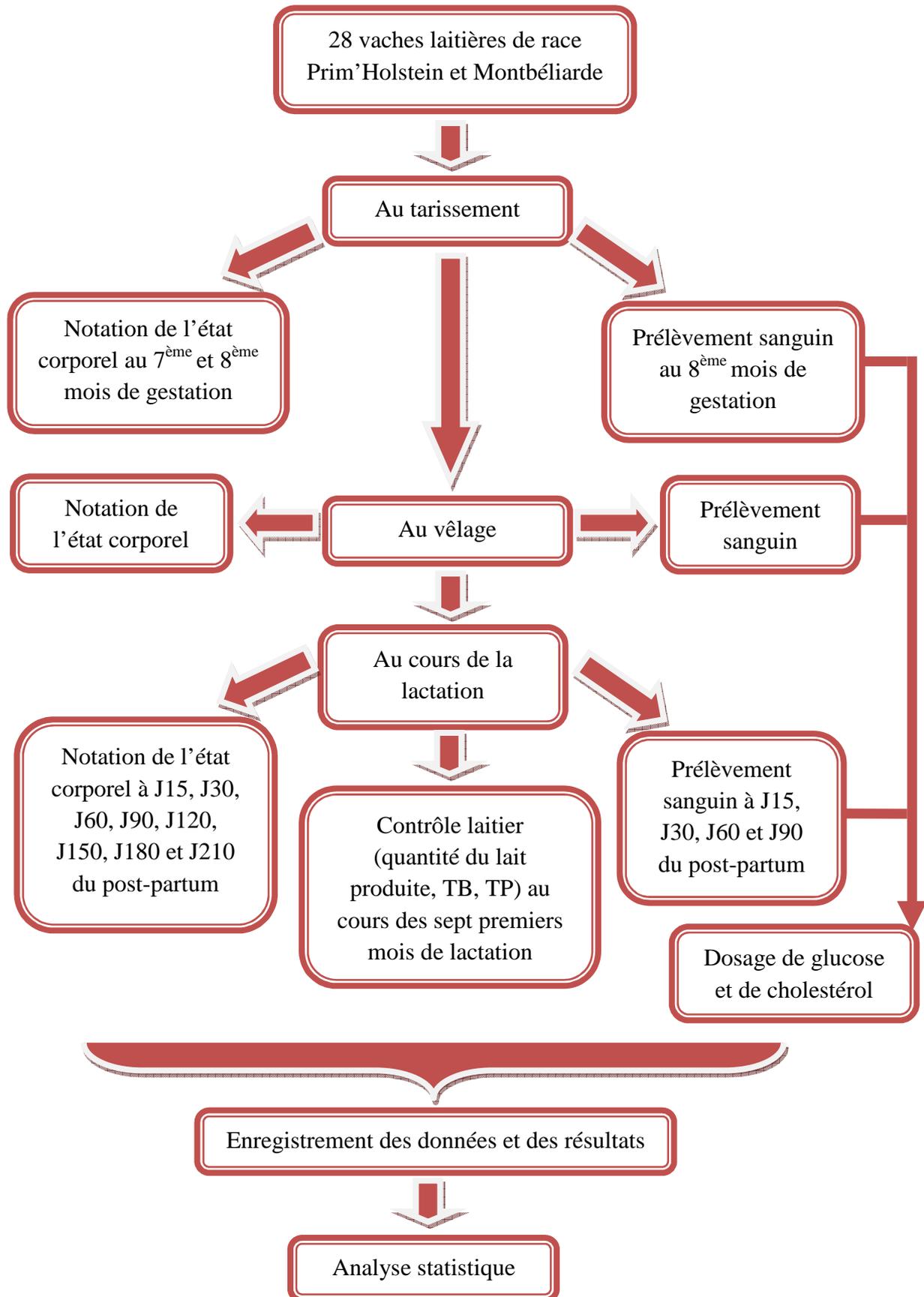


Figure N°16 : Le schéma du protocole expérimental.

V. Méthodes :

V.1. La notation de l'état corporel :

Afin d'évaluer le bilan énergétique au cours d'un cycle de production et plus précisément au cours du péri-partum, 11 notations d'état corporel ont été effectuées : Au cours du tarissement (7^{ème} et 8^{ème} mois de gestation), au moment du vêlage, 15 jours après le vêlage et puis à chaque mois du post-partum jusqu'au 7^{ème} mois de lactation, ce qui correspond aux stades bien précis : tarissement, vêlage, début de lactation, milieu de lactation et fin de lactation.

La méthode utilisée pour apprécier la note d'état corporel est celle décrite par Edmonson et *al.* (1989) qui consiste en une inspection visuelle et/ou palpation manuelle des régions lombaire et caudale.

L'échelle utilisée est celle qui varie de 1 (vache extrêmement maigre) à 5 (vache extrêmement grasse) (Wildman et *al.*, 1982). Pour affiner le système, des 1/2 ou même des 1/4 de point (entre les scores de 2,5 à 4) peuvent être utilisés (Ferguson et *al.*, 1994).

La figure ci-dessous représente l'évolution de la note d'état corporel d'une même vache du tarissement (8^{ème} mois de gestation) jusqu'au 90^{ème} jour du post-partum.



-A-



-B-



-C-



-D-



-E-

Figure N°17 : L'évolution de la note d'état corporel d'une même vache au cours du péri-partum (*A* : au tarissement NEC 3 ; *B* : au vêlage NEC 2.5 ; *C* : J15 du post-partum NEC 1.75 ; *D* : J60 du post-partum NEC 1.5 ; *E* : J90 du post-partum NEC 1.75) (Photo Laouadi M., 2009).

V.2. La production laitière :

L'étude de la production laitière de nos vaches s'est faite par l'analyse des fiches techniques recueillies auprès du service de zootechnie de la station.

L'étude a porté sur :

- Numéro de lactation.
- Mois de lactation.
- Production laitière mensuelle (litre/vache/mois).
- Durée de lactation.

A partir de ces données, nous avons pu reconstituer les courbes de lactation.

Pour les résultats du taux butyreux et protéique, le lait a été recueilli de façon mensuelle après le vêlage et les dosages ont été faits au niveau du laboratoire central de la station comme c'est montré dans la figure n°18.



Figure N°18 : Quelques échantillons destinés pour l’analyse du lait (Photo Laouadi M., 2009).

V.3. Le profil métabolique :

V.3.1. Prélèvements du sang :

Les prélèvements sanguins ont concerné tous les animaux de notre effectif à savoir les génisses, les primipares et les multipares. Ces prélèvements ont été effectués à plusieurs reprises, en même temps que la notation de l’état corporel :

- Au tarissement : 8^{ème} mois de gestation.
- Au vêlage.
- À J15 du post-partum.
- À J30 du post-partum.
- À J60 du post-partum.
- À J90 du post-partum.

V.3.2. Technique de prélèvement :

Les prélèvements ont été effectués à jeun à l'aide d'une aiguille de type vacutainer à usage unique, au niveau de la veine jugulaire après une aseptie locale et une bonne contention de la vache. Deux tubes sous vides de type vacutainer ont été utilisés : un tube hépariné et un tube EDTA.

Les prélèvements sont ensuite transportés immédiatement à l'aide d'une glacière au laboratoire central de la station pour la centrifugation.

Les différentes manipulations réalisées pour le prélèvement sanguin sont représentées dans la figure n°19.



Figure N°19 : Les différentes étapes de prélèvement du sang (Photo Laouadi M., 2009).

V.3.3. Analyses au laboratoire :

Une fois arrivés au laboratoire central de la station, les prélèvements sont centrifugés 5 minutes à 3000 tours/minute. Le surnageant (plasma) de chaque tube est récupéré à l'aide d'une micropipette avec des embouts à usage unique, puis placé dans des tubes de type eppendorf résistant à la congélation. Ces prélèvements préalablement identifiés avec le numéro de la vache et la date de prise du sang, sont ensuite placés au congélateur jusqu'au jour d'analyse biochimique.

Les analyses biochimiques ont été effectuées au niveau du laboratoire de biochimie de l'École Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger, et ont concerné la glycémie et la cholestérolémie.

Les différentes étapes de la centrifugation et de la récolte du plasma sont présentées dans la figure n°20.



Figure N°20 : La centrifugation et la récolte du plasma (Photo Laouadi M., 2009).

V.3.4. Méthodes de dosage :

Les dosages ont été effectués à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption moléculaire. Avant la réalisation de ces dosages, les échantillons ont été décongelés.

V.3.4.1. Dosage du glucose : Méthode de GOD/POD (glucose oxydase/peroxydase) (SPINREACT, Espagne, fiche technique voir annexe).

- Principe :

Le glucose oxydase (GOD) catalyse l'oxydation du glucose en acide gluconique. Le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) ainsi formé est détecté par le chromogène phénol aminophenazone en présence de la peroxydase (POD).



L'intensité de la couleur observée est proportionnelle à la concentration de glucose de l'échantillon, la lecture se fait à 505nm (490-550nm) et le résultat est calculé selon la formule suivante :

$$\frac{A \text{ Échantillon}}{A \text{ Standard}} \times C \text{ standard} = C \text{ Échantillon (mg/dl)}$$

A : Absorbance à la longueur d'onde de 505nm.

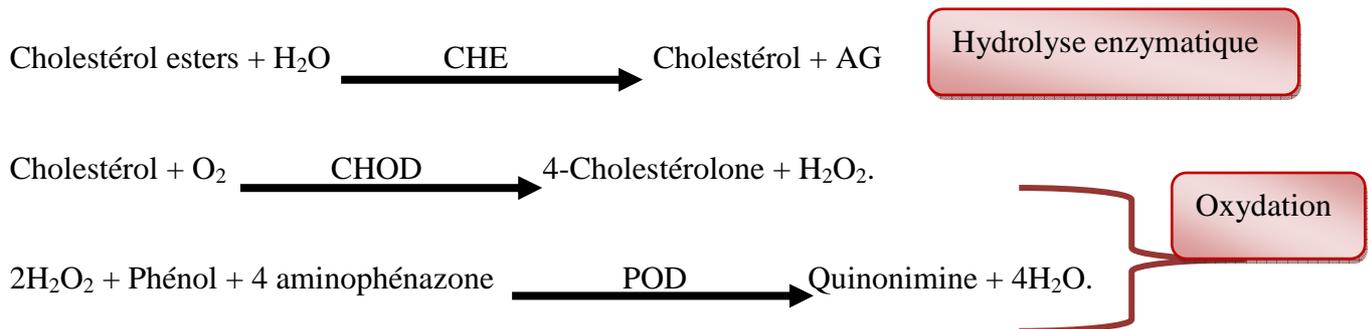
C : Concentration du standard = 100mg/dl

Facteur de conversion : mg/dl \times 0.0555 = mmol/l.

V.3.4.2. Dosage du cholestérol : Test enzymatique colorimétrique (SPINREACT, Espagne, fiche technique voir annexe).

- Principe :

Le cholestérol présent dans l'échantillon est à l'origine d'un complexe coloré selon la réaction suivante :



La lecture se fait à une longueur d'onde de 505nm et le résultat est calculé selon la formule suivante :

$$\frac{A \text{ Échantillon}}{A \text{ Standard}} \times C \text{ standard} = C \text{ Échantillon (mg/dl)}$$

A : Absorbance à la longueur d'onde de 505nm.

C : Concentration du standard = 100mg/dl

Facteur de conversion : mg/dl \times 0.0555 = mmol/l.

Les différentes étapes des manipulations réalisées au laboratoire pour le dosage du glucose et du cholestérol sont présentées dans la figure n°21.



Figure N°21 : Schéma opératoire pour le dosage du glucose et du cholestérol (photo Laouadi M., 2009).

VI. Enregistrement des données et des résultats :

Les données récoltées ainsi que les résultats obtenus sont regroupés dans un fichier Excel (2003) à plusieurs colonnes :

- Numéro d'identification de la vache.
- Race.
- Origine.

- Numéro de lactations.
- Age au premier vêlage.
- Saison de vêlage.
- État corporel (du tarissement au 7^{ème} mois de lactation).
- Production laitière (quantité, MG, MP) pendant les sept premiers mois de lactation.
- Paramètres biochimiques (Glycémie et cholestérolémie) du tarissement jusqu'au 3^{ème} mois de lactation.

A partir de ce fichier global, plusieurs autres fichiers intermédiaires ont été extraits.

VI.1. Variables à expliquer :

Les paramètres mesurés sont :

- La production laitière.
 - Quantité,
 - TB,
 - TP.
- Les paramètres biochimiques du statut énergétique.
 - Glycémie,
 - Cholestérolémie.
- La note d'état corporel.

VI.2. Variables explicatives :

Les principaux facteurs explicatifs de la variabilité des paramètres analysés sont :

- La race (Prim'Holstein et Montbéliarde).
- L'origine (nés localement ou importés).
- L'âge au premier vêlage (moins de 30mois, ≥ 30 mois).
- La parité (primipare ou multipare).
- La saison de vêlage (hiver, printemps ou été).

VI.3. Traitement statistique des données :

Trois types d'analyses statistiques ont été réalisés en utilisant le logiciel SPSS (version 17, 2008) et le Microsoft Office Excel 2003.

➤ L'analyse descriptive :

Pour chaque variable, la moyenne, l'écart type, l'erreur-standard, le minimum et le maximum ont été calculés dans une première étape d'analyse.

➤ Construction du modèle d'analyse statistique :

Avant de commencer l'analyse de la variance, le coefficient d'aplatissement et d'asymétrie ont été calculés afin de vérifier la normalité de la distribution des données.

Dans une première étape de l'analyse, l'ensemble des facteurs pouvant influer sur l'évolution des paramètres suivis ont été retenus dans le modèle général d'analyse de la variance (race, origine, âge au premier vêlage, parité et saison de vêlage) et les interactions de premier ordre entre facteurs ont été introduites. L'effet de l'individu a été considéré comme aléatoire. Dans le modèle général utilisé pour l'analyse de la variance pour les paramètres disposant d'informations répétées nous avons retenu la procédure « mesures répétées » du modèle linéaire général du logiciel SPSS. Pour chaque paramètre les facteurs à effet non significatif sont retirés du modèle si leurs interactions avec les autres facteurs sont aussi non significatives. Pour chaque paramètre analysé (la production laitière et sa qualité, les paramètres biochimiques du statut énergétique et la note d'état corporel des vaches), le même type de modèle est utilisé ; toutefois nous avons gardé uniquement les facteurs et les interactions entre facteurs à effet significatif. Lors de la mise au point des modèles de traitement de la variance, les facteurs retirés du modèle et qui modifient la signification des autres variables sont retenus comme Co-variables dans le modèle d'analyse statistique.

Voici ci-dessous l'équation du modèle d'analyse statistiques conçu dans notre étude :

$$Y_{ijklm} = \text{moyenne} + a_i + b_j + c_k + d_l + e_l + \text{effet aléatoire}$$

Y_{ijklm} : variables à expliquer.

a_i : effet race.

b_j : effet origine.

c_k : effet âge au 1^{er} vêlage.

d_l : effet parité.

e_l : effet saison de vêlage.

De même, l'étude de l'effet des paramètres étudiés entre eux a été réalisée par l'analyse univariée de la variance du logiciel SPSS. Dans ce cas les vaches de notre étude ont été divisées en deux groupes selon le niveau des réserves corporelles :

- 1^{er} groupe : vaches disposant d'une note d'état corporel au tarissement ou au vêlage supérieure à 3.

➤ 2^{ème} groupe : vaches disposant d'une note d'état corporel au tarissement ou au vêlage inférieure ou égale à 3.

➤ **Les tests de corrélation :**

Pour apprécier la relation entre les différentes variables à des périodes bien précises, nous avons calculé le coefficient de régression linéaire (R) ainsi que son seuil de signification en utilisant les corrélations bivariées du logiciel SPSS.

Les représentations graphiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SPSS et du Microsoft Office Excel 2003.

Résultats et discussions :

Nos résultats sont organisés comme suit :

D'abord une étude descriptive des variables retenues lors de la mise en place du protocole expérimental a été réalisée : la note d'état corporel, la production laitière (quantité, taux butyreux et taux protéique), ainsi que deux paramètres biochimiques du statut énergétique (glycémie et cholestérolémie) en fin de gestation et durant la lactation.

Puis, nous avons présenté l'effet des principaux facteurs de variation : Cinq facteurs ont été retenus dans le model d'analyse statistique global pour déterminer leurs effets sur l'évolution des trois variables étudiées :

- La race (Prim'Holstein et Montbéliarde).
- L'origine (nés localement ou importés).
- L'âge au 1^{er} vêlage (moins de 30mois, \geq 30mois).
- La parité (primipare ou multipare).
- La saison de vêlage (hiver, printemps, été).

Enfin, nous avons étudié les relations existantes entre les trois variables et principalement les relations entre celles-ci et la note d'état corporel.

I. Variabilité de la note d'état corporel :

I.1. Étude descriptive :

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau n°1 et la figure n°22. La note d'état corporel au tarissement (7^{ème} et 8^{ème} mois de gestation) est de 3.58 ± 0.44 et 3.48 ± 0.44 respectivement, et correspondent aux normes décrites dans la bibliographie (3.0 à 4.0 selon Gerloff, 1987 ; Rodenburg, 1996 ; Hanzen et Castaigne, 2004 ; Aubadie-Ladrix, 2005).

Au vêlage, une note moyenne d'état corporel de 3.36 ± 0.47 a été obtenue, ce qui correspond aux recommandations décrites par Gerloff, 1987 ; Meissonnier, 1994 ; Enjalbert, 1995 ; Roche et *al.*, 2000 ; Adas, 2001 et Enjalbert, 2003 (3.0 à 4.0).

En début de lactation, la production de lait devient la nouvelle priorité de la vache. Ainsi, l'apport insuffisant d'énergie par l'alimentation, la diminution de la capacité d'ingestion et de l'appétit et le décalage entre le pic d'ingestion de MS et de lactation, font que l'animal épuise ses réserves corporelles pour y faire face (Serieys, 1997). Des valeurs de note d'état corporel comprises entre 2.0 et 2.5 chez les primipares et entre 2.0 et 3.0 chez les multipares ont été recommandées chez la vache en début de lactation (Defra, 2001 ; Hanzen et Castaigne, 2004).

Dans notre étude, à partir du vêlage on assiste à une diminution de la note d'état corporel, qui atteint son seuil inférieur vers 60 jours du post-partum (diminution de 0.8 point, soit environ 24% de NEC) mais qui reste toujours dans les normes (perte de 0.5 à 0.7 point selon Meissonnier, 1994 ; perte \square 1 point selon Gerloff, 1987).

A partir du 2^{ème} mois post-partum, la note d'état corporel commence à se rétablir mais de façon assez progressive jusqu'à arriver à une note de 2.90 ± 0.62 en fin de lactation, se rapprochant ainsi des valeurs recommandées (3-3.5) d'après Hanzen (2003). Pendant cette période (du 2^{ème} au 7^{ème} mois de lactation) c'est-à-dire pendant la 2^{ème} partie de la lactation, la formation des tissus corporels constitue la priorité, une période où les nutriments issus de l'ingestion de la MS couvrent plus que les besoins de la production laitière. Ainsi, des apports

alimentaires excédentaires en énergie sont convertis en tissus corporels, c'est-à-dire pour la constitution ou la reconstitution des réserves graisseuses ; chez les vaches dont la croissance n'est pas terminée, primipares notamment, les nutriments sont orientés aussi pour le développement des tissus par multiplication cellulaire (Serieys, 1997).

Tableau N°1 : Évolution de la note d'état corporel en fin de gestation et durant la lactation.

Mois relatifs au vêlage	N	Min	moyenne±Écart-type	Max	Erreur standard
-2	15	2.75	3.58±0.44	4.00	0.11
-1	27	3.00	3.48±0.44	4.25	0.08
0	27	2.00	3.36±0.47	4.25	0.09
+0.5	27	1.75	3.02±0.53	4.00	0.10
+1	27	1.75	2.79±0.57	3.75	0.11
+2	27	1.50	2.56±0.62	3.75	0.12
+3	27	2.00	2.73±0.54	3.75	0.10
+4	17	2.00	2.69±0.55	3.75	0.13
+5	16	2.00	2.65±0.58	3.75	0.14
+6	16	2.00	2.71±0.61	4.00	0.15
+7	16	2.00	2.90±0.62	4.00	0.15

N : Nombre d'échantillon ; *Min* : Minimum ; *Max* : Maximum ; **-2** : Note d'état corporel au tarissement (7^{ème} mois de gestation) ; **-1** : Note d'état corporel au tarissement (8^{ème} mois de gestation) ; **0** : Note d'état corporel au vêlage ; **+0.5** : Note d'état corporel au 15^{ème} jour du post-partum ; **+1** : Note d'état corporel au 1^{er} mois du post-partum ; **+2** : Note d'état corporel au 2^{ème} mois du post-partum ; **+3** : Note d'état corporel au 3^{ème} mois du post-partum ; **+4** : Note d'état corporel au 4^{ème} mois du post-partum ; **+5** : Note d'état corporel au 5^{ème} mois du post-partum ; **+6** : Note d'état corporel au 6^{ème} mois du post-partum ; **+7** : Note d'état corporel au 7^{ème} mois du post-partum.

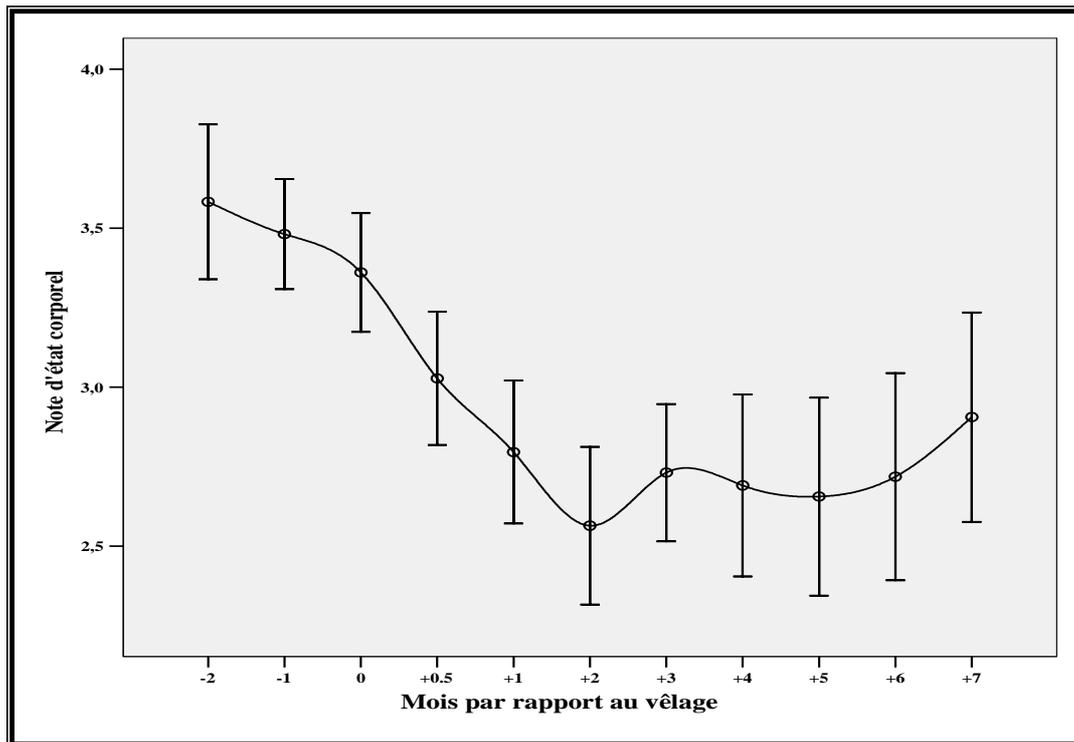


Figure N°22 : Courbe de l'évolution de la note d'état corporel en fin de gestation et durant la lactation (-2 : 7^{ème} mois de gestation ; -1 : 8^{ème} mois de gestation; 0 : au vêlage ; +0.5 : au 15^{ème} jour du post-partum ; +1 : au 1^{er} mois du post-partum ; +2 : au 2^{ème} mois du post-partum ; +3 : au 3^{ème} mois du post-partum ; +4 : au 4^{ème} mois du post-partum ; +5 : au 5^{ème} mois du post-partum ; +6 : au 6^{ème} mois du post-partum ; +7 : 7^{ème} mois du post-partum).

I.2. Étude des facteurs de variation :

D'après les résultats d'analyse de la variance (tableau n°2), seul le facteur race exerce un effet significatif sur l'évolution de la note d'état corporel au cours du péri-partum ($P \leq 0.05$). Une supériorité de mobilisation significative est observée chez la race Prim'Holstein (figure n°23). La note d'état corporel minimale a été enregistrée vers 60 jours du post-partum pour les deux races. Toutefois, la perte est plus importante chez la race Prim'Holstein (diminution de 0.86 point du vêlage jusqu'au J60 du post-partum soit 24.46%) que chez la race Montbéliarde (diminution de 0.55 point soit 13.92%). Ceci peut être expliqué par le fait que la race Montbéliarde est mixte et moins spécialisée dans la production laitière. Du faite de l'effectif réduit de la race montbéliarde, l'étude ultérieure sur l'état corporel porte uniquement sur la race Prim'Holstein.

Le facteur origine ne montre pas un effet significatif ($P \geq 0.05$) (tableau n°2), expliquant que les vaches importées et nées localement présentent le même profil d'état corporel en péri-partum. Concernant le facteur âge au 1^{er} vêlage, Wildman et *al.* (1982) n'ont pas trouvé une influence sur le profil d'état corporel, ce qui s'accorde avec nos résultats ($P \geq 0.05$) (tableau n°2). Pour le facteur parité, Drame et *al.* (1999) montrent qu'il n'y a pas un effet significatif du numéro de lactation sur l'évolution de l'état corporel au cours du post-partum, et ceci est en accord avec nos résultats ($P \geq 0.05$) (tableau n°2) ; tandis que Edmonson et *al.* (1989) ont trouvé que les vaches ayant plusieurs parités ont une note d'état corporel significativement plus élevée que les vaches en début de carrière. Notre étude ne montre non plus aucun effet significatif de la saison de vêlage ($P \geq 0.05$) (tableau n°2), et ce résultat est en accord avec celui de Wildman et *al.* (1982).

Tableau N°2 : Variabilité de l'évolution de la note d'état corporel selon les différents facteurs de variation (Moyenne±Erreur-standard).

Facteurs	N		Mois par rapport au vêlage						P
			-1	0	+0.5	+1	+2	+3	
Race	1	22	3.36±0.06	3.23±0.05	2.86±0.03	2.62±0.04	2.37±0.08	2.58±0.08	0.012
	2	5	4.00±0.13	3.95±0.12	3.75±0.07	3.55±0.09	3.40±0.18	3.40±0.18	
Origine	1	21	3.49±0.09	3.33±0.11	2.97±0.12	2.77±0.12	2.60±0.13	2.77±0.11	0.929
	2	6	3.45±0.16	3.45±0.13	3.20±0.16	2.87±0.24	2.41±0.30	2.58±0.27	
Age au 1^{er} vêlage	1	17	3.50±0.10	3.38±0.12	3.10±0.13	2.80±0.13	2.54±0.16	2.73±0.13	0.670
	2	10	3.45±0.14	3.32±0.13	2.90±0.16	2.77±0.18	2.60±0.18	2.72±0.16	
Parité	1	14	3.57±0.12	3.41±0.15	3.03±0.16	2.82±0.15	2.64±0.17	2.80±0.14	0.658
	2	13	3.38±0.11	3.30±0.09	3.01±0.13	2.77±0.16	2.48±0.17	2.65±0.15	
Saison de vêlage	1	8	3.28±0.14	3.18±0.10	2.93±0.11	2.59±0.22	2.53±0.20	2.84±0.13	0.870
	2	11	3.61±0.13	3.54±0.13	3.27±0.15	3.09±0.14	2.72±0.22	2.81±0.19	
	3	8	3.50±0.14	3.28±0.20	2.78±0.22	2.59±0.17	2.37±0.17	2.50±0.18	

-1 : 8^{ème} mois de gestation ; **0** : Vêlage ; **+0.5** : 15^{ème} jours du post-partum ; **+1** : 1^{er} mois du post-partum ; **+2** : 2^{ème} mois du post-partum ; **+3** : 3^{ème} mois du post-partum ; **Race** (1 : Prim'Holstein, 2 : Montbéliarde) ; **Origine** (1 : Nés localement, 2 : Importés) ; **Age au 1^{er} vêlage** (1 : <30mois, 2 : ≥30mois) ; **Parité** (1 : Primipare, 2 : Multipare) ; **Saison de vêlage** (1 : Hiver, 2 : Printemps, 3 : Été) ; **N** : Nombre d'échantillon.

P < 0.05 : Différence significative.

P > 0.05 : Différence non significative.

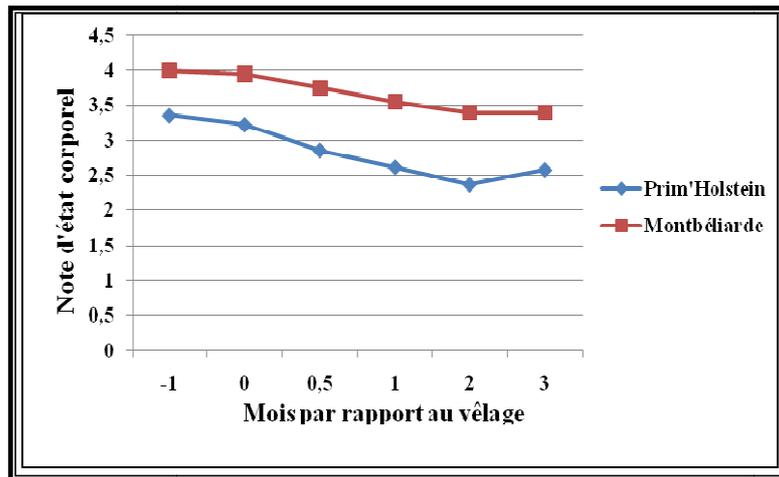


Figure N°23 : Variabilité de l'évolution de la note d'état corporel au cours du péri-partum selon la race (-1 : au 8^{ème} mois de gestation ; 0 : au vêlage ; 0.5 : au 15^{ème} jour du post-partum ; 1 : au 1^{er} mois du post-partum ; 2 : au 2^{ème} mois du post-partum ; 3 : au 3^{ème} mois du post-partum).

II. Variabilité de la production laitière :

II.1. La quantité du lait :

II.1.1. Étude descriptive :

L'étude descriptive de la production laitière au cours des sept premiers mois de lactation nous permet de constater que le niveau de production est de 16.53 ± 3.88 au pic de lactation (Tableau n°3). L'analyse de la courbe de lactation qui s'étend dans notre cas jusqu'au 7^{ème} mois du post-partum (phase de croissance suivie par celle de décroissance de la production) (Figure n°24), permet de constater que le coefficient de persistance, qui est le pourcentage de diminution de la production, qui doit accuser une chute de 10% par mois (Crapelet et Thibier, 1973), dépasse nettement le pourcentage recommandé (24.36% du 4^{ème} au 5^{ème} mois de lactation).

Tableau N°3 : Évolution de la production laitière (litres) au cours d'une lactation (sept premiers mois de lactation).

Mois de lactation	N	Min	Moyenne± Écart-type	Max	Erreur standard
+1	27	10.92	16.53±3.88	23.00	0.74
+2	27	6.62	15.97±3.94	21.93	0.76
+3	27	9.08	14.16±3.58	20.78	0.69
+4	16	8.53	12.64±2.66	16.43	0.66
+5	16	6.27	9.56±1.91	12.85	0.47
+6	16	6.43	8.38±1.19	10.50	0.29
+7	16	5.83	8.06±1.64	12.35	0.41

N : Nombre d'échantillon ; *Min* : Minimum ; *Max* : Maximum ; +1 : au 1^{er} mois du post-partum ; +2 : au 2^{ème} mois du post-partum ; +3 : au 3^{ème} mois du post-partum ; +4 : au 4^{ème} mois du post-partum ; +5 : au 5^{ème} mois du post-partum ; +6 : au 6^{ème} mois du post-partum ; +7 : au 7^{ème} mois du post-partum.

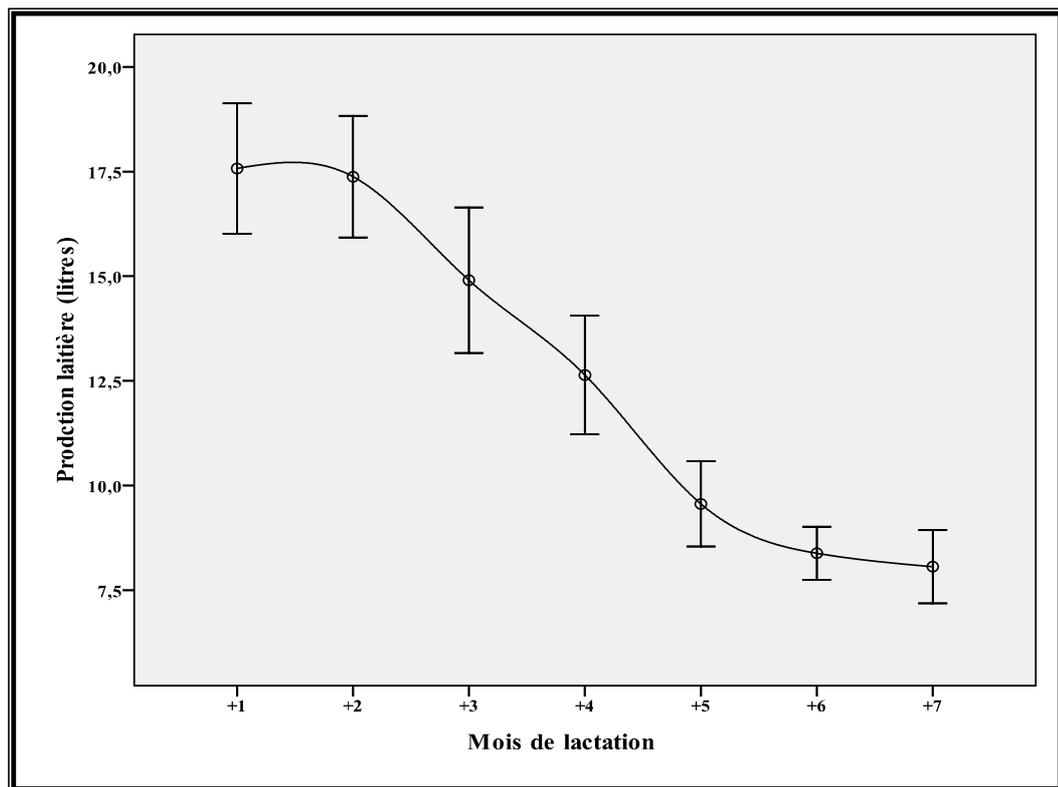


Figure N°24 : Évolution de la production laitière au cours des sept premiers mois de lactation (+1 : au 1^{er} mois du post-partum ; +2 : au 2^{ème} mois du post-partum ; +3 : au 3^{ème} mois du post-partum ; +4 : au 4^{ème} mois du post-partum ; +5 : au 5^{ème} mois du post-partum ; +6 : au 6^{ème} mois du post-partum ; +7 : au 7^{ème} mois du post-partum).

II.1.2. Étude des facteurs de variation :

L'analyse de la variance montre l'effet non significatif des facteurs race, origine et âge au 1^{er} vêlage sur l'évolution de la production laitière au cours des trois premiers mois de lactation (tableau n°4). Les recherches ont prouvés que durant la vie productive de la vache, le rendement de lactation (305j) des génisses de remplacement est au maximum quand les vaches vêlent la première fois à 24 mois d'âge (Fricke, 2004), alors que l'âge au 1^{er} vêlage de 23 mois ou moins se traduit par une diminution du rendement laitier. Les recherches suggèrent que cela pourrait être expliqué par l'orientation de l'énergie destiné à la croissance pour réduire l'âge au 1^{er} vêlage au détriment du développement du parenchyme de la mamelle (Hoffman et Funk, 1992). Dans notre cas, il n'y a pas d'effet de l'âge au 1^{er} vêlage vue que l'âge minimum était de 24mois (tableau n°4).

Concernant l'effet parité et saison de vêlage, les résultats des études sont controversés. Certains auteurs mentionnent que le rendement laitier augmente avec la parité ($P \leq 0.001$) (Heuer et *al.*, 1999), alors que d'autres recherches n'ont pas mis en évidence un effet significatif de la parité et de la saison de vêlage sur la production laitière ($P > 0.05$) (Bayemi et *al.*, 2007). Dans notre étude, l'effet parité ($P \leq 0.05$) et saison de vêlage ($P \leq 0.05$) sur l'évolution de la production laitière au cours des trois premiers mois de lactation a été significatif et la moyenne de la production laitière au 1^{er}, 2^{ème} et 3^{ème} mois est nettement supérieure chez les multipares par rapport au primipares (figure n°25). Chez les multipares la croissance est terminée ou assez faible, ce qui leur permet d'exprimer pleinement leur potentiel de production laitière, alors que chez les primipares la croissance des tissus, y compris ceux du parenchyme de la mamelle, n'est pas encore achevée, donc l'énergie disponible au début de lactation est divisée entre production laitière et croissance. En ce qui concerne la saison de vêlage, c'est la production en été qui a marqué un effet significativement inférieure par rapport aux deux autres saisons (hiver et printemps), dont les niveaux de production ne montrent pas de différence significative (figure n°25). Ceci pourrait être expliqué probablement par l'alimentation qui semble être le principal facteur limitant.

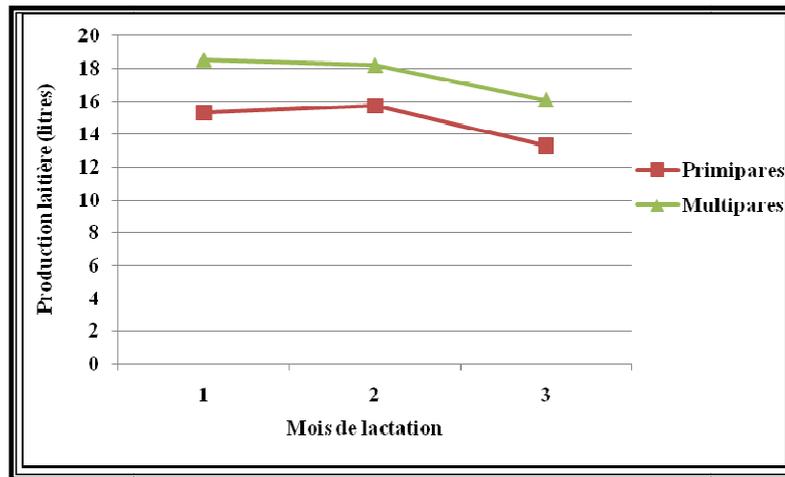
Tableau N°4 : Effet des facteurs de variation sur l'évolution de la production laitière au cours des trois premiers mois de lactation (Moyenne±Erreur-standard).

Facteurs	N	Mois par rapport au vêlage			P	
		+1	+2	+3		
Race	1	22	17.17±0.37	16.93±0.76	14.56±0.63	0.281
	2	5	17.30±0.69	18.02±1.42	14.23±1.18	
Origine	1	23	16.41±0.36	16.62±0.74	14.26±0.62	0.531
	2	4	19.77±0.74	19.02±1.52	17.20±1.27	
Age au 1^{er} vêlage	1	17	17.30±0.42	17.26±0.87	14.73±0.72	0.502
	2	10	17.05±0.51	17.08±1.05	15.26±0.87	
Parité	1	14	15.32±0.88	15.74±0.99	13.31±0.82	0.025
	2	13	18.52±0.44	18.20±0.90	16.10±0.75	
Saison de vêlage	1	8	17.29±0.53	17.53±1.17	15.77±0.97	0.007
	2	11	18.68±0.47	18.53±0.97	15.71±0.80	
	3	8	13.08±0.72	12.92±1.50	11.30±1.24	

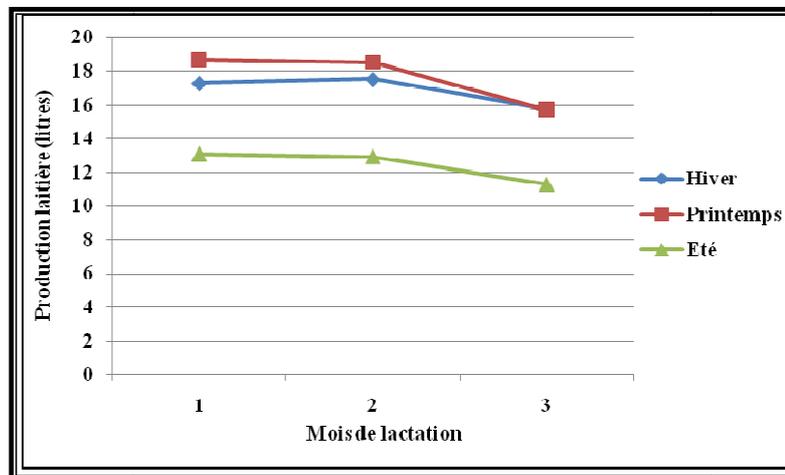
+1 : 1^{er} mois du post-partum ; +2 : 2^{ème} mois du post-partum ; +3 : 3^{ème} mois du post-partum ; **Race** (1 : Prim'Holstein, 2 : Montbéliarde) ; **Origine** (1 : Nés localement, 2 : Importés) ; **Age au 1^{er} vêlage** (1 : <30mois, 2 : ≥30mois) ; **Parité** (1 : Primipare, 2 : Multipare) ; **Saison de vêlage** (1 : Hiver, 2 : Printemps, 3 : Été) ; **N** : Nombre d'échantillon.

P > 0.05 : Différence non significative.

P < 0.05 : Différence significative.



-A-



-B-

Figure N°25 : Variabilité de l'évolution de la production lactière au cours des trois premiers mois de lactation selon la parité et la saison de vêlage.

(A : selon la parité ; B : selon la saison de vêlage)

II.2. Le taux butyreux :

II.2.1. Étude descriptive :

Selon le tableau n°5 et la figure n°26, les valeurs du taux butyreux enregistrées dans notre étude correspondent aux normes admises dans la littérature, ces dernières varient entre 3.5% et 4.5% (Anonyme 2). Selon Bedouet (1994) ; Ennuyer (1994) et Martinot (2006), le taux butyreux est élevé durant le 1^{er} mois de lactation puis chute au second mois de lactation et remonte après le 3^{ème} ou 4^{ème} mois de lactation. Pour nos résultats, le taux butyreux était plus élevé en 2^{ème} mois par rapport au 1^{er} mois, puis rechute à partir du 2^{ème} mois, accuse un minimum au 3^{ème} mois et commence à augmenter à partir de la fin du 3^{ème} mois. Ceci s'explique probablement par le fait que le pic de lactation a eu lieu au 1^{er} mois et au début du 2^{ème} mois de lactation, moment de forte mobilisation des réserves corporelles. En effet, la note d'état corporel est la plus faible au 2^{ème} mois et probablement la disponibilité en réserves corporelles, ne permet pas de libérer assez d'AG dans le sang source de matière grasse de lait (taux butyreux plus faible au 3^{ème} mois). A partir du 3^{ème} mois de lactation, la diminution de la quantité de lait produite est accompagnée d'une augmentation du taux butyreux, c'est le phénomène de concentration.

Tableau N°5 : Évolution du taux butyreux au cours des sept premiers mois de lactation (%).

Mois de lactation	N	Min	Moyenne±Écart-type	Max	Erreur standard
+1	27	3.25	3.86±0.33	4.58	0.06
+2	27	4.49	4.15±0.36	5.07	0.07
+3	27	3.12	3.90±0.38	4.97	0.07
+4	16	3.27	3.95±0.31	4.54	0.07
+5	16	3.64	4.03±0.19	4.29	0.04
+6	16	3.71	4.24±0.39	5.44	0.09
+7	16	3.50	4.17±0.45	4.89	0.11

N : Nombre d'échantillon ; *Min* : Minimum ; *Max* : Maximum ; *+1* : au 1^{er} mois du post-partum ; *+2* : au 2^{ème} mois du post-partum ; *+3* : au 3^{ème} mois du post-partum ; *+4* : au 4^{ème} mois du post-partum ; *+5* : au 5^{ème} mois du post-partum ; *+6* : au 6^{ème} mois du post-partum ; *+7* : au 7^{ème} mois du post-partum.

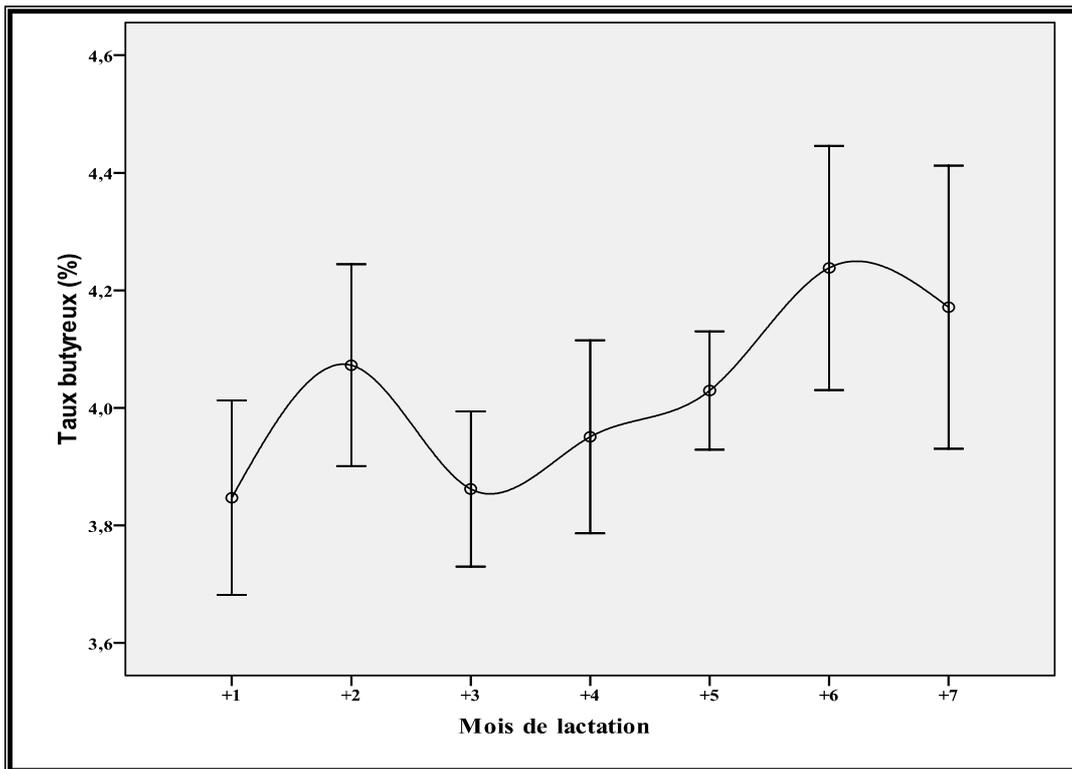


Figure N°26 : Évolution du taux butyreux au cours des sept premiers mois de lactation.

(+1 : au 1^{er} mois du post-partum ; +2 : au 2^{ème} mois du post-partum ; +3 : au 3^{ème} mois du post-partum ; +4 : au 4^{ème} mois du post-partum ; +5 : au 5^{ème} mois du post-partum ; +6 : au 6^{ème} mois du post-partum ; +7 : au 7^{ème} mois du post-partum).

II.2.2. Étude des facteurs de variation :

L'analyse de la variance ne montre aucun effet significatif des facteurs retenus sur les variations du taux butyreux au cours des trois premiers mois de lactation ($P \geq 0.05$) (Tableau n°6). Cependant, en supprimant l'effet origine du modèle de traitement statistique nous avons remarqué l'apparition de l'effet saison ($P=0.040$) (figure n°27). Par conséquent dans les études ultérieures traitant les relations avec le taux butyreux, la saison de vêlage a été retenue comme Co-variable dans le modèle de traitement des données.

L'étude de Simerl *et al.* (1992) montre qu'il n'y a pas d'effet de l'âge au 1^{er} vêlage sur la composition du lait ; par contre Pirlo *et al.* (2000) trouvent un effet négatif du vêlage précoce sur le rendement laitier et la matière grasse et un effet positif sur la matière protéique. Dans notre étude, l'absence de vêlage précoce ne nous permet pas de montrer son effet.

Les taux butyreux les plus élevés sont enregistrés pour les vaches vêlant en été et ceci est tout à fait admissible compte tenu que la production laitière est aussi plus faible pour les animaux vêlant pendant cette saison (phénomène de concentration).

Tableau N°6 : Effet des différents facteurs de variation sur l'évolution du taux butyreux au cours des trois premiers mois de lactation (Moyenne±Erreur-standard).

Facteurs	N	Mois par rapport au vêlage			P	
		+1	+2	+3		
Race	1	22	3.86±0.09	4.08±0.09	3.95±0.10	0.865
	2	5	4.02±0.17	4.06±0.17	3.73±0.20	
Origine	1	23	3.9±0.09	4.06±0.09	3.97±0.10	0.291
	2	4	3.89±0.18	4.14±0.19	3.67±0.21	
Age au 1^{er} vêlage	1	17	3.90±0.10	4.02±0.11	3.88±0.12	0.678
	2	10	3.90±0.12	4.16±0.13	3.92±0.14	
Parité	1	14	3.95±0.11	4.09±0.12	3.94±0.13	0.122
	2	13	3.86±0.10	4.07±0.11	3.87±0.12	
Saison de vêlage	1	8	3.88±0.14	3.95±0.14	3.83±0.16	0.059
	2	11	3.85±0.11	4.14±0.12	3.83±0.13	
	3	8	4.08±0.18	4.16±0.18	4.20±0.21	

+1 : 1^{er} mois du post-partum ; +2 : 2^{ème} mois du post-partum ; +3 : 3^{ème} mois du post-partum ; **Race** (1 : Prim'Holstein, 2 : Montbéliarde) ; **Origine** (1 : Nés localement, 2 : Importés) ; **Age au 1^{er} vêlage** (1 : <30mois, 2 : ≥30mois) ; **Parité** (1 : Primipare, 2 : Multipare) ; **Saison de vêlage** (1 : Hiver, 2 : Printemps, 3 : Été) ; **N** : Nombre d'échantillon.

P < 0.05 : Différence significative.

P > 0.05 : Différence non significative.

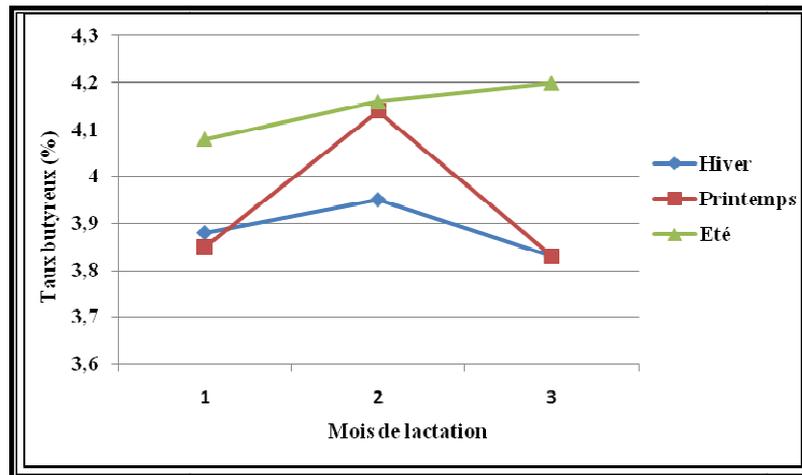


Figure N°27 : Variabilité de l'évolution du taux butyreux au cours des trois premiers mois de lactation selon la saison de vêlage.

II.3. Le taux protéique :

II.3.1. Étude descriptive :

L'analyse du tableau n°7 et la figure n°28 montre que le taux protéique ne suit pas une évolution comparable à celle observée en élevage laitier des régions tempérées. En effet, il est au dessous des normes durant toute la lactation (norme : 3,1 à 3,8%, selon : Anonyme 2). De même, les taux les plus élevés sont enregistrés pendant les quatre premiers mois de lactation. A partir du 4^{ème} mois le taux commence à diminuer de façon significative pour atteindre son minimum vers le 7^{ème} mois. Dans les conditions physiologiques normales, le taux protéique doit être élevé durant la 1^{ère} semaine puis décroît pour atteindre un minimum vers le 2^{ème} mois de lactation (phénomène de dilution au pic) et remonte progressivement jusqu'au 10^{ème} mois de lactation d'environ 1g/kg/mois (Bedouet, 1994 ; Ennuyer, 1994 ; Martinot, 2006).

Tableau N°7 : Évolution du taux protéique au cours des sept premiers mois de lactation (%).

Mois de lactation	N	Min	Moyenne±Écart-type	Max	Erreur standard
+1	27	2.29	3.05±0.29	3.70	0.05
+2	27	2.51	3.06±0.23	3.33	0.04
+3	27	2.70	3.08±0.27	4.21	0.05
+4	16	2.78	3.03±0.13	3.24	0.03
+5	16	2.55	2.91±0.20	3.20	0.05
+6	16	2.32	2.82±0.22	3.18	0.05
+7	16	2.28	2.69±0.24	3.06	0.24

N : Nombre d'échantillon ; *Min* : Minimum ; *Max* : Maximum ; +1 : au 1^{er} mois du post-partum ; +2 : au 2^{ème} mois du post-partum ; +3 : au 3^{ème} mois du post-partum ; +4 : au 4^{ème} mois du post-partum ; +5 : au 5^{ème} mois du post-partum ; +6 : au 6^{ème} mois du post-partum ; +7 : au 7^{ème} mois du post-partum.

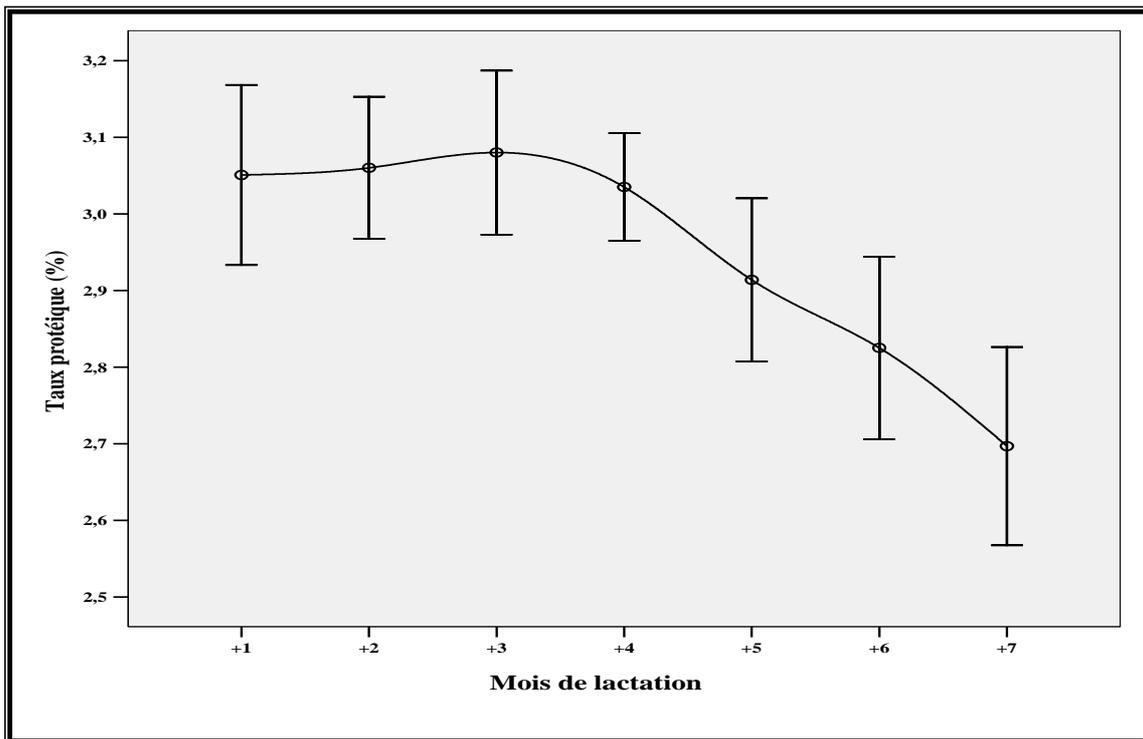


Figure N°28 : Évolution du taux protéique au cours des sept premiers mois de lactation.

(+1 : au 1^{er} mois du post-partum ; +2 : au 2^{ème} mois du post-partum ; +3 : au 3^{ème} mois du post-partum ; +4 : au 4^{ème} mois du post-partum ; +5 : au 5^{ème} mois du post-partum ; +6 : au 6^{ème} mois du post-partum ; +7 : au 7^{ème} mois du post-partum).

II.3.2. Étude des facteurs de variation :

Les résultats obtenus à partir de l'analyse de la variance concernant l'effet des facteurs de variation sur l'évolution du taux protéique au cours des trois premiers mois de lactation ne montrent aucun effet significatif de la race, de l'origine, de l'âge au 1^{er} vêlage et de la parité (tableau n°8). Par contre, la saison de vêlage exerce un effet significatif ($P \leq 0.05$) et ceci pourrait être expliqué probablement par le facteur alimentation, qui change significativement en été, les animaux consomment moins de concentré et plus de fourrage sec probablement moins riche en azote que l'herbe et le concentré (figure n°29).

Tableau N°8 : Effet des différents facteurs de variation sur l'évolution du taux protéique au cours des trois premiers mois de lactation.

Facteurs	N		Mois par rapport au vêlage			P
			+1	+2	+3	
Race	1	22	3.07±0.06	3.06±0.05	3.10±0.09	0.618
	2	5	3.21±0.11	3.10±0.09	2.91±0.17	
Origine	1	23	3.05±0.06	3.07±0.05	3.05±0.09	0.743
	2	4	3.29±0.12	3.07±0.10	3.06±0.18	
Age au 1^{er} vêlage	1	17	3.13±0.07	3.06±0.06	3.06±0.10	0.645
	2	10	3.08±0.08	3.09±0.07	3.05±0.13	
Parité	1	14	3.12±0.08	3.14±0.06	3.00±0.12	0.726
	2	13	3.10±0.07	3.02±0.06	3.10±0.11	
Saison de vêlage	1	8	3.17±0.09	3.18±0.08	3.17±0.14	0.042
	2	11	3.23±0.07	3.14±0.06	2.92±0.12	
	3	8	2.66±0.12	2.70±0.10	3.19±0.18	

+1 : 1^{er} mois du post-partum ; +2 : 2^{ème} mois du post-partum ; +3 : 3^{ème} mois du post-partum ; **Race** (1 : Prim'Holstein, 2 : Montbéliarde) ; **Origine** (1 : Nés localement, 2 : Importés) ; **Age au 1^{er} vêlage** (1 : <30mois, 2 : ≥30mois) ; **Parité** (1 : Primipare, 2 : Multipare) ; **Saison de vêlage** (1 : Hiver, 2 : Printemps, 3 : Été) ; N : Nombre d'échantillon.

P < 0.05 : Différence significative.

P > 0.05 : Différence non significative.

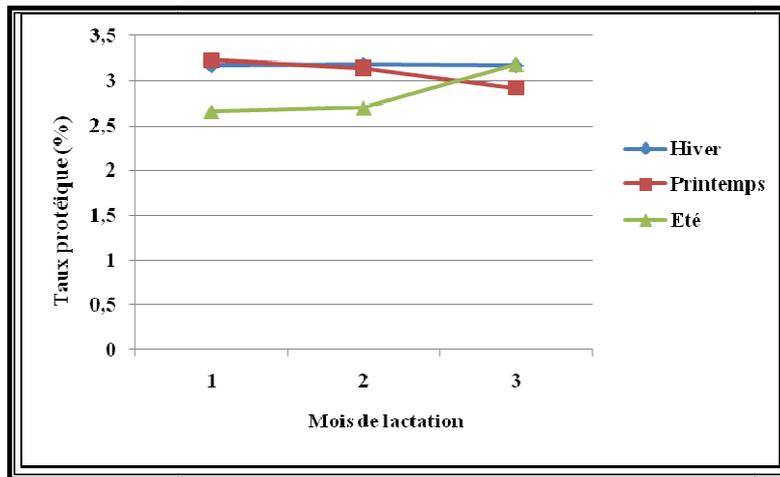


Figure N°29 : Variabilité de l'évolution du taux protéique au cours des trois premiers mois de lactation selon la saison de vêlage.

D'une manière générale, l'effet saison de vêlage sur la production et la composition chimique du lait s'exerce de deux façons :

- Un effet direct de la saison dont on sait qu'elle agit essentiellement par l'intermédiaire de la durée de jour. La plupart des travaux (Peters et *al.*, 1981 ; Tucker, 1985 ; Bocquier, 1985 ; Stanisiewski et *al.*, 1985 ; Philips et Schofield, 1989) ont en effet montré qu'une photopériode expérimentalement longue (15 à 16h/j) augmentait la production laitière via l'accroissement des quantités ingérées.
- Un effet indirect à court terme lié à l'alimentation et ses modifications. En effet, dans ce cas la période de vêlage n'est pas un facteur direct de la variation des taux annuels, mais un bon indicateur de la conduite d'élevage qui selon le cas regroupe des facteurs qui n'ont pas la même signification. C'est par contre un facteur de variation direct des TP sur des courtes périodes en particulier en été (Agabriel et *al.*, 1990).

Chez les animaux à forts besoins (début de lactation), l'alimentation semble bien être le facteur limitant principal, alors que chez les animaux à faibles besoins (fin de lactation) l'effet de l'alimentation est réduit, l'effet propre de la saison s'exprime alors plus fortement (Agabriel et *al.*, 1990).

Dans notre étude, et d'après les résultats de ces travaux, il ressort que le facteur saison exerce ses effets par les deux façons : dans un 1^{er} temps par l'intermédiaire de l'alimentation (faibles apports alimentaires en été) qui fait que la production laitière et le TP sont faibles. La diminution de la production laitière entraîne une augmentation en parallèle du TB (phénomène de concentration). D'autre part par l'intermédiaire des effets propres de la saison via les conditions défavorables de l'été (température et humidité élevées) qui entraînent un stress pour la vache et donc une diminution de la production laitière.

III. Variabilité des paramètres biochimiques du statut énergétique :

Différentes combinaisons de paramètres biochimiques sanguins sont utilisées chez la vache laitière comme marqueurs du statut nutritionnel énergétique, azoté et minéral ou comme indicateurs de l'état de fonction hépatique (Chilliard et *al.*, 1998). Les dosages de métabolites comme le glucose ou le cholestérol sont très souvent utilisés en complément du bilan énergétique ou de l'état corporel pour caractériser le statut énergétique (Reksin et *al.*, 2002).

III.1. La glycémie :

III.1.1. Étude descriptive :

L'étude de la glycémie au cours du péri-partum (du tarissement au 3^{ème} mois du post-partum) (tableau n°9 et figure n°30) montre que les valeurs moyennes sont dans les normes décrites par Brugère-Picoux (1995) (0.4 à 0.7gr/l). Cependant, il est nécessaire de tenir compte du stade physiologique dans l'interprétation des résultats (Verrielle, 1994 ; Vagneur, 1996). Au tarissement, la concentration plasmatique en glucose est en moyenne de 0.70 ± 0.12 gr/l, ce résultat est proche de ceux rapportés par Poncet (2002) et Tillard (2007) chez la race Holstein à la région de Réunion (0.65gr/l au tarissement).

Au vêlage, la glycémie diminue légèrement (0.63 ± 0.15 gr/l) mais reste toujours dans les normes. Au début de lactation, on assiste généralement à une diminution de la glycémie

avec un minimum signalé au 1^{er} mois du post-partum (pic de lactation), atteignant 0.50 ± 0.11 gr/l, soit une diminution de 20.63% du vèlage au 1^{er} mois de lactation. Ceci reflète un déficit énergétique (Ingvarlsen et Andersen, 2000), mais correspondant aux valeurs de références décrite dans la bibliographie, qui se situent de 0.4 à 0.65 gr/l selon Aubadie-Ladrix (2003).

Au 2^{ème} et 3^{ème} mois de lactation, nous avons assisté simultanément à une légère augmentation des concentrations plasmatiques de glucose et à une chute dans la courbe de lactation. Ceci peut être expliqué probablement par la reprise de l'ingestion de la matière sèche (Vazquez-Anon et al., 1994) concomitante à une diminution des besoins destinés à la production laitière.

Toutefois, la glycémie n'est pas un très bon indicateur du statut énergétique des vaches laitières du fait de sa grande variation dans le courant de la journée en fonction des stress encourus par les animaux et en fonction du nombre et du moment des repas (Rollin et Frédéric, 2002).

Tableau N°9 : Évolution de la glycémie au cours du péri-partum (gr/l).

Mois par rapport au vèlage	N	Min	Moyenne±Écart-type	Max	Erreur standard
-1	27	0.42	0.70±0.12	0.98	0.02
0	27	0.37	0.63±0.15	0.95	0.02
+0.5	27	0.31	0.54±0.12	0.72	0.02
+1	27	0.25	0.50±0.11	0.79	0.21
+2	27	0.40	0.54±0.08	0.74	0.01
+3	27	0.32	0.55±0.09	0.69	0.01

N : Nombre d'échantillon ; *Min* : Minimum ; *Max* : Maximum ; *-1* : au tarissement (8^{ème} mois de gestation) ; *0* : au vèlage ; *+0.5* : au 15^{ème} jour du post-partum ; *+1* : au 1^{er} mois du post-partum ; *+2* : au 2^{ème} mois du post-partum ; *+3* : au 3^{ème} mois du post-partum.

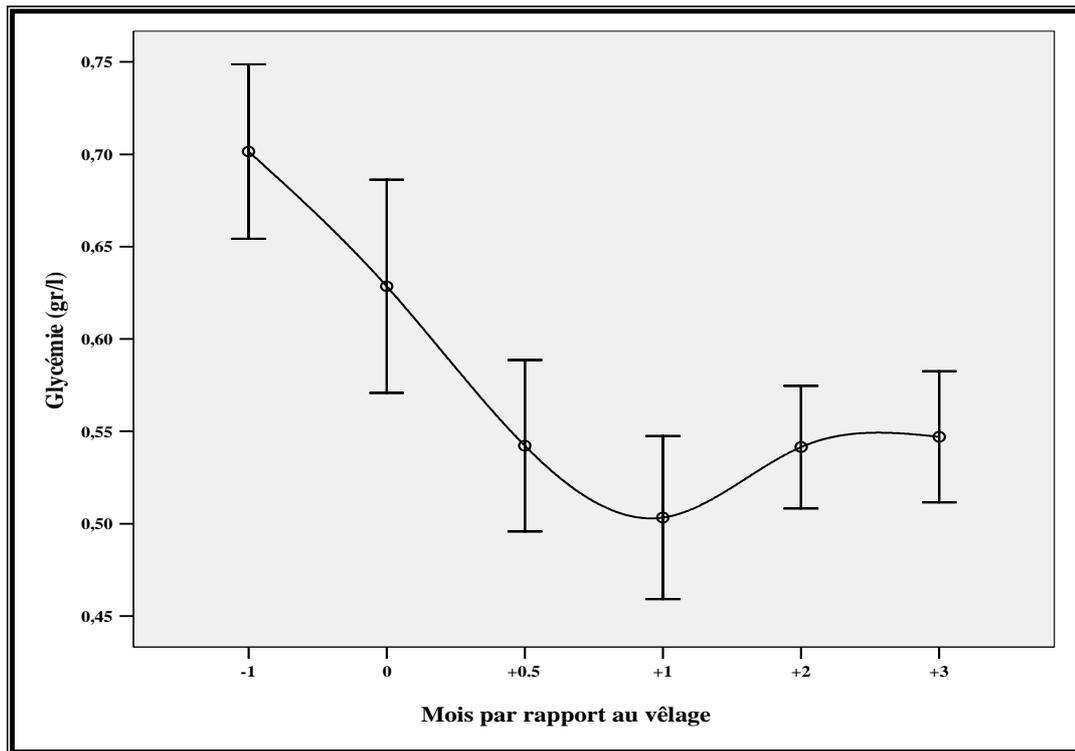


Figure N°30 : Évolution de la glycémie au cours du péri-partum.

(-1 : un mois avant le vêlage ; 0 : au vêlage ; +0.5 : 15 jours après le vêlage ; +1 : un mois après le vêlage ; +2 : deux mois après le vêlage ; +3 : trois mois après le vêlage).

III.1.2. Étude des facteurs de variation :

Les résultats obtenus à partir de l'analyse de la variance concernant l'effet des différents facteurs de variation sur l'évolution de la glycémie au cours du péri-partum ne montrent aucun effet significatif de la race, de l'origine, de l'âge au 1^{er} vêlage et de la parité ($P \geq 0.05$) (tableau n°10). Par contre, la saison de vêlage exerce un effet très significatif, dont le niveau est nettement inférieur en été (diminution de 37% du tarissement au 1^{er} mois post-partum) (figure n°31) par rapport aux deux autres saisons (hiver et printemps) et ceci pourrait être dû probablement à l'effet du facteur alimentation qui n'a pas été totalement contrôlé.

Pour identifier les éventuelles interactions entre les facteurs, nous avons procédé à l'élimination des facteurs un par un tout en vérifiant s'il y a modification au niveau du seuil de signification. En effet, en retirant le facteur origine, il y a apparition de l'effet parité ($P=0.040$). Par conséquent dans les études ultérieures traitant les relations avec la glycémie, la saison de vêlage et la parité ont été intégrées comme Co-variables.

Tableau N°10 : Variabilité de l'évolution de la glycémie en période du péri-partum selon les différents facteurs de variation.

Facteurs	N		Mois par rapport au vêlage						P
			-1	0	+0.5	+1	+2	+3	
Race	1	22	0.69±0.02	0.59±0.02	0.55±0.02	0.50±0.02	0.53±0.01	0.53±0.02	0.590
	2	5	0.73±0.05	0.79±0.05	0.52±0.05	0.52±0.05	0.57±0.03	0.60±0.04	
Origine	1	21	0.70±0.02	0.62±0.03	0.56±0.02	0.51±0.02	0.54±0.02	0.54±0.02	0.659
	2	6	0.69±0.05	0.63±0.06	0.48±0.04	0.48±0.04	0.53±0.03	0.57±0.03	
Age au 1^{er} vêlage	1	17	0.68±0.03	0.61±0.03	0.49±0.02	0.46±0.02	0.51±0.02	0.54±0.02	0.165
	2	10	0.73±0.03	0.66±0.04	0.63±0.03	0.57±0.03	0.58±0.02	0.56±0.03	
parié	1	14	0.69±0.03	0.63±0.04	0.53±0.03	0.49±0.03	0.54±0.02	0.54±0.02	0.116
	2	13	0.70±0.03	0.62±0.04	0.55±0.03	0.52±0.03	0.54±0.02	0.55±0.02	
Saison de vêlage	1	8	0.70±0.04	0.63±0.03	0.61±0.03	0.59±0.03	0.59±0.02	0.59±0.02	0.009
	2	11	0.74±0.03	0.75±0.02	0.55±0.03	0.51±0.02	0.53±0.02	0.57±0.02	
	3	8	0.65±0.04	0.46±0.03	0.46±0.03	0.41±0.03	0.50±0.02	0.46±0.02	

-1 : 8^{ème} mois de gestation ; **0 :** Vêlage ; **+0.5 :** 15^{ème} jours du post-partum ; **+1 :** 1^{er} mois du post-partum ; **+2 :** 2^{ème} mois du post-partum ; **+3 :** 3^{ème} mois du post-partum ; **Race** (1 : Prim'Holstein, 2 : Montbéliarde) ; **Origine** (1 : Nés localement, 2 : Importés) ; **Age au 1^{er} vêlage** (1 : <30mois, 2 : ≥30mois) ; **Parité** (1 : Primipare, 2 : Multipare) ; **Saison de vêlage** (1 : Hiver, 2 : Printemps, 3 : Été) ; **N :** Nombre d'échantillon.

P < 0.05 : Différence significative.

P > 0.05 : Différence non significative.

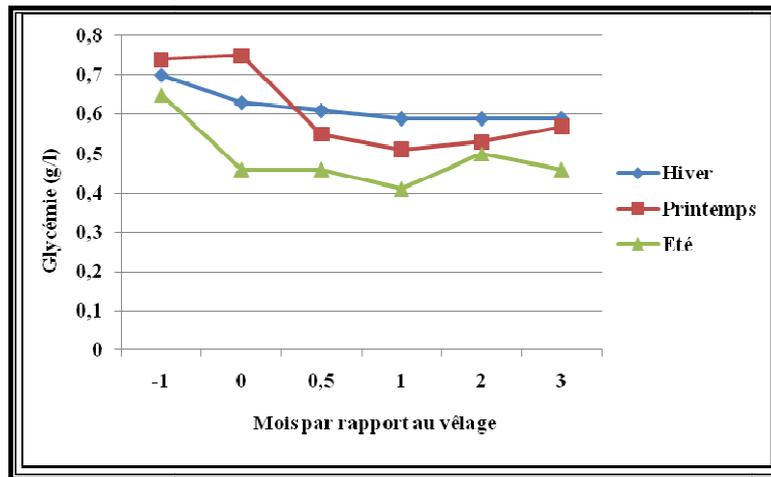


Figure N°31 : Variabilité de l'évolution de la glycémie au cours du péri-partum selon la saison de vêlage (-1 : un mois avant le vêlage ; 0 : au vêlage ; 0,5 : 15 jours après le vêlage ; 1 : un mois après le vêlage ; 2 : deux mois après le vêlage ; 3 : trois mois après le vêlage).

III.2. La cholestérolémie :

III.2.1. Étude descriptive :

En ce qui concerne le cholestérol, l'évolution de la concentration moyenne (tableau n°11 et figure n°32) montre que son taux passe par un minimum au vêlage ($0.74 \pm 0.13 \text{ gr/l}$ soit $1.91 \pm 0.34 \text{ mmol/l}$). Cette concentration augmente par la suite de façon graduelle pour se stabiliser vers le 2^{ème} et le 3^{ème} mois de lactation aux alentours de 1.60 gr/l soit 4.00 mmol/l .

Selon Nakagawa et katoh (1998), la concentration plasmatique du cholestérol d'une vache tarie en bonne santé est de $3.31 \pm 0.49 \text{ mmol/l}$. Dans notre cas, elle est de $1.03 \pm 0.23 \text{ gr/l}$, équivalent à $2.67 \pm 0.58 \text{ mmol/l}$, se situant légèrement sous les normes.

Selon Tremblay (2005), un taux moyen de cholestérol total sérique de $3.33 \pm 0.5 \text{ mmol/l}$ est considéré comme valeur de référence chez les vaches laitières en début de lactation. D'après nos données, nous constatons que le taux de cholestérol commence à décroître déjà un mois avant le vêlage avec un minimum aux alentours du vêlage. Cette diminution de la concentration du cholestérol sérique pourrait être expliquée par l'accroissement des besoins du fœtus ainsi que celles des glandes maternelles pour la synthèse des hormones stéroïdes (Pysera et Opalka, 2000 ; Turk et al., 2005). En début de lactation, l'hypercholestérolémie

peut être considérée comme physiologique et elle est due probablement à l'augmentation de la synthèse des lipoprotéines (Cavestany et *al.*, 2005).

Tableau N°11 : Évolution de la cholestérolémie au cours du péri-partum (gr/l).

Mois par rapport au vêlage	N	Min	Moyenne±Écart-type	Max	Erreur standard
-1	27	0.69	1.03±0.23	1.52	0.04
0	27	0.50	0.74±0.13	0.98	0.02
+0.5	27	0.60	0.91±0.19	1.5	0.03
+1	27	0.82	1.34±0.28	1.96	0.05
+2	27	1.16	1.60±0.27	2.28	0.05
+3	27	0.88	1.58±0.37	2.36	0.07

N : Nombre d'échantillon ; *Min* : Minimum ; *Max* : Maximum ; *-1* : au tarissement (8^{ème} mois de gestation) ; *0* : au vêlage ; *+0.5* : au 15^{ème} jour du post-partum ; *+1* : au 1^{er} mois du post-partum ; *+2* : au 2^{ème} mois du post-partum ; *+3* : au 3^{ème} mois du post-partum.

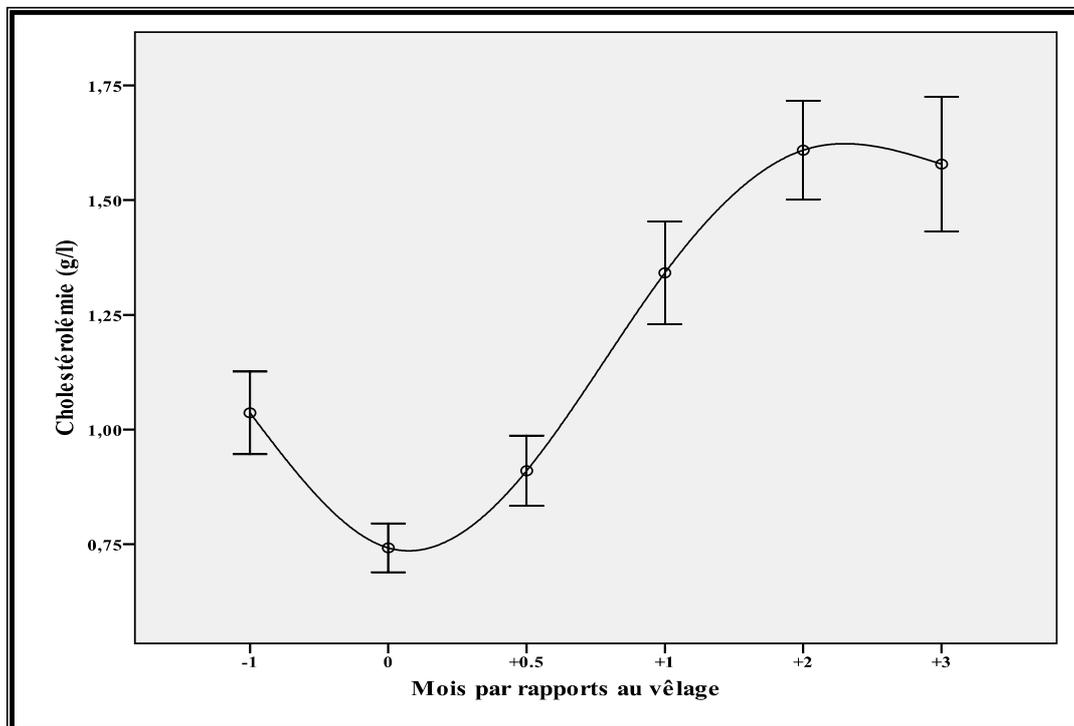


Figure N°32 : Évolution de la cholestérolémie au cours du péri-partum.

(*-1* : un mois avant le vêlage ; *0* : au vêlage ; *+0.5* : 15 jours après le vêlage ; *+1* : un mois après le vêlage ; *+2* : deux mois après le vêlage ; *+3* : trois mois après le vêlage).

III.2.2. Étude des facteurs de variation :

L'analyse de la variance concernant l'effet des différents facteurs de variation sur l'évolution de la cholestérolémie au cours du péri-partum ne révèle aucun effet significatif de la race, de l'origine et de l'âge au 1^{er} vêlage ($P \geq 0.05$) (tableau n°12). Par contre, le facteur parité a un effet significatif ($P \leq 0.05$) sur l'évolution de la cholestérolémie (tableau n°12 et figure n°33). Les multipares enregistrent des valeurs supérieures en début de lactation, tandis qu'au tarissement et au vêlage, les concentrations plasmatiques sont pratiquement les mêmes chez les deux catégories. Ces résultats sont semblables à ceux trouvés dans la bibliographie par Arave et *al.* (1973). L'effet saison de vêlage exerce en revanche un effet proche de la signification (tableau n°12) avec des valeurs en début de lactation inférieures en été par rapport aux deux autres saisons et ceci reflète probablement un déficit énergétique plus sévère durant cette saison.

Tableau N°12 : Variabilité de l'évolution de la cholestérolémie en période du péri-partum selon les différents facteurs de variation.

Facteurs	N	Mois par rapport au vêlage						P	
		-1	0	+0.5	+1	+2	+3		
Race	1	22	1.07±0.04	0.73±0.03	0.91±0.04	1.31±0.06	1.62±0.06	1.59±0.08	0.830
	2	5	0.86±0.09	0.79±0.06	0.88±0.08	1.44±0.12	1.56±0.12	1.50±0.16	
Origine	1	21	1.06±0.05	0.74±0.03	0.92±0.04	1.31±0.06	1.58±0.06	1.54±0.08	0.528
	2	6	0.93±0.09	0.75±0.05	0.86±0.08	1.44±0.11	1.71±0.11	1.70±0.15	
Age au 1^{er} vêlage	1	17	1.05±0.05	0.73±0.03	0.92±0.05	1.29±0.07	1.54±0.06	1.50±0.08	0.784
	2	10	1.00±0.07	0.76±0.04	0.88±0.06	1.42±0.09	1.72±0.08	1.71±1.11	
Parié	1	14	1.05±0.06	0.73±0.03	0.87±0.05	1.23±0.07	1.45±0.06	1.37±0.08	0.029
	2	13	1.01±0.06	0.75±0.03	0.95±0.05	1.45±0.07	1.77±0.06	1.80±0.08	
Saison de vêlage	1	8	0.91±0.07	0.76±0.04	0.97±0.07	1.40±0.08	1.76±0.08	1.75±0.12	0.051
	2	11	1.02±0.06	0.75±0.04	0.88±0.06	1.47±0.07	1.65±0.07	1.62±0.10	
	3	8	1.17±0.07	0.70±0.04	0.88±0.07	1.09±0.08	1.40±0.08	1.35±0.12	

-1 : 8^{ème} mois de gestation ; **0** : Vêlage ; **+0.5** : 15^{ème} jours du post-partum ; **+1** : 1^{er} mois du post-partum ; **+2** : 2^{ème} mois du post-partum ; **+3** : 3^{ème} mois du post-partum ; **Race** (1 : Prim'Holstein, 2 : Montbéliarde) ; **Origine** (1 : Nés localement, 2 : Importés) ; **Age au 1^{er} vêlage** (1 : <30mois, 2 : ≥30mois) ; **Parité** (1 : Primipare, 2 : Multipare) ; **Saison de vêlage** (1 : Hiver, 2 : Printemps, 3 : Été) ; **N** : Nombre d'échantillon.

P < 0.05 : Différence significative.

P > 0.05 : Différence non significative.

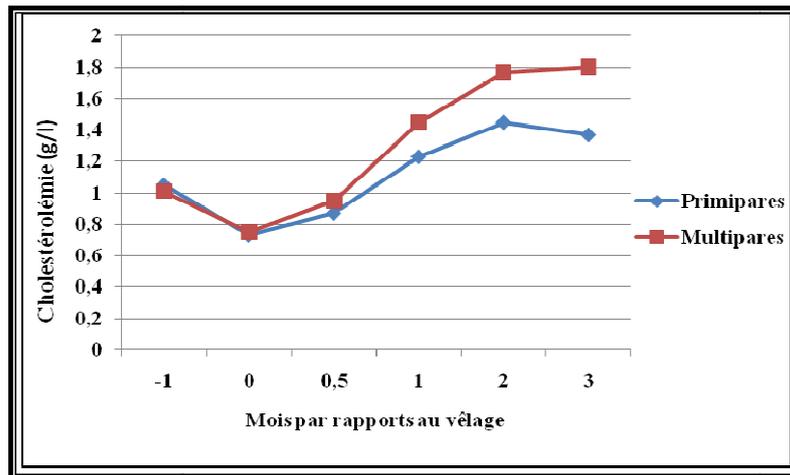


Figure N°33 : Variabilité de l'évolution de la cholestérolémie au cours du péri-partum selon la parité (-1 : un mois avant le vêlage ; 0 : au vêlage ; 0,5 : 15 jours après le vêlage ; 1 : un mois après le vêlage ; 2 : deux mois après le vêlage ; 3 : trois mois après le vêlage).

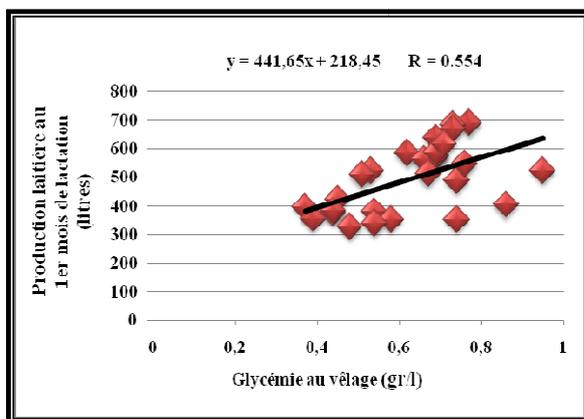
IV. Relation entre la production laitière et les paramètres biochimiques :

IV.1. Relation entre la glycémie au tarissement et au vêlage et la production laitière durant les trois premiers mois de lactation :

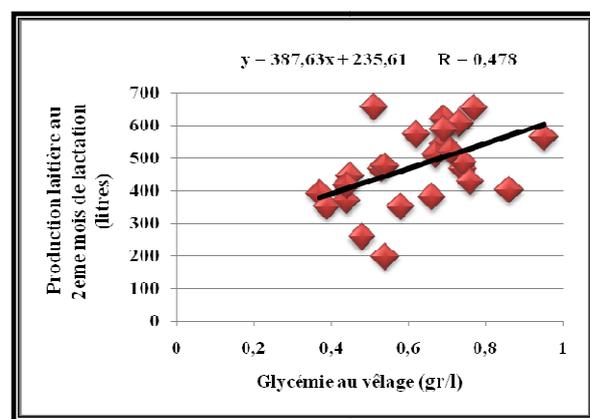
La glycémie est une mesure sensitive de la balance énergétique (Lebeda, 1983 ; Miettinen, 1991 ; Whitaker, 2004). Elle est positivement corrélée avec la balance énergétique (Harrison et *al.*, 1990 ; Beam et Butler, 1997). Nos résultats (Tableau n°13 et figure n°34) montrent une corrélation moyenne positive et significative entre la glycémie au vêlage et la production laitière au 1^{er} mois et au 2^{ème} mois du post-partum ainsi qu'avec la production cumulée de 90 jours. Ceci serait lié probablement au fait que les vaches à niveau élevé de glycémie disposent plus d'énergie et sont capables de produire plus en début de lactation (le glucose est utilisé par la glande mammaire à des fins énergétiques et pour la synthèse de lactose) (Rémond et *al.*, 1973). L'absence de corrélation avec la production au 3^{ème} mois du post-partum (tableau n°13) serait due probablement à une demande moins importante en énergie suite à la baisse du niveau de production laitière.

Tableau N°13 : La corrélation entre la glycémie au tarissement et au vêlage, et la production laitière au cours des trois premiers mois de lactation (R : coefficient de corrélation linéaire ; P : seuil de signification du coefficient de régression).

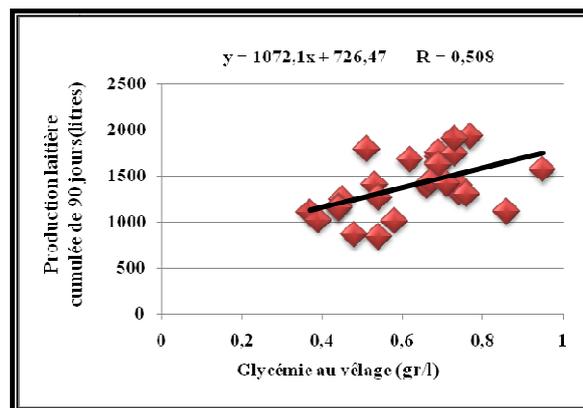
Glycémie	Au tarissement		Au vêlage	
	R	P	R	P
Production laitière				
Au 1^{er} mois	0.193	0.336	0.554	0.003
Au 2^{ème} mois	0.033	0.868	0.478	0.012
Au 3^{ème} mois	0.129	0.522	0.330	0.093
Cumulée de 90jours	0.130	0.517	0.508	0.007



-A-



-B-



-C-

Figure N°34 : La corrélation entre la glycémie au vêlage et la production laitière pendant les trois premiers mois de lactation (A : entre la glycémie au vêlage et la production laitière au 1^{er} mois du post-partum ; B : entre la glycémie au vêlage et la production au 2^{ème} mois du post-partum ; C : entre la glycémie au vêlage et la production cumulée de 90jours du post-partum).

IV.2. Relation entre la cholestérolémie et la production laitière durant les trois premiers mois de lactation :

La cholestérolémie est corrélée positivement avec le niveau de production laitière pendant les trois premiers mois de lactation (tableau n°14 et figure n°35). Ceci est en accord avec les résultats de Ruegg et *al.* (1992) et pourrait se justifier par l'augmentation de la synthèse des lipoprotéines dans le foie impliqués dans le transport des triglycérides, en relation avec le niveau de production (Van Den Top et *al.*, 1995).

Tableau N°14 : La corrélation entre la cholestérolémie et la production laitière durant les trois premiers mois de lactation (R : coefficient de corrélation linéaire ; P : seuil de signification du coefficient de régression).

Corrélation	R	P
CH1 et PL1	0.485	0.01
CH2 et PL2	0.545	0.003
CH3 et PL3	0.537	0.004

CH1 et PL1 : Corrélation entre la cholestérolémie et la production laitière au 1^{er} mois du post-partum ; *CH2 et PL2* : Corrélation entre la cholestérolémie et la production laitière au 2^{ème} mois du post-partum ; *CH3 et PL3* : Corrélation entre la cholestérolémie et la production laitière au 3^{ème} mois du post-partum.

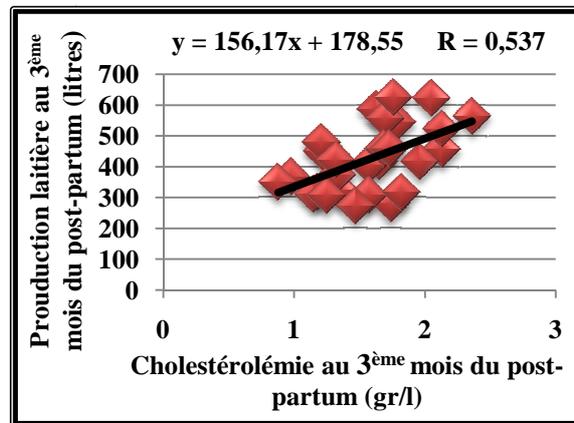
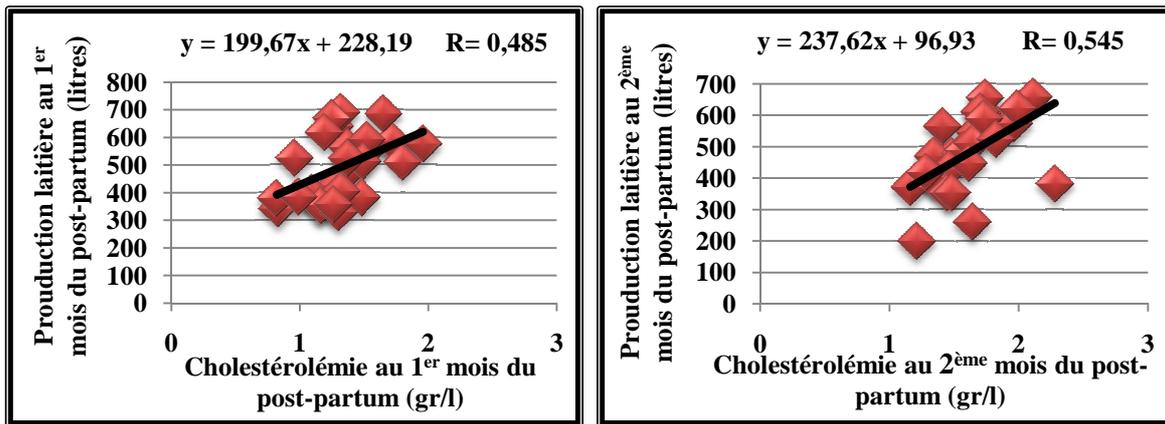


Figure N°35 : La corrélation entre la cholestérolémie et la production laitière durant les trois premiers mois de lactation (**A** : Corrélation entre la cholestérolémie et la production laitière au 1^{er} mois du post-partum ; **B** : Corrélation entre la cholestérolémie et la production laitière au 2^{ème} mois du post-partum ; **C** : Corrélation entre la cholestérolémie et la production laitière au 3^{ème} mois du post-partum).

V. Relation entre la note d'état corporel et les paramètres biochimiques :

V.1. Effet de la note d'état corporel au vêlage sur l'évolution de la glycémie durant les trois premiers mois de lactation :

Nos résultats (tableau n°15 et figure n°36) montrent que la note d'état corporel au vêlage n'influe pas sur l'évolution de la glycémie au cours des trois premiers mois de lactation et ceci est en accord avec les résultats de Ottavia et *al.* (1993). Ceci pourrait être dû à un niveau de production assez modeste, ne permettant pas l'expression de différence entre les deux groupes. Cela explique aussi que la glycémie n'est pas un bon indicateur du statut énergétique.

Tableau N°15 : Effet de la note d'état corporel au vêlage sur l'évolution de la glycémie au cours des trois premiers mois de lactation.

Note d'état corporel au vêlage	N	Mois par rapport au vêlage					Valeur P
		0	+0.5	+1	+2	+3	
□3	12	0.62±0.03	0.51±0.02	0.51±0.02	0.56±0.02	0.55±0.02	0.391
≤3	10	0.56±0.03	0.59±0.03	0.49±0.03	0.50±0.02	0.52±0.02	

N : Nombre d'échantillon ; *0* : Au vêlage ; *+0.5* : 15 jours après le vêlage ; *+1* : 1 mois après le vêlage ; *+2* : Deux mois après le vêlage ; *+3* : Trois mois après le vêlage ; *P* : Seuil de signification.

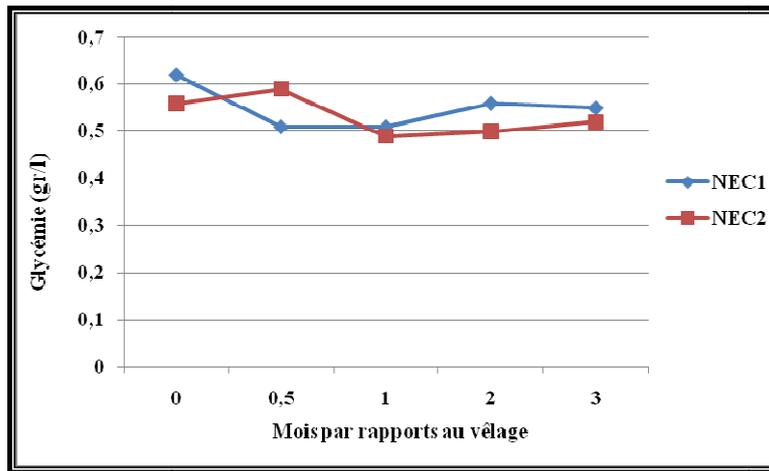


Figure N°36 : Variabilité de l'évolution de la glycémie selon la note d'état corporel au vêlage durant les trois premiers mois de lactation (*NEC1* : Note d'état corporel au vêlage ≥ 3 ; *NEC2* : Note d'état corporel au vêlage ≤ 3 ; **0** : Au vêlage ; **+0.5** : 15 jours après le vêlage ; **+1** : Un mois après le vêlage ; **+2** : Deux mois après le vêlage ; **+3** : Trois mois après le vêlage).

V.2. Relation entre la perte d'état corporel et la cholestérolémie durant les trois premiers mois de lactation :

Nos résultats ne correspondent pas à ceux de la bibliographie (corrélation négative entre la cholestérolémie et la perte d'état corporel selon Ruegg et *al.*, 1992). La corrélation est non significative pour tous les mois (tableau n°16) et ceci peut être dû à un niveau de production faible qui entraîne une perte modérée en début de lactation tout en masquant cette corrélation négative.

Tableau N°16 : La régression entre la perte d'état corporel et la cholestérolémie durant les trois premiers mois de lactation (R : coefficient de corrélation linéaire ; P : seuil de signification du coefficient de régression).

Corrélation	R	P
CH1 et perte au 1^{er} mois	+0.124	0.581
CH2 et perte au 2^{ème} mois	-0.045	0.844
CH3 et perte au 3^{ème} mois	+0.021	0.928

CH1 : Cholestérolémie au 1^{er} mois de lactation ; *CH2* : Cholestérolémie au 2^{ème} mois de lactation ; *CH3* : Cholestérolémie au 3^{ème} mois de lactation.

VI. Effet de la note d'état corporel au tarissement et au vêlage sur l'évolution et la perte d'état corporel en post-partum :

L'analyse de la variance concernant l'effet de la note d'état corporel au tarissement et au vêlage sur l'évolution de celle-ci en post-partum montre un effet significatif ($P \leq 0.05$) (tableau n°17 et 18). Une différence significative de l'évolution de la NEC est observée chez les vaches du 1^{er} groupe par rapport au 2^{ème} groupe (figure n°37 et 38). En effet, plus la NEC au tarissement et au vêlage est élevée plus l'évolution de l'état corporel après mise bas montre une mobilisation des réserves corporelles plus prononcée.

La NEC minimale est enregistrée au 2^{ème} mois du post-partum pour les deux groupes, la perte par rapport à la NEC du vêlage pour le 1^{er} groupe (un point) par rapport au 2^{ème} groupe (0.70 point) est assez proche de la signification ($P=0.07$) (tableau n°20), alors que celle du tarissement n'exerce pas d'effet (tableau n°19). De même, la proportion de perte est pratiquement comparable pour les deux groupes (28% du vêlage au 2^{ème} mois du post-partum pour le 1^{er} groupe vs 24% pour le 2^{ème} groupe). Cela montre que le niveau de perte au début de la lactation est proportionnel à la quantité des réserves disponibles au vêlage.

Nos résultats sont en accord avec ceux d'autres travaux (Ruegg, 1991 ; Meissonnier, 1994 ; Roche et al., 2007) dont les observations ont montré que la perte d'état corporel en début de lactation est significativement proportionnelle à l'état d'engraissement au vêlage et qu'elle est plus intense chez les vaches vêlant avec des notes d'état corporel élevées.

A partir du 2^{ème} mois de lactation, on assiste à une reprise plus importante et plus rapide de la note d'état corporel pour les vaches du 2^{ème} groupe (+ 0.35point, équivalent à 13.17% en un mois) par rapport à celles du 1^{er} groupe (+ 0.08point, équivalent à 3.07% sur la même période). La reprise plus rapide et plus importante de la note d'état corporel pour le 2^{ème} groupe, disposant de moins de réserves corporelles au tarissement et au vêlage, peut être expliquée par le fait que la quantité de MS ingérée en début de lactation diminue en fonction de l'état corporel au vêlage, une vache ayant une note de 3.5 au vêlage consomme 1.3kg de moins par jours qu'une vache ayant une note de 2.5 (Broster et Broster, 1998). De même, une

vache maigre mobilise moins qu'une vache grasse mais son appétit est supérieur (Enjalbert, 2003).

Tableau N°17 : Effet de la note d'état corporel au tarissement (8^{ème} mois de gestation) sur le profil d'état corporel en post-partum.

Mois par rapport au vêlage	NECt ≥ 3	NECt ≤ 3
	N=12	N=10
	Moyenne±Erreur standard	Moyenne±Erreur standard
0	3.43±0.09	2.97±0.10
0.5	3.08±0.10	2.60±0.11
1	2.91±0.10	2.27±0.11
2	2.52±0.14	2.20±0.15
3	2.60±0.13	2.55±0.14
Valeur P	0.01	

NECt : Note d'état corporel au tarissement ; 0 : au vêlage ; 0.5 : au 15^{ème} jour du post-partum ; 1 : au 1^{er} mois du post-partum ; 2 : au 2^{ème} mois du post-partum ; 3 : au 3^{ème} mois du post-partum ; N : Nombre d'échantillon
P ≤ 0.05 : Différence significative.
P ≥ 0.05 : Différence non significative.

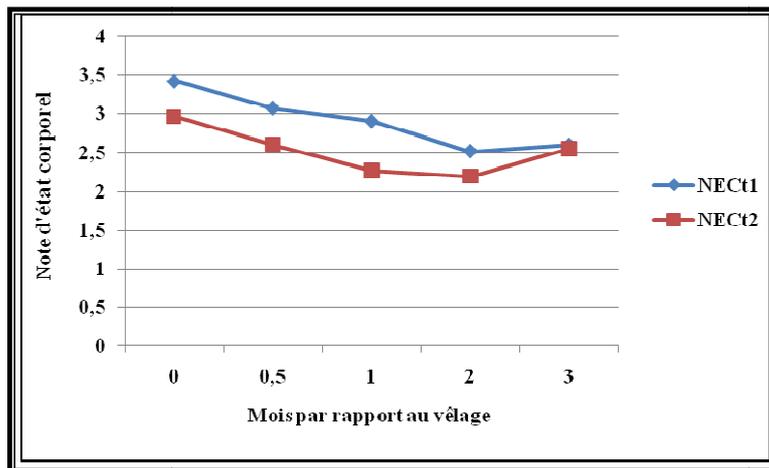


Figure N°37 : Variabilité de l'évolution de la note d'état corporel durant le post-partum selon la note d'état au tarissement (NECt1 : note d'état corporel au tarissement ≥ 3.00 . NECt2 : Note d'état corporel au tarissement ≤ 3.00 . 0 : au moment de vêlage ; 0.5 : 15 jours après le vêlage ; 1 : 30 jours après le vêlage ; 2 : 60 jours après le vêlage ; 3 : 90 jours après le vêlage).

Tableau N°18 : Effet de la note d'état corporel au vêlage sur le profil d'état corporel en post-partum.

Mois par rapport au vêlage	NEC0 □ 3	NEC0 ≤ 3
	N=12	N=10
	Moyenne ± Erreur standard	Moyenne ± Erreur standard
0.5	3.10 ± 0.10	2.57 ± 0.12
1	2.89 ± 0.10	2.30 ± 0.13
2	2.52 ± 0.14	2.20 ± 0.13
3	2.60 ± 0.13	2.55 ± 0.12
Valeur P	0.019	

NEC0 : Note d'état corporel au vêlage ; 0.5 : au 15^{ème} jour du post-partum ; 1 : au 1^{er} mois du post-partum ; 2 : au 2^{ème} mois du post-partum ; 3 : au 3^{ème} mois du post-partum ; N : Nombre d'échantillon.

P □ 0.05 : Différence significative.

P □ 0.05 : Différence non significative.

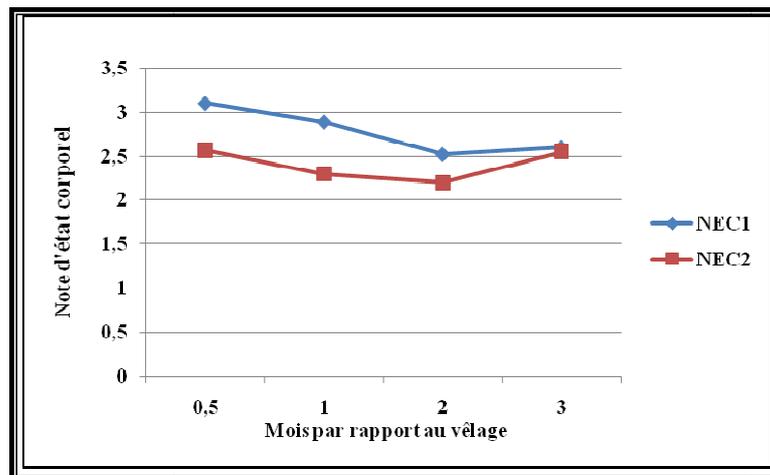


Figure N°38 : Variabilité de l'évolution de la note d'état corporel durant le post-partum selon la note d'état au vêlage (NEC1 : note d'état corporel au vêlage □ 3.00 ; NEC2 : Note d'état corporel au vêlage ≤ 3.00 ; 0 : au moment de vêlage ; 0.5 : 15 jours après le vêlage ; 1 : 30 jours après le vêlage ; 2 : 60 jours après le vêlage ; 3 : 90 jours après le vêlage).

Tableau N°19 : Effet de la note d'état corporel au tarissement sur la perte d'état corporel au 2^{ème} mois du post-partum.

Note d'état corporel au tarissement	□3	≤3
N	12	10
Perte (moyenne±Erreur-standard)	0.96±0.12	0.77±0.13
Valeur P	0.321	

N : Nombre d'échantillon.

Tableau N°20 : Effet de la note d'état corporel au vêlage sur la perte d'état corporel au 2^{ème} mois du post-partum.

Note d'état corporel au vêlage	□3	≤3
N	12	10
Perte (moyenne±Erreur-standard)	1.02±0.11	0.70±0.12
Valeur P	0.074	

N : Nombre d'échantillon.

VII. Effet de la note d'état corporel sur la production laitière :

VII.1. Effet de la note d'état corporel sur la quantité du lait produite pendant les trois premiers mois de lactation :

Avant de commencer l'analyse de la variance concernant l'effet de la note d'état corporel au tarissement et au vêlage sur la quantité du lait produite pendant les trois premiers mois de lactation, il faut rappeler que nous avons lors de la première analyse observé un effet exercé par la parité et la saison de vêlage sur l'évolution de la production laitière pendant les trois premiers mois de lactation. Mais, du fait que l'effectif total soit réduit et suite à l'analyse de l'effet saison, nous avons constaté que l'été exerce un effet significatif ($P \leq 0.05$), qui a créé la différence et un effet significatif dans le modèle d'analyse. En revanche entre l'hiver et le printemps la différence était non significative ($P \geq 0.05$). Par conséquent, nous avons retiré

les résultats relatifs à la saison de l'été et conservé ceux relatifs aux autres saisons uniquement, tout en intégrant la parité comme Co-variable dans le modèle final d'analyse de la variance.

D'après nos résultats, l'état corporel au tarissement et au vêlage n'exerce aucun effet significatif sur la production laitière au 2^{ème} et 3^{ème} mois ainsi que sur la production cumulée de 90 jours post-partum (tableau n°22, 23, 24) mise à part un effet proche de la signification concernant l'effet de la NEC au vêlage sur la production cumulée de 90 jours (tableau n°24). De même la corrélation entre la note d'état corporel au tarissement et au vêlage et la production laitière au 2^{ème} et 3^{ème} mois de lactation, ainsi que la production cumulée de 90 jours du post-partum est faible et non significative (tableau n°25 et 26), ce qui ne correspond pas aux données de la bibliographie. En effet, l'étude de Baitiche (2009) a montré que l'état corporel au tarissement influence significativement la production durant les trois premiers mois de lactation et l'effet était plus marqué pour la production au 2^{ème} mois et sur la production cumulée de 90 jours. Ceci peut être expliqué par le fait que cette étude a été réalisée sur la race Montbéliarde uniquement et dans une région de climat différent, situé en région semi-aride de Sétif.

Waltner *et al.* (1993) ont aussi décrit que la production vers 90 jours du post-partum est plus faible chez les vaches avec une note d'état corporel au vêlage ≤ 3 .

Pedron *et al.* (1993) ont observés que la note d'état corporel élevée au vêlage (3 à 4) est associée à 422kg de lait en plus en 305 jours de lactation.

Pour nos résultats, il s'avère que nos vaches sont classées dans la catégorie faible niveau de production (et pas faibles productrices) donc leur comportement productif est différent, notre effectif est assez réduit, et les conditions expérimentales sont moins bien contrôlées.

En revanche, la note d'état corporel au tarissement et au vêlage influence significativement la production laitière au pic de lactation (1^{er} mois du post-partum) (tableau n°21). De même la corrélation entre les mêmes variables est positive et significative (tableau n°25 et 26 ; figure n°39).

Tableau N°21 : Effet de la note d'état corporel au tarissement et au vêlage sur la production au pic de lactation.

Note d'état corporel	N	Production laitière au 1^{er} mois post-partum (pic de lactation)	Valeur P
		Moyenne±Erreur-standard	
Au	□3	7	608.55±24.00
tarissement	≤3	7	519.01±24.00
Au	□3	6	618.67±24.54
vêlage	≤3	8	522.62±21.25

N : Nombre d'échantillon.

Tableau N°22 : Effet de la note d'état corporel au tarissement et au vêlage sur la production au 2^{ème} mois de lactation.

Note d'état corporel	N	Production laitière au 2^{ème} mois post-partum	Valeur P
		Moyenne±Erreur-standard	
Au	□3	7	560.10±31.42
tarissement	≤3	7	511.89±31.42
Au	□3	6	564.93±33.58
vêlage	≤3	8	514.30±29.08

N : Nombre d'échantillon.

Tableau N°23 : Effet de la note d'état corporel au tarissement et au vêlage sur la production au 3^{ème} mois de lactation.

Note d'état corporel	N	Production laitière au 3^{ème} mois post-partum	Valeur P
		Moyenne±Erreur-standard	
Au tarissement	□3	7	0.744
	≤3	7	
Au vêlage	□3	6	0.298
	≤3	8	

N : Nombre d'échantillon.

Tableau N°24 : Effet de la note d'état corporel au tarissement et au vêlage sur la production cumulée de 90 jours du post-partum.

Note d'état corporel	N	Production laitière cumulée de 90 jours	Valeur P
		Moyenne±Erreur-standard	
Au tarissement	□3	7	0.139
	≤3	7	
Au vêlage	□3	6	0.053
	≤3	8	

N : Nombre d'échantillon.

Tableau N°25 : La régression entre la note d'état corporel au tarissement et la production laitière durant les trois premiers mois de lactation.

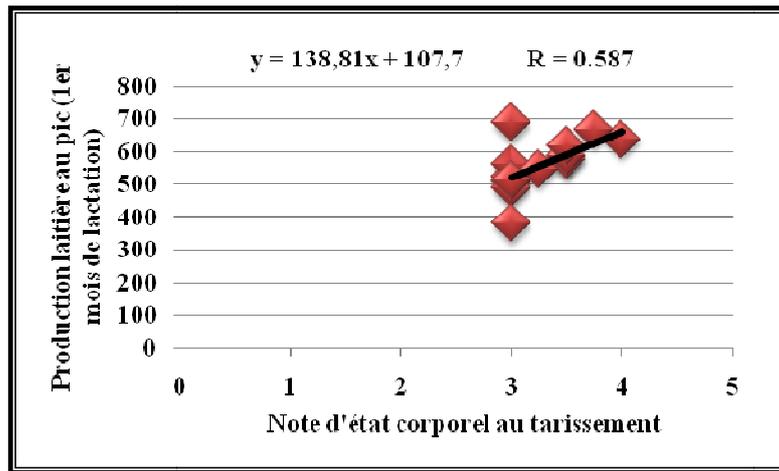
Production laitière	R	Valeur P
Au 1 ^{er} mois du post-partum	+0.587	0.027
Au 2 ^{ème} mois du post-partum	+0.312	0.278
Au 3 ^{ème} mois du post-partum	+0.125	0.671
Cumulée de 90 jours	+0.384	0.175

R : coefficient de corrélation linéaire ; **P** : seuil de signification du coefficient de régression.

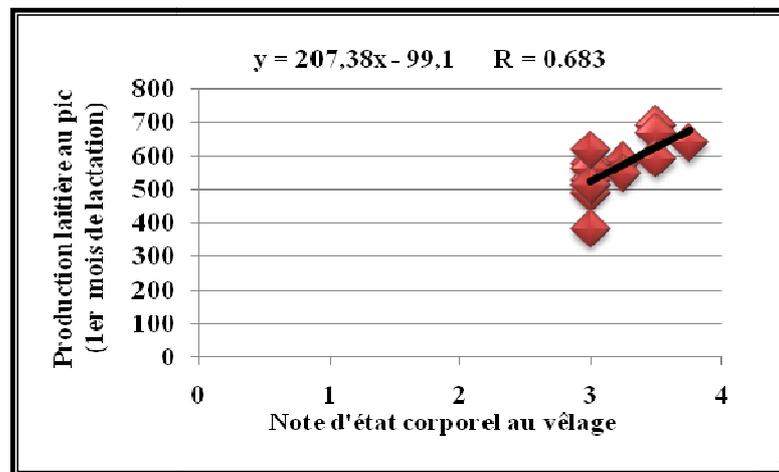
Tableau N°26 : La régression entre la note d'état corporel au vêlage et la production laitière durant les trois premiers mois de lactation.

Production laitière	R	Valeur P
Au 1 ^{er} mois du post-partum	+0.683	0.007
Au 2 ^{ème} mois du post-partum	+0.380	0.18
Au 3 ^{ème} mois du post-partum	+0.296	0.304
Cumulée de 90 jours	+0.525	0.054

R : coefficient de corrélation linéaire ; **P** : seuil de signification du coefficient de régression.



-A-



-B-

Figure N°39 : La corrélation entre la note d'état corporel au tarissement et au vêlage, et la production laitière au pic de lactation (A : entre la NEC au tarissement et la production laitière au pic ; B : entre la NEC au vêlage et la production laitière au pic).

VII.2. Relation entre la perte de l'état corporel et la production cumulée de 90 jours :

Concernant la relation entre la perte d'état corporel et la production laitière, notre étude ne montre pas un effet significatif de la perte enregistrée pendant les trois premiers mois de lactation et la production cumulée de 90 jours (tableau n°27). Cependant, la corrélation est positive et significative (figure n°40), ce qui est en accord avec les résultats de Heuer *et al.* (1999), qui ont observé une corrélation positive entre la perte de l'état corporel et le rendement laitier.

Tableau N°27 : Effet de la perte d'état corporel sur la production laitière cumulée de 90 jours du post-partum.

Perte	N	Production laitière cumulée de 90 jours Moyenne±Erreur-standard	Valeur P
≥1	7	1650.90±64.46	0.079
□1	7	1473.74±64.46	

N : Nombre d'échantillon.

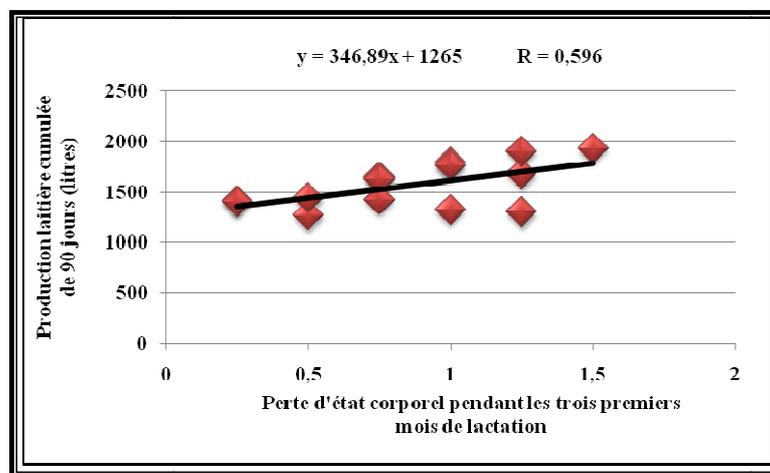


Figure N°40 : La corrélation entre la perte d'état corporel pendant les trois premiers mois de lactation et la production cumulée de 90 jours ($R = +0.596$, $P = 0.024$).

VII.3. Relation entre la note d'état corporel et le taux butyreux :

L'effet des facteurs de variation sur l'évolution du taux butyreux pendant les trois premiers mois de lactation n'a aucun effet significatif, mais en retirant du modèle initial d'analyse de la variance l'effet origine, nous avons remarqué l'apparition de l'effet saison. Par la suite, pour vérifier l'effet saison sur les vaches nées localement, nous avons observé que l'effectif était réduit. Par conséquent nous avons intégré le facteur saison comme Co-variable dans le modèle final d'analyse statistique .

Nous avons observé qu'au 1^{er} et au 2^{ème} contrôle aucun effet significatif de la note d'état corporel au vêlage sur le taux butyreux n'a été observé (tableau n°28). Ceci est en contradiction avec les résultats de la bibliographie, qui postulent qu'une vache grasse au moment du vêlage ($NEC \geq 4.5$) libère beaucoup plus d'acides gras dans le sang, le TB1 est élevé, le TB2 reste élevé du fait d'une prolongation de l'amaigrissement (Ennuyer, 1994 ; Ennuyer, 1998). Nos résultats sont en revanche raisonnables du fait que le niveau de production de nos vaches est plus faible, ce qui explique que la perte n'est pas significativement différente ($P \geq 0.05$) entre les vaches disposants d'une note d'état corporel au vêlage ≥ 3 ou ≤ 3 . De même, nous observons que le TB2 est plus élevé que le TB1 pour les deux groupes de vaches et ce d'autant plus que la production est insuffisante et plus faible (phénomène de concentration) (Ennuyer, 1994 ; Ennuyer, 1998).

Tableau N°28 : Effet de la note d'état corporel au vêlage sur le taux butyreux au 1^{er} et au 2^{ème} contrôle.

Taux butyreux	Note d'état corporel au vêlage		Valeur <i>P</i>
	≥ 3 (N=12) Moyenne±Erreur-standard	≤ 3 (N=10) Moyenne±Erreur-standard	
Au 1 ^{er} contrôle	3.80±0.10	3.85±0.11	0.742
Au 2 ^{ème} contrôle	4.24±0.10	4.06±0.11	0.129

N : Nombre d'échantillon.

Discussion générale :

Nous avons essayé par la présente étude de mieux comprendre le comportement et le métabolisme de la vache laitière en fin de gestation et en début de lactation en termes d'arbitrage de l'énergie via la production laitière, en utilisant comme outil de diagnostic l'évolution de la note d'état corporel et quelques paramètres biochimiques du statut énergétique (glycémie et cholestérolémie).

Nous récapitulons lors de cette partie les principaux résultats en essayant de proposer des mécanismes vraisemblables pour les expliquer, en adoptant comme schéma analytique les trois phases critiques du *péri-partum* : le tarissement, le vêlage et le début de lactation.

Au tarissement :

La note d'état corporel enregistrée un mois après le début de tarissement (8^{ème} mois de gestation) est en moyenne de 3.48 ± 0.44 , ce qui correspond bien aux normes décrites dans la bibliographie (Rodenburg, 1996 ; Gerloff, 1987 ; Hanzen et Castaigne, 2004; Aubadi-Ladrix, 2005). De même, la glycémie enregistrée est de 0.70 ± 0.12 gr/l, ce qui est proche des valeurs d'autres travaux enregistrés dans les régions tempérées (Poncet, 2002 ; Tillard, 2007). Ces deux indicateurs montrent que les vaches sont probablement dans un bilan énergétique positif.

Quant à la cholestérolémie, on assiste à une diminution qui commence déjà un mois avant le vêlage, témoignant ainsi d'un début précoce de mobilisation de réserves corporelles.

Au vêlage :

La note d'état corporel et la glycémie décroissent légèrement, expliquant que les vaches commencent à dépenser leur énergie déjà un mois avant le vêlage suite à l'augmentation des besoins énergétiques liés à la gestation ($\square 1$ UFL) (Faverdin et al., 2007b) concomitante à une diminution de la capacité d'ingestion (de 20% entre la 30^{ème} et la 40^{ème} semaine de gestation) (Faverdin et al., 2007b ; Enjalbert, 2003). La deuxième partie de la période sèche est donc marquée par une nécessité d'augmenter la densité énergétique de la

ration. En revanche, dans notre étude, le régime alimentaire (quantité et qualité) n'a pas changé entre le début et la fin de tarissement expliquant ainsi la légère diminution de la note d'état corporel et de la glycémie à cette période.

Pour la cholestérolémie, la diminution importante (0.74 ± 0.13 gr/l au vêlage) est liée à l'accroissement des besoins du fœtus et de la glande mammaire pour la synthèse des hormones stéroïdes (Pysera et Opalka, 2000 ; Turk et *al.*, 2005), vue qu'il est le principal précurseur de leur synthèse (Huszenicza et *al.*, 1988 ; Lean et *al.*, 1992; Westwood et *al.*, 2002).

Au début de lactation :

La parturition est associée à une série complexe de changements métaboliques et endocriniens, c'est à ce moment là que la production laitière démarre et augmente jour après jour pour atteindre son pic entre le 1^{er} et le 2^{ème} mois du post-partum. Cette augmentation est accompagnée d'un accroissement des besoins dans un temps où la capacité d'ingestion évolue de façon très progressive pour atteindre son maximum deux à quatre mois après le vêlage (Enjalbert, 2003).

Ce décalage entre la courbe d'ingestion de la MS et la courbe de lactation et des besoins, fait que la vache est par conséquent dans un bilan énergétique négatif lié à une sous alimentation relative (Chilliard et *al.*, 1998). Des mécanismes adaptatifs se mettent en place, il y a une altération du métabolisme du tissu adipeux de fin gestation (augmentation de la lipolyse et diminution de la lipogénèse) pour assurer les besoins de la glande mammaire pour la synthèse du lait (homéostasie) (Bauman et Currie, 1980).

Dans notre étude, suite au démarrage de la lactation, la note d'état corporel montre une mobilisation progressive et modérée avec un minimum enregistré au 2^{ème} mois du post-partum. Vu que les glucides du lait sont principalement représentés par le lactose (50gr/l) (Goursaud, 1985) et que ce dernier est synthétisé dans la mamelle à partir du glucose, la glycémie diminue mais de façon plus rapide et modérée aussi, en même temps que la production laitière augmente, mais le pic est de niveau faible (16.53 ± 3.88) au 1^{er} mois.

L'hypercholestérolémie en début de lactation est physiologique, elle est liée probablement à l'augmentation de la synthèse des lipoprotéines dans le foie (impliqués dans le transport des triglycérides) en relation avec le niveau de production laitière (Van Den Top et *al.*, 1995).

Le taux butyreux est lié surtout au niveau de la production laitière, et les valeurs les plus élevées sont enregistrées en été, ce qui peut être dû probablement à un niveau de production faible (phénomène de concentration), alors que la note d'état corporel ne présente aucun effet significatif contrairement aux données de la bibliographie (Ennuyer, 1994 ; Ennuyer, 1998).

Le taux protéique par contre montre qu'il est dépendant probablement du niveau énergétique de la ration et de la disponibilité en acide propionique (C3) (ration alimentaire avec des quantités insuffisantes de concentrés et qui présente des ruptures répétées au cours de l'année).

Nos résultats montrent que la note d'état corporel au vêlage peut être utilisée comme un outil de diagnostic fiable. La dynamique de l'évolution de l'état corporel en début de lactation diffère selon l'état d'engraissement au vêlage, et corrobore les résultats que Nogalski et Górak, 2007 ont observé. En effet, celle-ci influe significativement sur la production laitière au pic et sur la production cumulée de 90jours.

Le niveau de production est par conséquent un paramètre très important qui ne doit pas être négligé car il permet de mieux comprendre le métabolisme de la vache surtout dans la période du péri-partum. Un niveau de production faible ne permet pas de vérifier l'effet de la note d'état corporel sur les variations métaboliques et de production survenues en début de lactation. Le niveau de production pratiquement faible dans notre étude peut être expliqué par la faible adaptation des vaches laitières à leur environnement. Ce dernier englobe plusieurs facteurs à savoir la saison, la conduite d'élevage, l'alimentation...

La saison de vêlage peut agir sur la production laitière et la composition chimique de deux façons :

- Un effet direct de la saison : rappelons que le nord de l'Algérie appartient à la région de Tell dont le climat est froid et pluvieux en hiver, chaud et sec en été. Ces changements climatiques influencent négativement sur les performances de la vache surtout sur celles qui sont en production. L'augmentation de la température au delà de la fourchette du confort thermique (+2 à +21°C ; Lensink et Leruste en 2006) crée des difficultés aux vaches pour se refroidir et donc un stress thermique qui provoque une réduction de l'ingestion de la MS (Ominski et *al.* 2002), une prise de quantités plus importantes d'eau (Pennington et Vandevender, 1996) et une diminution du niveau de production du lait (Arieli et *al.* 2004).
- Un effet indirect : à court terme lié à l'alimentation et ses modifications qui se marquent surtout chez les vaches en début de lactation, dont les besoins sont au maximum (Agabriel et *al.*, 1990).

Il faut marquer aussi que la qualité des marqueurs nutritionnels des dosages (tel que la glycémie et la cholestérolémie), qui sont des concentrations et non pas des flux, est remise en cause par plusieurs auteurs (Parker et Blowey, 1976 ; Randel, 1990). Les limites sont liées non seulement au nombre important des facteurs extra-nutritionnels comme la saison, la race, l'âge ou la méthode d'analyse et des interactions qu'ils peuvent présenter avec les facteurs nutritionnels, mais surtout l'existence des mécanismes de régulation interne (régulation homéostasique et homéorhétique) qui compensent ou diffèrent dans le temps les variations nutritionnelles (Ingraham et Kappel, 1988 ; Schelcher et *al.*, 1995).

Enfin, bien que nos résultats montrent que les effets des variables de l'environnement ont un faible impact sur les paramètres étudiés, ils méritent qu'ils soient confirmés sur des effectifs d'animaux plus importants. Aussi, certains paramètres que nous n'avons pas étudié (AGNE, β Hydroxybutyrates, l'insuline et les données de la reproduction) sembleraient contribuer au comportement physiologique des animaux.

Conclusion et perspectives :

L'élevage de la vache laitière en région sud méditerranéenne ne possède pas encore suffisamment de références, mise à part les règles de l'élevage laitier en régions tempérées qui ne permettent pas son maîtrise dans un environnement comme celui de la région sud méditerranéenne. D'un autre côté, l'augmentation de la productivité et en particulier dans la filière de la production laitière peut constituer une alternative pour promouvoir le développement de l'activité agricole et diminuer la dépendance alimentaire en Algérie mais cela nécessite au préalable une bonne connaissance du comportement physiologique et du métabolisme de la vache laitière dans une période très critique de son cycle de production : le *péri-partum*.

Dans cette étude, nous avons réalisé un suivi de l'évolution de la note d'état corporel et de certains paramètres biochimiques du statut énergétique (glycémie et cholestérolémie) afin de mieux comprendre le comportement et le métabolisme de la vache durant cette période en terme de gestion des réserves corporelles et d'arbitrage de l'affectation de l'énergie disponible pour l'animal.

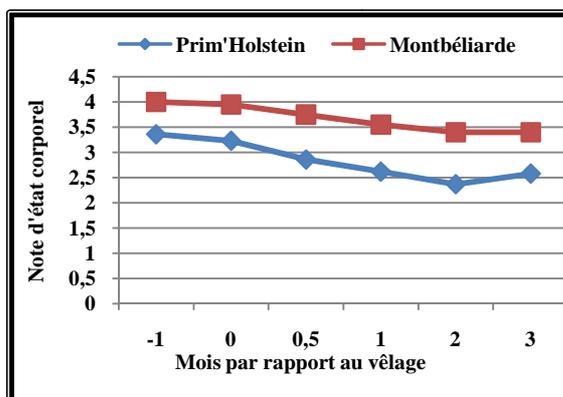
A l'issu de nos résultats, nous pouvons conclure que le niveau de production laitière est un paramètre très important pour juger du comportement de l'animal. Le niveau de production dans notre étude s'avère assez modeste, et montre, entre autre, les relations probablement existantes entre les différentes variables étudiées : absence d'effet de la note d'état corporel au vêlage sur l'évolution de la glycémie, de la perte d'état corporel et du taux butyreux en début de lactation, absence de corrélation entre la perte d'état corporel et la production laitière. Néanmoins, la note d'état corporel s'avère un outil fiable et pratique pour prédire la dynamique de l'évolution de la note d'état corporel en *post-partum* ainsi que la production laitière en début de lactation. En effet, la production laitière enregistrée au 1^{er} mois de lactation (pic) est meilleure chez les vaches disposants de plus de réserves corporelles au tarissement et au vêlage. De même, la production cumulée de 90 jours de lactation est plus importante chez les vaches dont la note d'état corporel au vêlage est plus élevée.

Au cours de l'analyse de nos résultats, il nous paraît aussi que la saison de vêlage exerce un effet significatif sur l'évolution de la majorité des variables (quantité du lait produite, taux butyreux, taux protéique, glycémie et cholestérolémie), d'où l'importance relative de ce facteur qui doit être pris en considération dans les études ultérieures car il expliquera en partie la faible adaptation des vaches laitières à notre environnement.

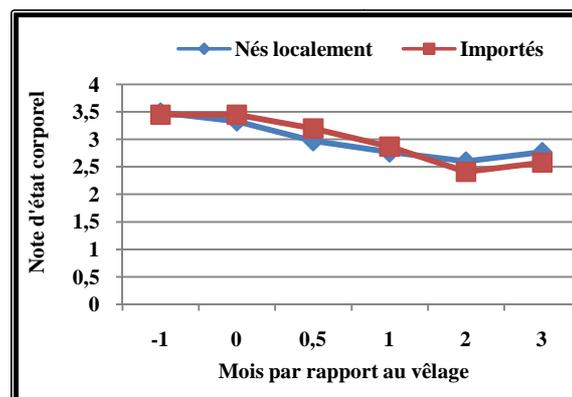
Ce travail a permis d'améliorer les connaissances sur la période du *péri-partum* et de mieux comprendre l'arbitrage en termes d'affectation de l'énergie.

Il est souhaitable enfin que cette étude constitue à terme, le point de départ à la mise en place de projets de recherche multi-sites autour des questions relatives à l'élaboration et l'amélioration des performances des vaches laitières, en particulier dans un contexte environnemental difficile tel que le notre, en utilisant des effectifs plus importants et en mesurant d'autres variables (reproduction) et d'autres paramètres (insuline, AGNE, BHB, IGF,..), qui méritent des investigations plus poussées dans des travaux ultérieurs.

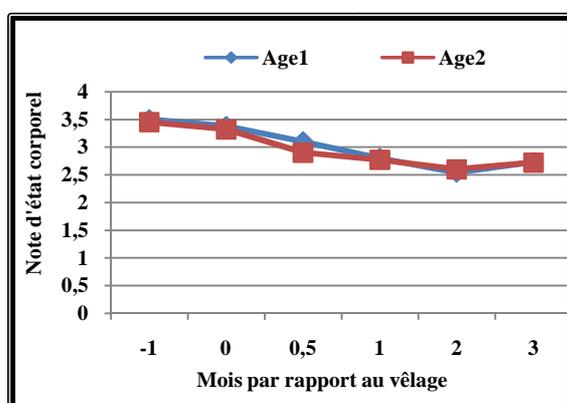
Annexe n° 1 : Variabilité de l'évolution de la note d'état corporel selon les différents facteurs de variation au cours du péri-partum.



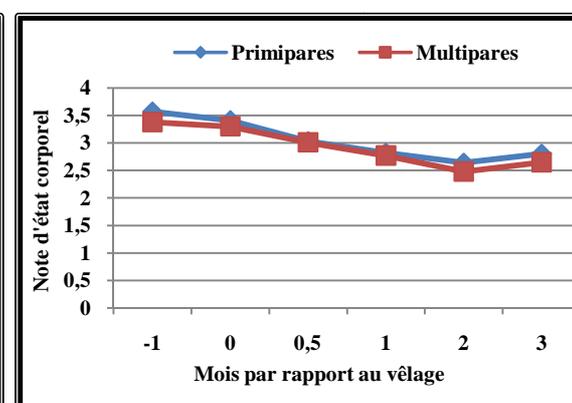
-A-



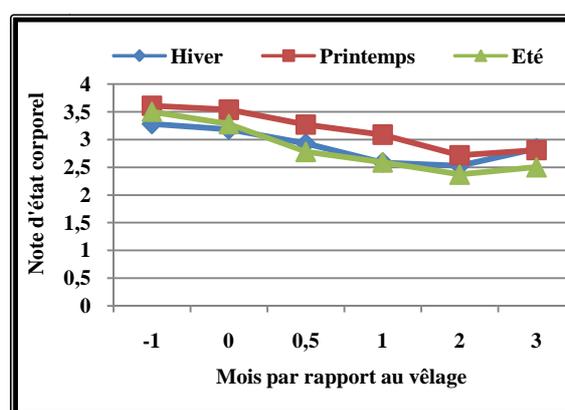
-B-



-C-



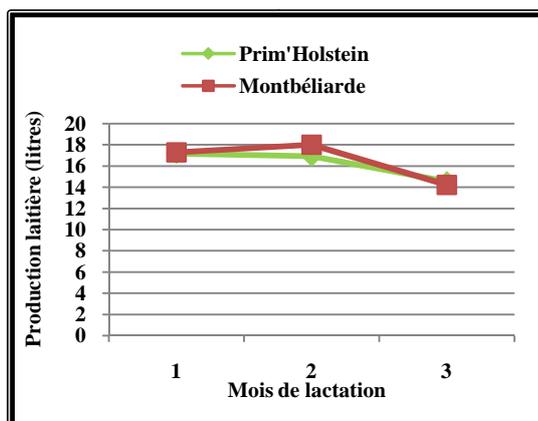
-D-



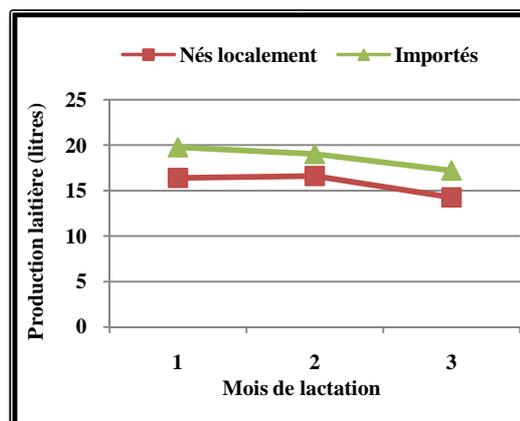
-E-

(A : selon la race ; B : selon l'origine ; C : selon l'âge au 1^{er} vêlage, Age1 : ≥ 30 mois ; Age2 : ≥ 30 mois ; D : selon la parité ; E : selon la saison de vêlage ; -1 : au 8^{ème} mois de gestation ; 0 : au vêlage ; 0.5 : au 15^{ème} jour du post-partum ; 1 : au 1^{er} mois du post-partum ; 2 : au 2^{ème} mois du post-partum ; 3 : au 3^{ème} mois du post-partum).

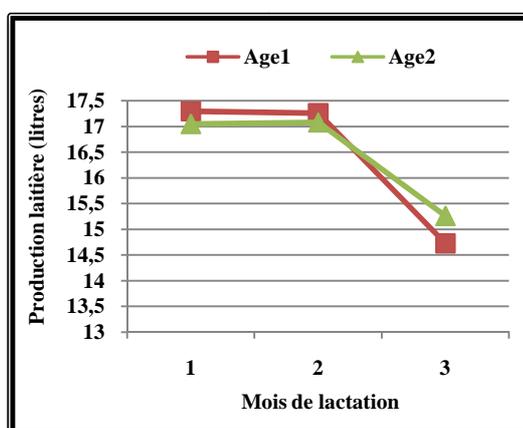
Annexe n° 2 : Variabilité de l'évolution de la production laitière au cours des trois premiers mois de lactation selon les différents facteurs de variation.



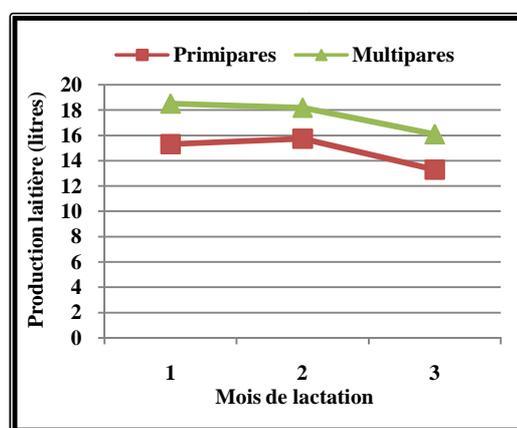
-A-



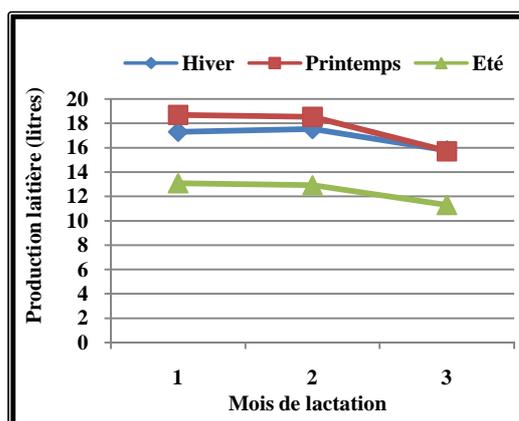
-B-



-C-



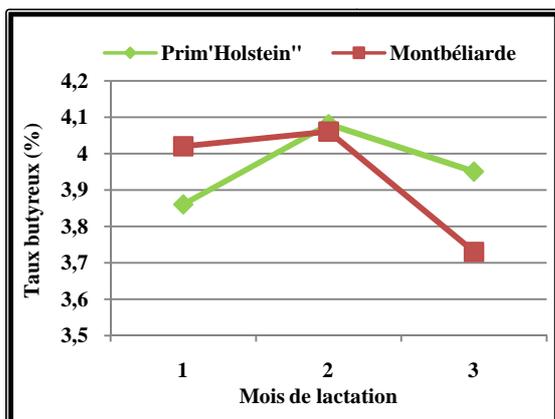
-D-



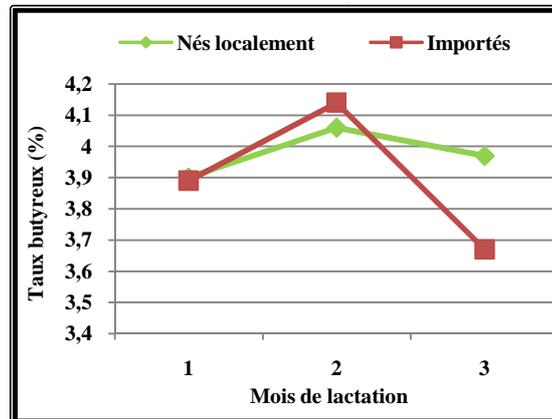
-E-

(A : selon la race ; B : selon l'origine ; C : selon l'âge au 1^{er} vêlage, Age1 : ≥ 30 mois ; Age2 : ≥ 30 mois ; D : selon la parité ; E : selon la saison de vêlage).

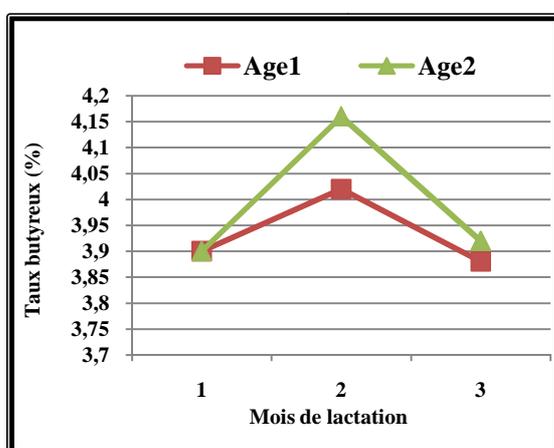
Annexe n° 3 : Variabilité de l'évolution du taux butyreux au cours des trois premiers mois de lactation selon les différents facteurs de variation.



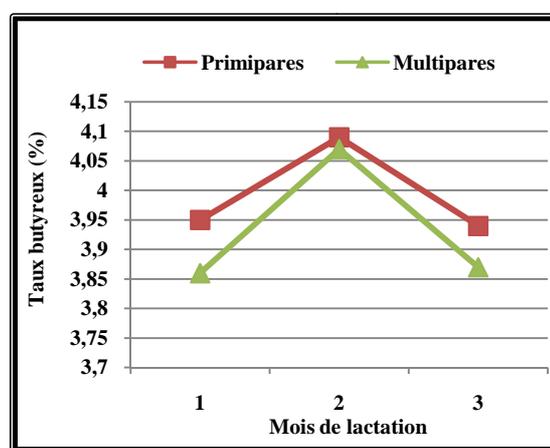
-A-



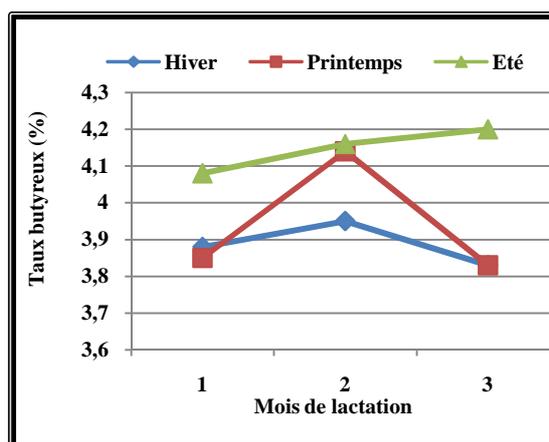
-B-



-C-



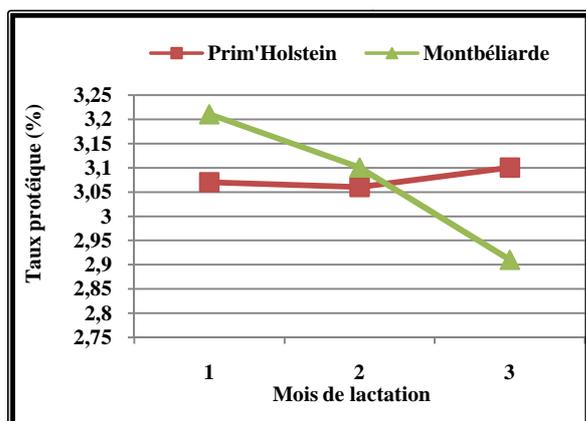
-D-



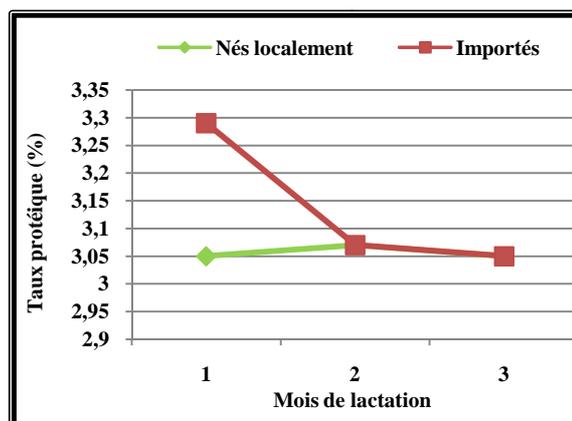
-E-

(A : selon la race ; B : selon l'origine ; C : selon l'âge au 1^{er} vêlage, Age1 : ≥ 30 mois ; Age2 : ≥ 30 mois ; D : selon la parité ; E : selon la saison de vêlage).

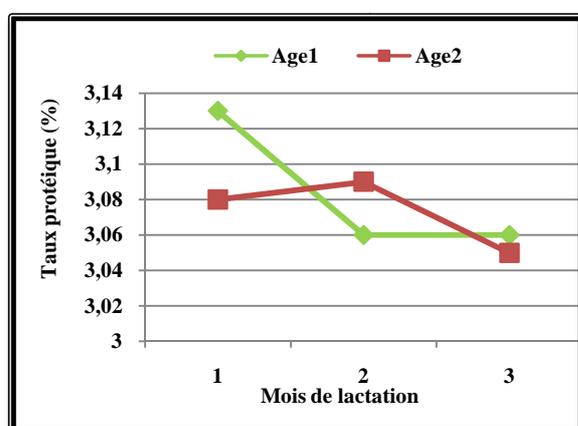
Annexe n° 4 : Variabilité de l'évolution du taux protéique au cours des trois premiers mois de lactation selon les différents facteurs de variation.



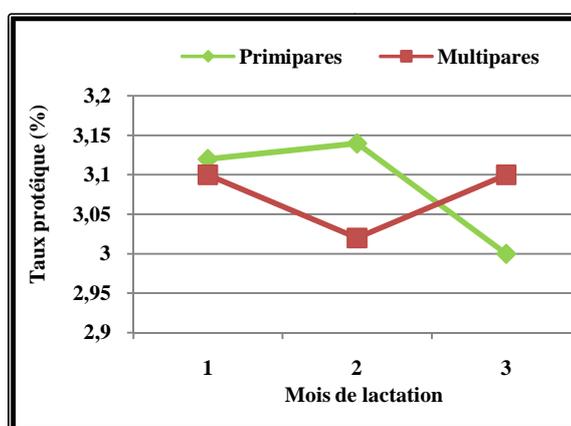
-A-



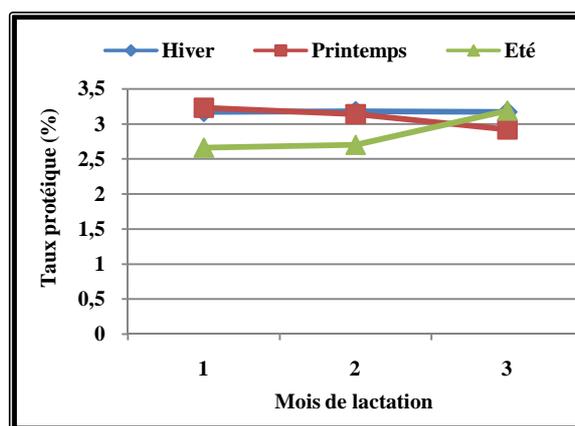
-B-



-C-



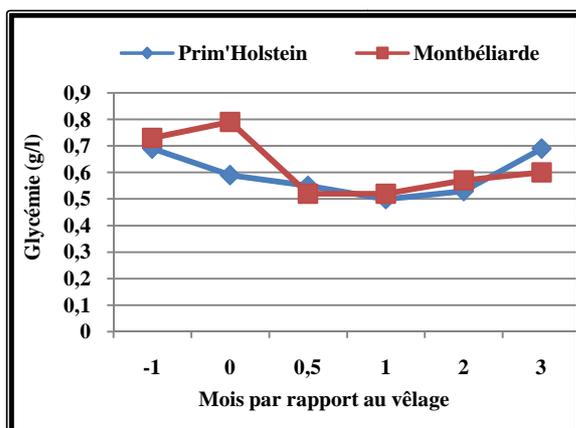
-D-



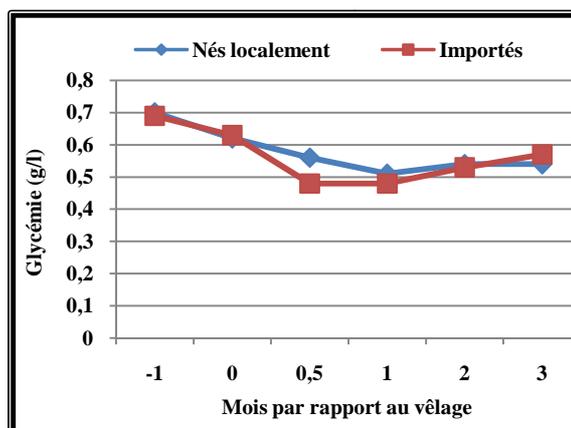
-E-

(A : selon la race ; B : selon l'origine ; C : selon l'âge au 1^{er} vêlage, Age1 : ≥ 30 mois ; Age2 : ≥ 30 mois ; D : selon la parité ; E : selon la saison de vêlage).

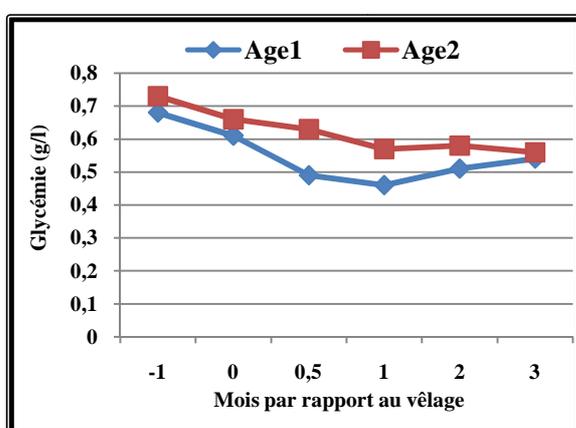
Annexe n°5 : Variabilité de l'évolution de la glycémie au cours du péri-partum selon les différents facteurs de variation.



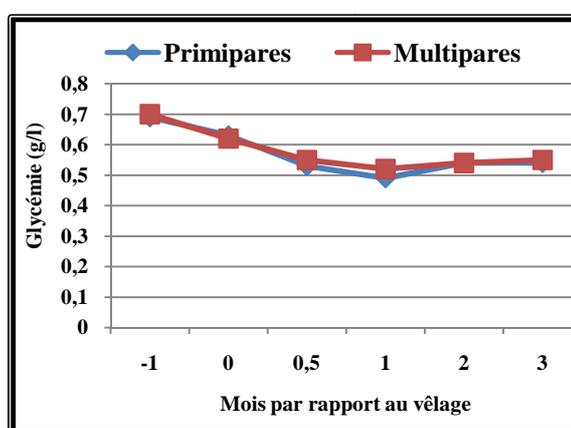
-A-



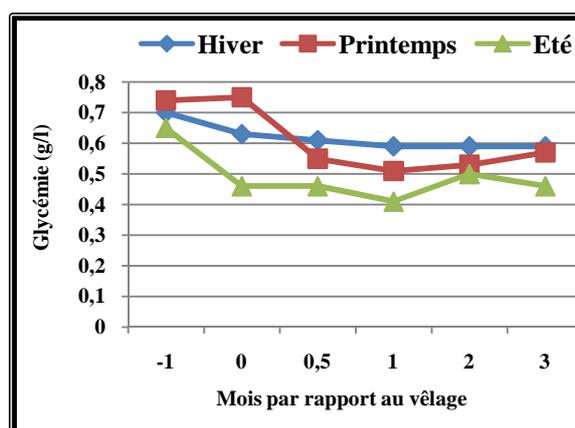
-B-



-C-



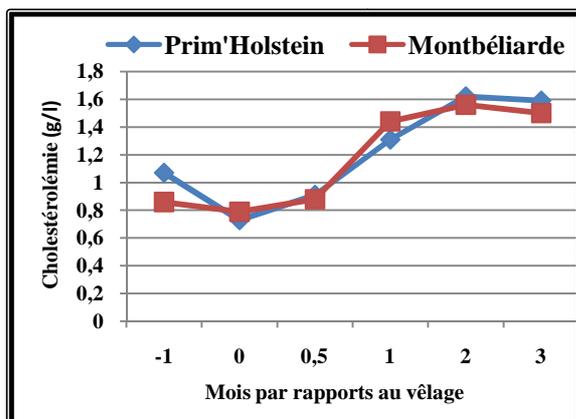
-D-



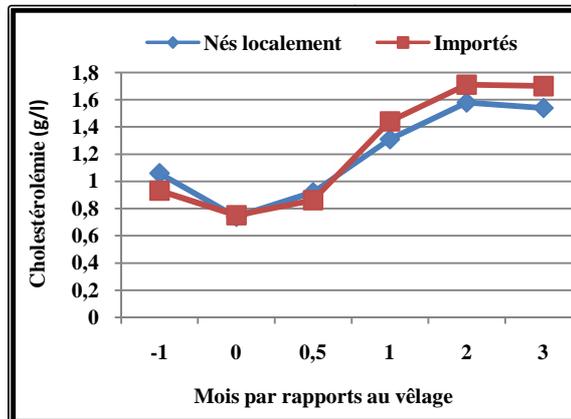
-E-

(A : selon la race ; B : selon l'origine ; C : selon l'âge au 1^{er} vêlage, Age1 : ≥ 30 mois ; Age2 : ≥ 30 mois ; D : selon la parité ; E : selon la saison de vêlage ; -1 : un mois avant le vêlage ; 0 : au vêlage ; 0.5 : 15 jours après le vêlage ; 1 : un mois après le vêlage ; 2 : deux mois après le vêlage ; 3 : trois mois après le vêlage).

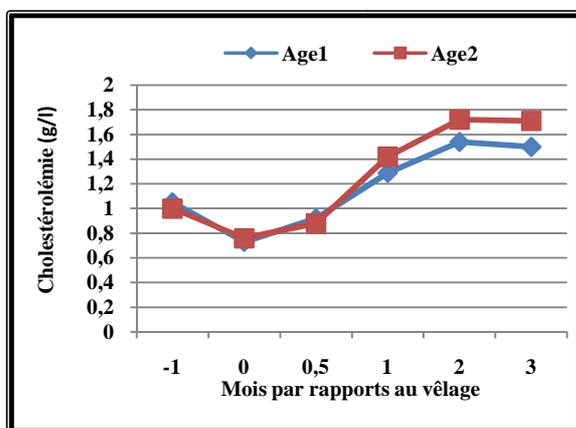
Annexe n°6 : Variabilité de l'évolution de la cholestérolémie au cours du péri-partum selon les différents facteurs de variation.



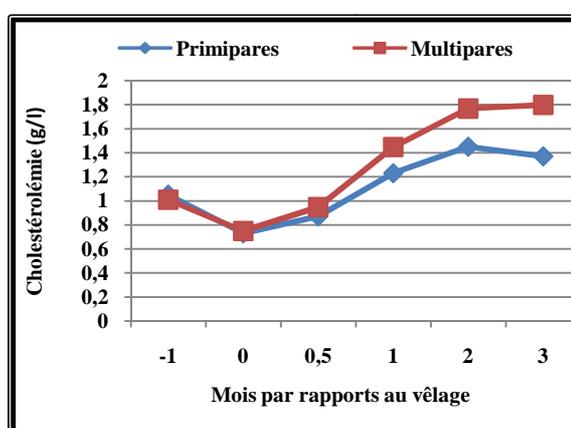
-A-



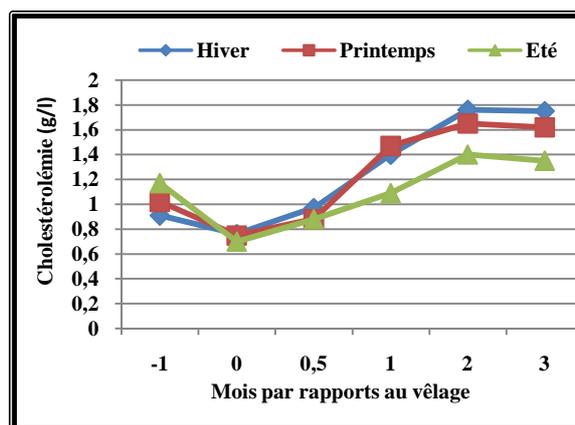
-B-



-C-



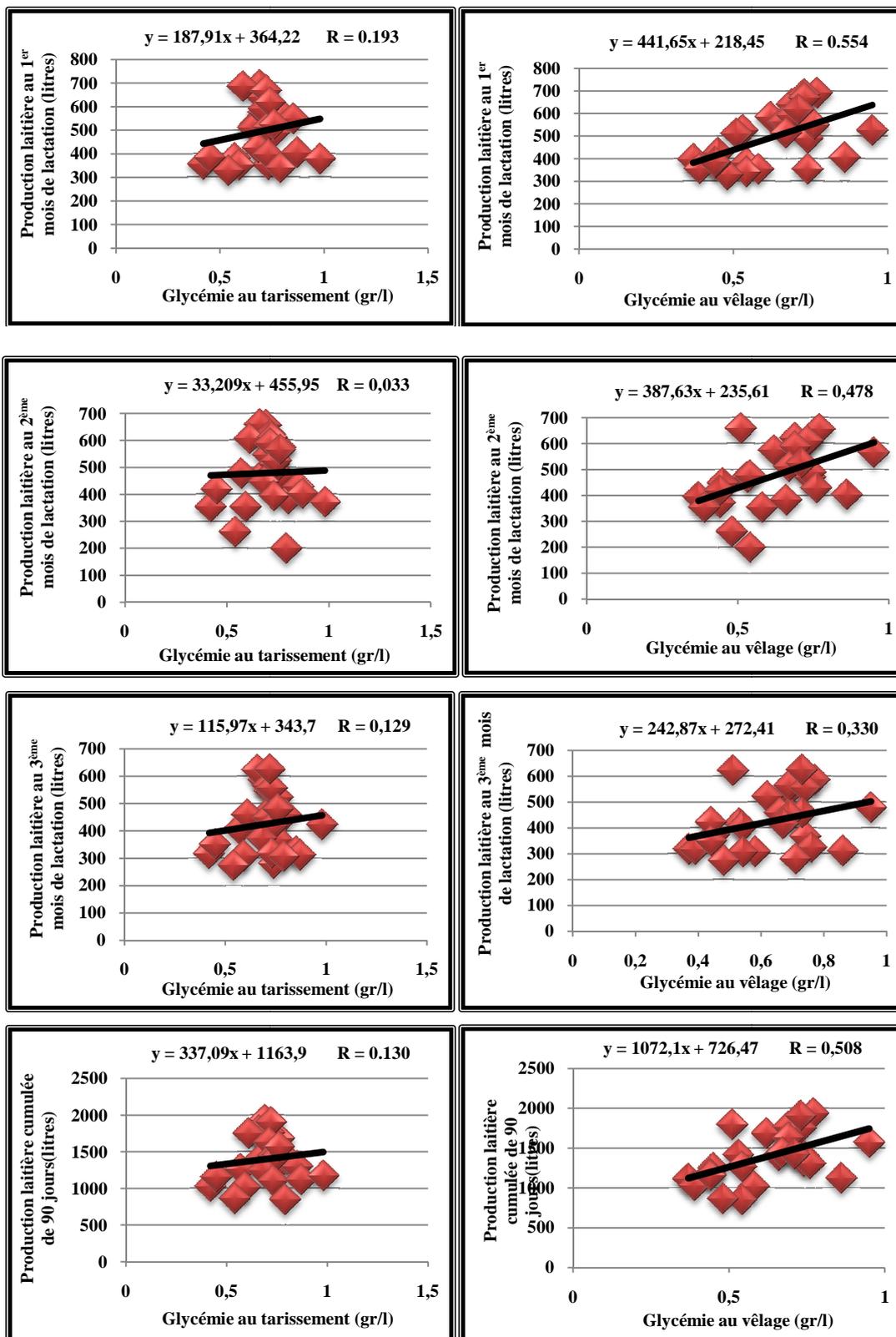
-D-



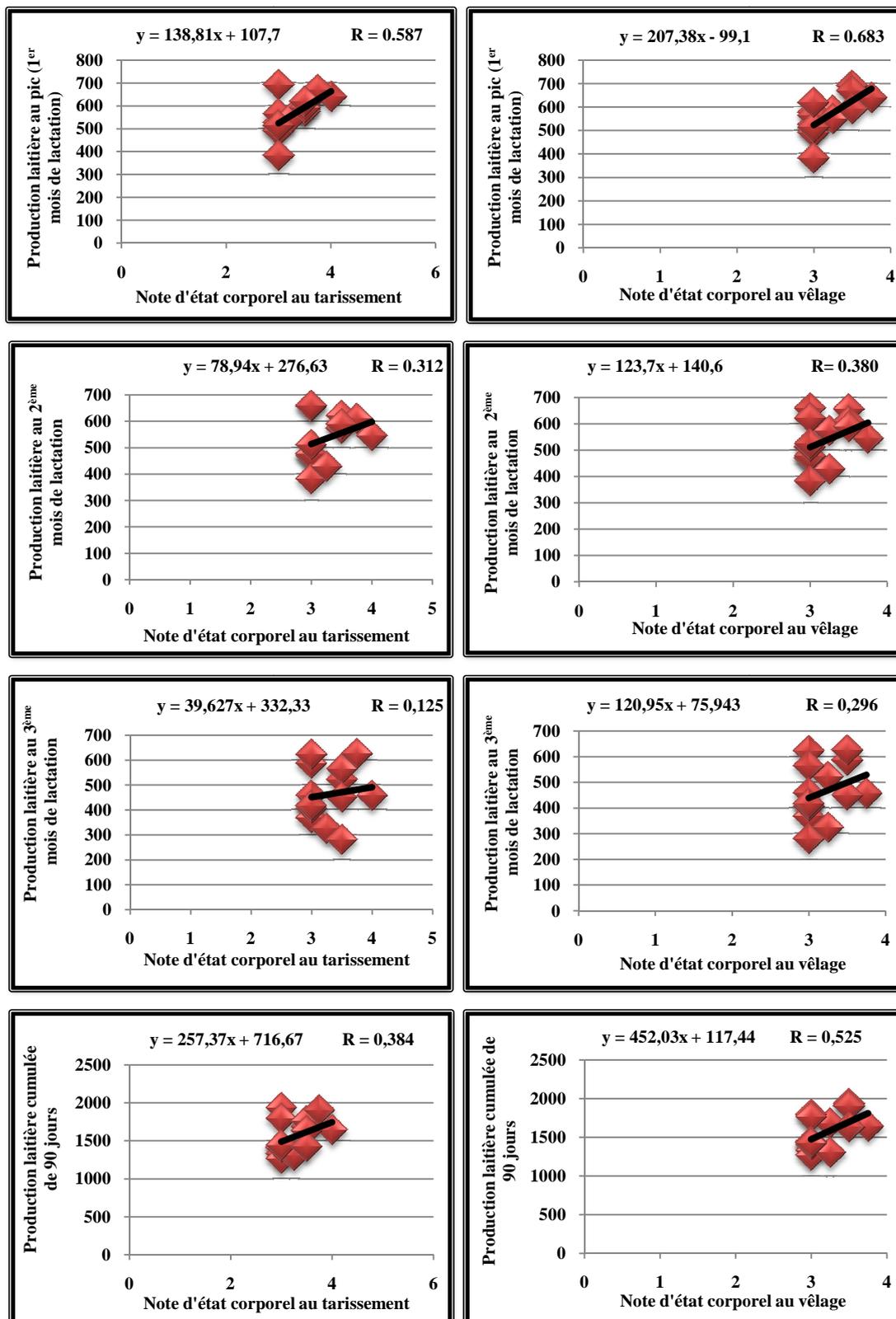
-E-

(A : selon la race ; B : selon l'origine ; C : selon l'âge au 1^{er} vêlage, Age1 : ≥ 30 mois ; Age2 : ≥ 30 mois ; D : selon la parité ; E : selon la saison de vêlage ; -1 : un mois avant le vêlage ; 0 : au vêlage ; 0.5 : 15 jours après le vêlage ; 1 : un mois après le vêlage ; 2 : deux mois après le vêlage ; 3 : trois mois après le vêlage).

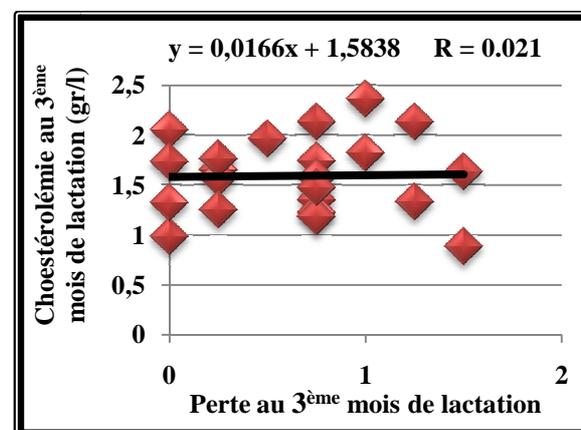
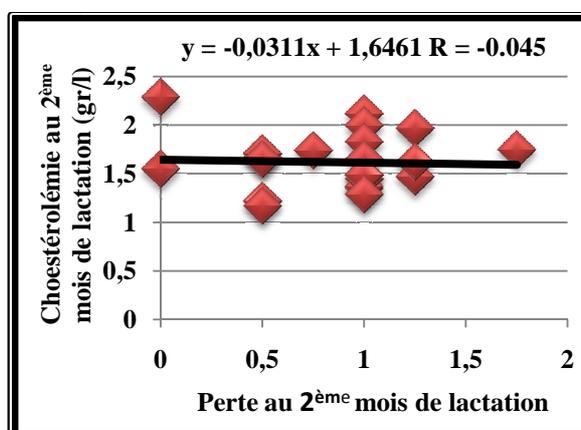
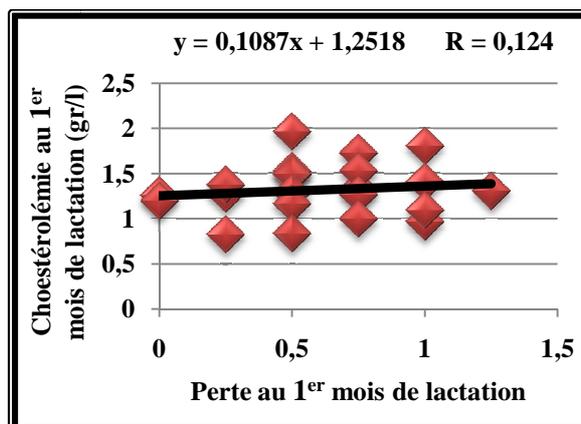
Annexe n°7 : La corrélation entre la glycémie au tarissement et au vêlage, et la production laitière pendant les trois premiers mois de lactation.



Annexe n°8 : La corrélation entre la note d'état corporel au tarissement et au vêlage, et la production laitière pendant les trois premiers mois de lactation.



Annexe n°9 : La corrélation entre la perte d'état corporel et la cholestérolémie durant les trois premiers mois de lactation.



Annexe n°10 : Technique de dosage des paramètres biochimiques étudiés à partir des kits SPINREACT.



CE

GLUCOSE -TR

Glucose

Trinder. GOD-POD

Quantitative determination of glucose IVD

Store at 2-8°C

PRINCIPLE OF THE METHOD

Glucose oxidase (GOD) catalyses the oxidation of glucose to gluconic acid. The formed hydrogen peroxide (H₂O₂), is detected by a chromogenic oxygen acceptor, phenol-aminophenazone in the presence of peroxidase (POD):



The intensity of the color formed is proportional to the glucose concentration in the sample^{1,2}.

CLINICAL SIGNIFICANCE

Glucose is a major source of energy for most cells of the body; insulin facilitates glucose entry into the cells.

Diabetes is a disease manifested by hyperglycemia; patients with diabetes demonstrate an inability to produce insulin^{1,5,6}.

Clinical diagnosis should not be made on a single test result; it should integrate clinical and other laboratory data.

REAGENTS

R 1	TRIS pH 7.4	92 mmol/L
Buffer	Phenol	0.3 mmol/L
R 2	Glucose oxidase (GOD)	15000 U/L
Enzymes	Peroxidase (POD)	1000 U/L
	4 - Aminophenazone (4-AP)	2.6 mmol/L
GLUCOSE CAL	Glucose aqueous primary standard	100 mg/dL

PREPARATION

Working reagent (WR): Dissolve (→) the contents of one vial R 2 Enzymes in one bottle of R 1 Buffer.

Cap and mix gently to dissolve contents.

The reagent is stable 1 month after reconstitution in the refrigerator (2-8°C) or 7 days at room temperature (15-25°C).

STORAGE AND STABILITY

All the components of the kit are stable until the expiration date on the label when stored tightly closed at 2-8°C, protected from light and contaminations prevented during their use.

Do not use reagents over the expiration date.

Signs of reagent deterioration:

- Presence of particles and turbidity.
- Blank absorbance (A) at 505 nm \geq 0.10.

ADDITIONAL EQUIPMENT

- Spectrophotometer or colorimeter measuring at 505 nm.
- Matched cuvettes 1.0 cm light path.
- General laboratory equipment.

SAMPLES

Serum or plasma, free of hemolysis¹ and CSF.

Serum should be removed from the clot as quickly as possible.

Stability: Glucose is stable at 2-8°C for 3 days.

PROCEDURE

- Assay conditions:
Wavelength: 505 nm (490-550)
Cuvette: 1 cm light path
Temperature: 37°C / 15-25°C
- Adjust the instrument to zero with distilled water.
- Pipette into a cuvette:

	Blank	Standard	Sample
WR (mL)	1.0	1.0	1.0
Standard ^{Note 1,2} (μL)	--	10	--
Sample (μL)	--	--	10

- Mix and incubate for 10 min at 37°C or 15-20 min at room temperature (15-25°C).

- Read the absorbance (A) of the samples and standard, against the Blank. The colour is stable for at least 30 minutes.

CALCULATIONS

$$\frac{(A)\text{Sample}}{(A)\text{Standard}} \times 100 (\text{Standard conc.}) = \text{mg/dL glucose in the sample}$$

Conversion factor: mg/dL x 0.0555 = mmol/L.

QUALITY CONTROL

Control sera are recommended to monitor the performance of assay procedures: SPINTROL H Normal and Pathologic (Ref. 1002120 and 1002210).

If control values are found outside the defined range, check the instrument, reagents and calibrator for problems.

Each laboratory should establish its own Quality Control scheme and corrective actions if controls do not meet the acceptable tolerances.

REFERENCE VALUES¹

Serum or plasma:

$$60 - 110 \text{ mg/dL} \cong 3.33 - 6.10 \text{ mmol/L}$$

CSF:

$$60 - 80\% \text{ of the blood value}$$

These values are for orientation purpose; each laboratory should establish its own reference range.

PERFORMANCE CHARACTERISTICS

Measuring range: From detection limit of 0.04 mg/dL to linearity limit of 500 mg/dL.

If the results obtained were greater than linearity limit, dilute the sample 1/2 with NaCl 9 g/L and multiply the result by 2.

Precision:

Mean (mg/dL)	Intra-assay (n=20)		Inter-assay (n=20)	
	96.8	241	98.4	248
SD	0.81	1.43	1.55	3.73
CV (%)	0.83	0.59	1.58	1.50

Sensitivity: 1 mg/dL = 0.0036 A.

Accuracy: Results obtained using SPINREACT reagents (y) did not show systematic differences when compared with other commercial reagents (x).

The results obtained using 50 samples were the following:

Correlation coefficient (r): 0.99.

Regression equation: y = 1.0x + 0.12.

The results of the performance characteristics depend on the analyzer used.

INTERFERENCES

Haemoglobin up to 4 g/L, bilirubin up to 20 mg/L, creatinine up to 100 mg/L and galactose up to 1g/L do not interfere.

A list of drugs and other interfering substances with glucose determination has been reported by Young et. al³.

NOTES

- GLUCOSE CAL: Proceed carefully with this product because due its nature it can get contaminated easily.
- Calibration with the aqueous standard may cause a systematic error in automatic procedures. In these cases, it is recommended to use a serum Calibrator.
- Use clean disposable pipette tips for its dispensation.
- SPINREACT has instruction sheets for several automatic analyzers. Instructions for many of them are available on request.**

BIBLIOGRAPHY

- Kaplan L.A. Glucose. Kaplan A et al. Clin Chem The C.V. Mosby Co. St Louis. Toronto. Princeton 1984; 1032-1036.
- Trinder P. Ann Clin Biochem 1969; 6: 24-33.
- Young DS. Effects of drugs on Clinical Lab. Tests, 4th ed AACC Press, 1995.
- Young DS. Effects of disease on Clinical Lab. Tests, 4th ed AACC 2001.
- Burtis A et al. Tietz Textbook of Clinical Chemistry, 3rd ed AACC 1999.
- Tietz N W et al. Clinical Guide to Laboratory Tests, 3rd ed AACC 1995.

PACKAGING

Ref:1001190	Cont.	4 x 125 mL
Ref:1001191		4 x 250 mL
Ref:1001192		10 x 50 mL



CHOLESTEROL

Cholesterol

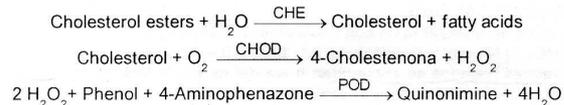
CHOD-POD. Enzymatic colorimetric

Quantitative determination of cholesterol IVD

Store at 2-8°C

PRINCIPLE OF THE METHOD

The cholesterol present in the sample originates a coloured complex, according to the following reaction:



The intensity of the color formed is proportional to the cholesterol concentration in the sample^{1,2}.

CLINICAL SIGNIFICANCE

Cholesterol is a fat-like substance that is found in all body cells. The liver makes all of the cholesterol the body needs to form cell membranes and to make certain hormones.

The determination of serum cholesterol is one of the important tools in the diagnosis an classification of lipemia. High blood cholesterol is one of the major risk factors for heart disease^{5,6}.

Clinical diagnosis should not be made on a single test result; it should integrate clinical and other laboratory data.

REAGENTS

R 1 Buffer	PIPES pH 6.9	90 mmol/L
	Phenol	26 mmol/L
R 2 Enzymes	Cholesterol esterase (CHE)	300 U/L
	Cholesterol oxidase (CHOD)	300 U/L
	Peroxidase (POD)	1250 U/L
	4 - Aminophenazone (4-AP)	0.4 mmol/L
CHOLESTEROL CAL	Cholesterol aqueous primary standard 200 mg/dL	

PREPARATION

Working reagent (WR): Dissolve (→) the contents of one vial R 2 Enzymes in one bottle of R 1 Buffer.

Cap and mix gently to dissolve contents.

(WR) is stable: 4 months at 2-8°C or 40 days at 15-25°C.

Avoid direct sunlight.

STORAGE AND STABILITY

All the components of the kit are stable until the expiration date on the label when stored tightly closed at 2-8°C, protected from light and contaminations prevented during their use.

Do not use reagents over the expiration date.

Signs of reagent deterioration:

- Presence of particles and turbidity.
- Blank absorbance (A) at 505 nm ≥ 0.1 .

ADDITIONAL EQUIPMENT

- Spectrophotometer or colorimeter measuring at 505 nm (500-550).
- Matched cuvettes 1.0 cm light path.
- General laboratory equipment.

SAMPLES

Serum or plasma^{1,2}; Stability of the sample for 7 days at 2-8°C or freezing at -20°C will keep samples stable for a few months.

PROCEDURE

- Assay conditions:
Wavelength: 505 nm (500-550)
Cuvette: 1 cm light path
Temperature: 37°C /15-25°C
- Adjust the instrument to zero with distilled water.
- Pipette into a cuvette:

	Blank	Standard	Sample
WR (mL)	1.0	1.0	1.0
Standard ^(Note 1-2) (µL)	--	10	--
Sample (µL)	--	--	10

- Mix and incubate for 5 min. at 37°C or 10 min. at room temperature.

- Read the absorbance (A) of the samples and Standard, against the Blank. The colour is stable for at least 60 minutes.

CALCULATIONS

$$\frac{(A)\text{Sample}}{(A)\text{Standard}} \times 200 \text{ (Standard conc.)} = \text{mg/dL cholesterol in the sample}$$

Conversion factor: mg/dL x 0.0258= mmol/L.

QUALITY CONTROL

Control sera are recommended to monitor the performance of assay procedures: SPINROL H Normal and Pathologic (Ref. 1002120 and 1002210).

If control values are found outside the defined range, check the instrument, reagents and calibrator for problems.

Each laboratory should establish its own Quality Control scheme and corrective actions if controls do not meet the acceptable tolerances.

REFERENCE VALUES

Risk evaluation^{5,6}:

Less than 200 mg/dL	Normal
200-239 mg/dL	Borderline
240 mg/dL and above	High

These values are for orientation purpose; each laboratory should establish its own reference range.

PERFORMANCE CHARACTERISTICS

Measuring range: From detection limit of 0,6 mg/dL to linearity limit of 600 mg/dL.

If the results obtained were greater than linearity limit, dilute the sample 1/2 with NaCl 9 g/L and multiply the result by 2.

Precision:

Mean (mg/dL)	Intra-assay (n=20)		Inter-assay (n=20)	
	90.1	305	90.4	301
SD	0.64	3.30	1.12	2.30
CV (%)	0.71	1.08	1.24	0.76

Sensitivity: 1 mg/dL = 0.002 A.

Accuracy: Results obtained using SPINREACT reagents (y) did not show systematic differences when compared with other commercial reagents (x).

The results obtained using 50 samples were the following:

Correlation coefficient (r): 0.995.

Regression equation: $y = 1.004x - 0.931$

The results of the performance characteristics depend on the analyzer used.

INTERFERENCES

Hemoglobin up to 5 g/L and bilirubin up to 10 mg/dL, do not interfere^{1,2}.

A list of drugs and other interfering substances with cholesterol determination has been reported by Young et. al^{3,4}.

NOTES

- CHOLESTEROL CAL: Proceed carefully with this product because due its nature it can get contaminated easily.
- LCF (Lipid Clearing Factor) is integrated in the reagent.
- Calibration with the aqueous Standard may cause a systematic error in automatic procedures. In these cases, it is recommended to use a serum Calibrator.
- Use clean disposable pipette tips for its dispensation.
- SPINREACT has instruction sheets for several automatic analyzers. Instructions for many of them are available on request.

BIBLIOGRAPHY

- Naito H.K. Cholesterol. Kaplan A et al. Clin Chem The C.V. Mosby Co. St Louis. Toronto. Princeton 1984; 1194-11206 and 437.
- Meiattini F. et al. The 4-hydroxybenzoate/4-aminophenazone Chromogenic System. Clin Chem 1978; 24 (12): 2161-2165.
- Young DS. Effects of drugs on Clinical Lab. Tests, 4th ed AACC Press, 1995.
- Young DS. Effects of disease on Clinical Lab. Tests, 4th ed AACC 2001.
- Burtis A et al. Tietz Textbook of Clinical Chemistry, 3rd ed AACC 1999.
- Tietz N W et al. Clinical Guide to Laboratory Tests, 3rd ed AACC 1995.

PACKAGING

Ref: 1001090	10 x 50 mL
Ref: 1001091	10 x 20 mL
Ref: 1001092	4 x 125 mL
Ref: 1001093	4 x 250 mL



- Adas B., 2001. Fertility and body condition score: Learn how to body condition score. Livestock Knowledge transfer. DEFRA initiative: University of Bristol.
- Agabriel G., Coulon J.B., Marty G., Cheneau N., 1990. Facteurs de variation du taux protéique du lait de vache : Étude dans les exploitations du Puy-de-Dôme. *INRA productions animales*. 3(2) : 137-150.
- Amellal R., 1995. La filière lait en Algérie : entre l'objectif de sécurité alimentaire et la réalité de la dépendance. *In : les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000. Options méditerranéennes, série B, 14: 229-238.*
- Arave C.W., Miller R.H., Lamb R.C., 1975. Genetic and environmental effects on serum cholesterol of dairy cattle of various ages. *Journal of Dairy Science*. 58: 423-427.
- Arieli A., Adin G., Bruckental I., 2004. The effect of protein intake on performance of cows in hot environmental temperatures. *Journal of Dairy Science*. 87: 620-629.
- Atti N., Bocquier F., 1999. Adaptation des brebis barbarines à l'alternance sous-nutrition réalimentation : Effets sur les tissus adipeux. *Ann. Zootech.*, 48, 189-198.
- Aubadie-Ladrix M., 2003 : Biochimie sanguine de la vache laitière. Le point vétérinaire. Numéro spécial. 34: 36-40.
- Aubadie-Ladrix M., 2005. Non délivrance et métrite chez la vache laitière. Le point vétérinaire. 259 : 42-45.
- Bacic G., Karadjole T., Macesis N., Karadjole M., 2006. Special aspects of dairy cattle nutrition etiology and metabolic disease prevention. 7th Middle European Buiatric Congress, Radenci, Slovenia, March 2006. *Slovenian Veterinary Research*. Vol.43 (supl10). PP: 169-173.
- Baile C.A., 1971. Control of feed intake and the fat depots. *Journal of dairy science*. 54: 564-582.
- Baitiche M., 2009. Variabilité des performances de reproduction chez la vache laitière élevée dans le semi-aride. Approche nutritionnelle et métabolique. Thèse d'ingénieur d'état. Université de Ferhat Abbas-Sétif. 213p.
- Bareille S., Bareille N., 1995. La cétose des ruminants. Le point vétérinaire. Numéro spécial « maladies métaboliques des ruminants ». 27 : 47-58.
- Bauman D.E., Currie W.B, 1980. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *Journal of dairy science*. 63: 1514-1525.

- Bayemi P.H., Webb E.C., Cavestany D., Nsongka V.M., Perera B.M.A.O., NGO Liheps M.L., Bryant M.J., 2007. Facteurs affectant la production laitière post-partum et l'activité ovarienne des vaches laitières dans les hauts plateaux de l'ouest du Cameroun. *Rencontre Recherche Ruminants*. 14 : 377.
- Beam S.W., Butler W.R., 1997. Energy balance and ovarian follicle development prior to the first ovulation postpartum in dairy cows receiving three levels of dietary fat. *Biology of reproduction*. 56: 133-142.
- Bedouet J., 1994. La visite de reproduction en élevage laitier. *Bull. Group. Tech. Vét.*, 5B, 489, 109-129.
- 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, 105p.
- Bocquier F., Blanc F., Agabriel J., Chilliard Y., 2004. Régulations biologiques de la composante animale des systèmes d'élevage. In E. Chia, B. Dedieu, C.H. Moulin, M. Tichit (Eds.) "Transformation des pratiques techniques et flexibilité des systèmes d'élevage ». Séminaire INRA SAD TRAPEUR, Agro M., Montpellier, 15 – 16 mars 2004. 30p.
- Boisclair Y., Grieve D.G., Allen O.B., Curtis R.A., 1987. Effect of prepartum energy, body condition, and sodium bicarbonate on health and blood metabolites of Holstein cows in early lactation. *Journal of dairy science*. 70: 2280-2290.
- Bonnet M., Leroux C., Fanlconnier Y., Hocquette J.F., Bocquier F., Martin P., Chilliard Y., 2000. Lipoprotein lipase activity and mRNA are up-regulated by refeeding in adipose tissue and cardiac muscle of sheep. *Journal of Nutrition*. 130: 749-756.
- Bosio L., 2006. Relations entre fertilité et évolution de l'état corporel chez la vache laitière : Le point sur la bibliographie. Thèse pour le grade de Docteur vétérinaire. École Nationale Vétérinaire de Lyon. 110p.
- Broster W.H., Broster V.J., 1998. Body score of dairy cows. *Journal of Dairy research*. 65: 155-173.
- Brugère-Picoux, 1995. Biochimie Clinique. La dépêche technique, 1995, supplément technique 46 à la dépêche vétérinaire. 28-29. Cité par Isler C., 2007. Évolution des paramètres biochimiques lors de déplacement à gauche de la caillette chez la vache laitière : Étude de quatre cas. Thèse pour le grade de docteur vétérinaire. École Nationale Vétérinaire de Lyon. 152p.

- Bruss M.L., 1997. Lipids and ketones. *In: Clinical biochemistry of domestic animals*. Kaneko J.J., Harvey J.W., Bruss M.L. (Eds), Fifth Edition, Academic Press, INC, San Diego, California, USA, 1997, 83-113.
- Cavestany D., Blanc J.E., Kulcsar M., Uriarte G., Chilbroste P., Meikle A., Febel H., Ferraris A., Krall E., 2005. Studies of the transition cow under a pasture-based milk production system: metabolic profiles. *Journal of Veterinary Medicine (Series A)*,52: 1-7.
- Chilliard Y., Remond B., Agabirel J., Robelin J., Verite R., 1987. Variation du contenu digestif et des réserves corporelles au cours du cycle gestation-lactation. *Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, INRA*. N°70, 117-131.
- Chilliard Y., Bocquier F., Doreau M., 1998. Digestive and metabolic adaptations of nutrients to undernutrition and consequences on reproduction. *Reproduction Nutrition Development*. 38, 131-152.
- Contreras L.L., Ryan C.M., Overton T.R., 2004. Effects of dry cow grouping strategy and prepartum body condition score on performance and health of transition dairy cows. *Journal of dairy science*. 87: 517-523.
- Crapelet C., Thibier M., 1973. La vache laitière. Edition Vigot Frère, Paris, pp.359-579.
- Dale H., Vik-Mo L., Fjellheim P., 1979. Afield survey of fat mobilization and liver function of dairy cows during early lactation. Relationship to energy balance, appetite and ketosis. *Nord Vet Med*. 31 (3): 97-105.
- Defra, 2001. Condition scoring of dairy cows. DEFRA: Department for Environment, Food and Rural Affairs. 8p.
<http://www.defra.gov.uk/foodfarm/farmanimal/welfare/onfarm/documents/pb6492.pdf>
- DeVries M.J., Veerkamp R.F., 2000. Energy balance of dairy cattle in relation to milk production variables and fertility. *Journal of Dairy Science*. 83: 62-69.
- Drame E.D., Hanzen C., Houtain J.Y., Laurent Y., Fall A., 1999. Profil de l'état corporel au cours du postpartum chez la vache laitière. *Annale Médecine Vétérinaire*.143 :265-270.
- Duffield T. F. 2000. Subclinical ketosis in lactating dairy cows. *Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice*. 6: 231-253.

- Earle D., 1985. Condition scoring of dairy cows. Agnote 2907/85Dep, *Agric. Rural Affairs*, Melbourne, Victoria, Australia.
- Edmonson A.J., Lean I.J., Weaver L.D., Farver T., Webster G., 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of dairy science*. 72: 68-78.
- Enjalbert F., 1995. Rationnement en péripartum et maladies métaboliques. *Le Point Vétérinaire*. Numéro spécial « maladies métaboliques des ruminants ». 27 :39-45.
- Enjalbert F., 2002. Relations entre alimentation et fertilité : actualités. *Le Point Vétérinaire*. 227 : 46-50.
- Enjalbert F., 2003. Alimentation de la vache laitière, les contraintes nutritionnelles autour du vêlage. *Le Point Vétérinaire*. 236 : 40-44.
- Enjalbert F., 2006. Réduction de la durée de tarissement : Quels effets zootechniques et métaboliques. *Le nouveau praticien vétérinaire, élevage et santé*. N°1, pp.59.
- Ennuyer M., 1994. Utilisation des courbes de lactation comme un élément de diagnostic en élevage laitier. *Bull. Tech. Vét.*, 5B, 488 : 9-105.
- Ennuyer M., 1998 : Le kit de fécondité : Un planning, une méthodologie. *Bull. Group. Tech. Vét.*, 2B, 588, pp.5-15.
- Ennuyer M., 2002. Le kit de fécondité : pourquoi, quand, comment ? *In : journées nationales des GTV, conduite à tenir : de l'animal au troupeau, du troupeau à l'animal*, Tours, France, 29-31 mai 2002, pp.191-201.
- Faverdin P., Bareille N., 1999. Lipostatic regulation of feed intake in ruminants. *In: D. Van der Heide, E.A.Huisman, E.Kanis, J.W.M. Osse, M.Vertegen (Eds), Regulation of feed intake*. Wageningen, Netherlands.
- Faverdin P., Delaby L., Delagarde R., 2007a. L'ingestion d'aliments par les vaches laitières et sa prévision au cours de la lactation. *INRA. Prod. Anim.* 20(2) :151-162.
- Faverdin P., Delagarde R., Delaby L., MMeschy F., 2007b. Alimentation des vaches laitières. *In : INRA, alimentation des bovins, ovins et caprins*, Ed Quae, Paris : 23-55.
- Faulconnier Y., Bonnet M., Bocquier F., Leroux C., Hocquette J.F., Martin P., Chilliard Y., 1999. Régulation du métabolisme lipidique des tissus adipeux et musculaire chez les ruminants. Effet du niveau alimentaire et de la photopériode. *INRA Productions Animales*. 12(4):287-300.
- Ferguson J.D., Galligan D.T., Thomsen N., 1994. Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. *Journal of dairy science*. 77: 2695-2703.

- Ferguson J. D., 2001. Nutrition and reproduction in dairy herds. *In: Proc. 2001 Intermountain Nutr. Conf.*, Salt Lake City, UT. Utah State Univ., Logan. pp. 65-82.
- Ferguson J.D., 2002. Body condition scoring. Center for animal health and productivity. University of Pennsylvania-School of Veterinary Medicine. Adresse URL: <http://www.txanc.org/proceedings/2002/Body%20Condition%20Scoring.pdf>
- Fricke P.M., 2004. Strategies for optimizing reproductive management of dairy heifers. *Advances in dairy technology*. 16: 163-176.
- Froment P., 2007. Note d'état corporel et reproduction chez la vache laitière. Thèse pour le doctorat vétérinaire. École Nationale Vétérinaire d'Alfort. 112p.
- Gadoud R., Josef M-M., Jussiau R., Lisberney M-J., Mangeol B., Montmeas L., Tarrit A., Danvy J-L., Drogoul C., Soyer B., 1992. Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. *Collection INRAP*. Edition Foucher, pp.10-17.
- Garcia A., Hippen A., 2008. Feeding dairy cows for body condition score. Dairy science department. South Dakota State University (SDSU)/ College of Agriculture and Biological Sciences/ USDA. pp: 1-4.
- Gearhart M.A., Curtis R., Erb H.N., Smith R.D., Sniffen C.J., Chase L.E., Cooper M.D., 1990. Relationship of changes in condition score on cow health in Holsteins. *Journal of Dairy Science*. 73: 3132-3140.
- Gerloff B.J., 1987. Body condition scoring in dairy cattle. *Agri-practice*. 8(7): 31-36.
- Goursaud J., 1985. Le lait de vache : composition et propriétés physico-chimiques. Société Scientifique d'Hygiène Alimentaire, Laites et produits laitiers : les laines de la mamelle à la laiterie, Lavoisier, 1985, 1-93.
- Grainger C., Wilhelms G.D., McGowan A.A. 1982. Effect of body condition at calving and level of feeding in early lactation on milk production of dairy cows. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 22(115): 9-17.
- Grum D.E., Drackley J.K., Younker R.S., LaCount D.W., Veenhuizen J.J., 1996. Nutrition during the dry period and hepatic lipid metabolism of periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 79: 1850-1864.
- Grummer R.R., Mashek D.G., Hayirli A., 2004. Dry matter intake and energy balance in the transition period. *Veterinary Clinics Food Animal Practice*. 20: 447-470.

- Hanzen C. 2000. Propédeutique et pathologie de la reproduction femelle. Chapitre I : Propédeutique de l'appareil génital de la vache. Cours de doctorat de la faculté de médecine vétérinaire. Université de Liège.
- Hanzen C., 2003. Propédeutique de l'appareil génital de la vache. Faculté de médecine vétérinaire. Service d'obstétrique et de pathologie de reproduction des ruminants, équidés et porcs.
- Hanzen C., Castaigne J.L., 2004. Obstétrique et pathologie de la reproduction des ruminants, équidés et porcs, [en ligne] Site Internet de l'université de Liège Page consultée le 04/12/2008mai, adresse URL : <http://www.fmv.ulg.ac.be/oga/index.html>.
- Hanzen C., 2008. Propédeutique de l'appareil génital de la vache. Faculté de médecine vétérinaire. Service de Thériogénologie des animaux de production. Université de Liège.
- Harrison R.O., Ford S.P., Young J.W., Conley A.J., Freeman A.E., 1990. Increased milk production versus reproductive and energy status of high producing daily cows. *Journal of Dairy Science*.73: 2749-2758.
- Heuer C., Schukken Y.H., Dobbelaar P., 1999. Postpartum body condition score and results from the first test day milk as predictors of disease, fertility, yield, and culling in commercial dairy herds. *Journal of dairy science*. 82: 295-304.
- Hoffman P.C., Funk D.A., 1992. Applied dynamics of dairy replacement growth and management. *Journal of Dairy Science*. 75: 2504-2516.
- Holtenius P., 1989. Plasma lipids in normal cows around partus and in cows with metabolic disorders with and without fatty liver. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 30(4): 441-445.
- Horton H.R., Moran L.A., Ochs R.S., Rawn J.D., Scrimgeour K.G., 1993. Lipid metabolism. *In: Principles of biochemistry*, 1993, Neil Patterson Publishers/Prentice-Hall, Inc, 479-522.
- Huszenicza G., Haraszti J., Molnar L., Solti L., Fekete S., Ekés K., Yaro A.C. 1988. Some metabolic characteristics of dairy cows with different post partum ovarian function. *Journal of Veterinary Medicine*. 35:506-515.
- Ingraham R.H, kappel L.C. 1988. Metabolic profile testing. *The Veterinary clinics of North America. Food animal practice*. 4(2):391-411.
- Ingvartsen K.L., Andersen J.B., 2000. Integration of metabolism in intake regulation: A review focusing of periparturient animals. *Journal of Dairy Science*. 83: 1573-1597.

- Isler C., 2007. Évolution des paramètres biochimiques lors de déplacement à gauche de la caillette chez la vache laitière : Étude de quatre cas. Thèse pour le grade de docteur vétérinaire. École Nationale Vétérinaire de Lyon. 151p.
- Itoh N., Koiwa M., Hatsugaya A., Yokota H., Taniyama H., Okada H., Kudo K., 1998. Comparative analysis of blood chemical values in primary ketosis and abomasal displacement in cows. *Journal of Veterinary Medicine (Series A)*.1998, 45(5): 293-298.
- Jarrige R., 1988. Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA, Paris, 476p.
- Kappel L.C, Ingraham R.H, Morgan E.B, Zeringue L., Wilson D., Babcock D.K. 1984. Relationship between fertility and blood glucose and cholesterol concentrations in Holstein cows. *American Journal of Veterinary Research*. 45:2607-2612.
- Kerouanton J. 1993. État d'engraissement des vaches laitières: des courbes objectif réajustées. A la Pointe de l'Élevage Bovin, 11-14.
- Kerr M.G., 2002. Veterinary laboratory medicine: Clinical Biochemistry and Hematology. 2nd Ed: Blackwell Science.368p.
- Kunz P.L., Blum J.W., Hart I.C., Bickel H., Landis J., 1985. Effects of different energy intakes before and after calving on food intake, performance and blood hormones and metabolites in dairy cows. *Anim. Prod.* 40: 219-231. Cite par: Bacic G., Karadjole T., Macesic N., Karadjole M., 2007. A brief review of etiology and nutritional prevention of metabolic disorders in dairy cattle. *Veterinarski ARHIV*. 77 (6): 567-577.
- Lamb G.C., 2002. Nutrition et reproduction : fragile équilibre. Bovins du Québec. Traduit et adapté de " *Delicate balance exists between nutrition, reproduction* ", Feedstuffs, october 18, 1999.
- Lean I.J., Farver T.B., Troutt H.F., Bruss M.L., Galland J.C., Baldwin R.L., Holmberg C.A., Weaver L.D., 1992. Time series cross correlation analysis of postparturient relationships among serum metabolites and yield variables in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 75: 1891-1900.
- Lebeda M., 1983. Blood sugar in dairy cows. *Vet. Med. (Parha)*. 28 (1): 1-12 (Résumé).
- LeBlanc S., 2006. Monitoring programs for transition dairy cows. *World Buiatrics Congress*. 2006-Nice, France.13p.

- Lee A.J., Twardock A.R., Bubar R.H., Hall J.E., Davis C.L., 1978. Blood metabolic profiles: their use and relation to nutritional status of dairy cows. *Journal of dairy science*. 61: 1652-1670.
- Lensink J., Leruste H., 2006. L'observation du troupeau bovin: Voir, Interpréter, Agir. Editions France Agricole, 255p.
- Loeffler S.H., DeVries M.J., Schukken Y.M., 1999. The effects of time of disease occurrence, milk yield, and body condition on fertility of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 82: 2589-2604.
- Macrae A.I., Whitaker D.A., Burrough E., Dowel A., Kelly J.M., 2006. Use of metabolic profiles for the assessment of dietary adequacy in UK dairy herds. University of Edinburg, UK. *The Veterinary Record*.159: 655-661.
- Madsen O., 1975. A comparison of some suggested measures of persistency of milk yield in dairy cows. *Anim. Prod.* 20: 191-197.
- Markusfeld O., Galon N., Ezra E., 1997. Body condition score, health, yield and fertility in dairy cows. *The Veterinary Record*. 141(3): 67-72.
- Martinot Y., 2006. TP mini : Un outil de mesure du déficit énergétique. In : Journées nationales des GTV, le pré troupeau : Préparer à produire et reproduire, Dijon, France, 17-18-19 mai 2006, pp.709-713.
- Maynard L.A., Loosli J.K., 1979. The expanding field of nutrition. Hintz et R.G.Warner. Ed. Page1 in animal nutrition.7th. Ed. Mc Graw-hill Co, New York NY.
- Meissonnier E., 1994. Tarrissement modulé, conséquences sur la production, la reproduction et la santé des vaches laitières. *Le point vétérinaire*. 26: 69-75.
- Meurant Céline, 2004 : Physiopathologie de la cétose de la vache laitière et analyse des profils épidémiologiques et biochimiques des cas spontanés. Thèse de Docteur Vétérinaire. Université Claude Bernard. Lyon I.118p.
- Miettinen P.V., 1991. Correlation between energy balance and fertility in Finish dairy cows. *Acta Vet Scand*. 32(2):189-196. (Résumé).
- Mudron P., Rehage J., Sallmann H.P., Mertens M., Scholz H., Kovac G., 1997. Plasma and liver alpha-tocopherol in dairy cows with left abomasal displacement and fatty liver. *Journal of Veterinary Medicine (Series A)*. 44(2): 91-97.
- Muylle E., Van Den Hende C., Sustronck B., Deprez P., 1990. Biochemical profiles in cows with abomasal displacement estimated by blood and liver parameters. *Journal of Veterinary Medicine (Series A)*. 37(4):259-263.

- Nakagawa H., Katoh N., 1998. Reduced activity of lecithin: cholesterol Acyltransferase in the serum of cows with ketosis and left displacement of the abomasums. *Veterinary Research Communications*. 22 (8):517-524.
- Nogalski Z., Górak E., 2007. Relationships between the levels of blood indices in the perinatal period and the body condition and performance traits of cows. *Polish Journal of Natural Sciences*. 22(2): 228-238.
- Oikawa S., Katoh N., Kawawa F., Ono Y., 1997. Decreased serum ApoB100 and AI concentrations in cows with ketosis and left displacement of the abomasums. *American Journal of Veterinary Research*. 58:121-125.
- Ominski K.H., Kennedy A.D., Wittenberg K.M, Moshtaghi Nia S.A., 2002. Physiological and production reponses to feeding schedule in lactating dairy cows exposed to short-term, moderate heat stress. *Journal of Dairy Science*. 85: 730-737.
- Ottavia Pedron, Federica Cheli, Elena Senatore, Daniela Baroli et Rita Rizz, 1993: effect of body condition score at calving on performance, some blood parameters and milk fatty acids composition in dairy cows. Physiology and management. *Journal of Dairy Science*. 76: 2528-2535.
- Otto K.L., Ferguson J.D., Fox D.G., Sniffen C.J., 1991: Relationship between body condition score and composition of ninth to eleventh rib tissue in Holstein dairy cows. *Journal of dairy science*. 74: 852-859.
- Parker B.N.J, Blowey R.W. 1976. Investigations into the relationship of selected blood components to nutrition and fertility of the dairy cow under commercial farm conditions. *The Veterinary Record*. 98: 394-404.
- Pedron O., Cheli F., Senatore E., Baroli D., Rizzi R., 1993. Effect of body condition score at calving on performance, some blood parameters, and milk fatty acids composition in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 76: 2528-2535.
- Pennington J.A., Vandevender K., 1996. Heat stress in dairy cattle. *Agriculture and Natural Resources*. University of Arkansas, United States Department of Agriculture and County Governments Cooperating. FSA3040, 6p.
- Peters R.R., Chapin L.T., Emery R.S., Tucker H.A., 1981. Milk yield, feed intake, prolactin, growth hormone, and glucorticoid response of cows to supplemented light. *Journal of Dairy Science*. 64: 1671-1678.

- Phillips C.J.C., Schofield S.A., 1989. The effect of supplementary light on the production and behavior of dairy cows. *Animal production*.48: 293-303.
- Pirlo G., Miglior F., Speroni M., 2000. Effect of age at first calving on production traits and on difference between milk yield returns and rearing costs in Italian Holsteins. *Journal of Dairy Science*. 83: 603-608.
- Poncet J., 2002. Étude des facteurs de risque de l'infertilité dans les élevages bovins laitiers de l'île de la réunion : influence de l'alimentation sur la reproduction. Thèse de Docteur Vétérinaire. École nationale vétérinaire Toulouse. Pp14.
- Ponsart C., Dubois P., Charbonnier G., Leger T., Freret S. et Humblot P., 2007. Évolution de l'état corporel entre 0 et 120 jours de lactation et reproduction des vaches laitières hautes productrices. In : *Journées nationales des GTV*. Nantes, 23-24-25 mai 2007, 347-356.
- Ponter A., 2003. Pourquoi parler d'alimentation ? *Bulletin Technique de l'Insémination animale*, 43(110).
- Pougheon S.I.A.S., 2001. Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière. Thèse pour le diplôme de docteur vétérinaire (thèse d'état). École Nationale Vétérinaire de Toulouse. 102p.
- Pryce J.E., Harris B.L., 2006. Genetics of body condition score in New Zealand dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 89: 4424-4432.
- Pysera B., Opalka A., 2000. The effect of gestation of dairy cows on lipid lipoprotein patterns and composition in serum during winter and summer feeding. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 9 : 411-424.
- Radigue P.E., 2004. Les analyses au chevet de l'animal : La démarche constructive de la cascade des prélèvements : Conséquences et applications thérapeutiques : Actualité, outils de prescription. In : *Journées Nationales des GTV*, Tours, 26-28 mai 2004, 241-248.
- Randel R.D., 1990. Nutrition and postpartum breeding in cattle. *Journal of Animal Science*, 68:853-862.
- Reksen O., Havrevoll O., Grohn Y.T., Bolstad T., 2002. Relationships among body condition score, milk constituents and postpartum luteal function in Norwegian dairy cows. *Journal of dairy science*. 85(8): 1406-1415.

- Rémond B., Toullec R., Journet M., Chassagne M., Lefaiivre R., Marquis B., Toullec L., 1973. Évolution chez la vache laitière des teneurs de différents constituants du sang à la fin de la gestation et au début de la lactation. Relation avec la sécrétion des matières grasses du lait. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.* 13(3) : 368-380.
- Roche J.F., Diskin M.G., 2000. Resumption of reproductive activity in the early postpartum period of cows. In: Fertility in the high producing dairy cows. Diskin MG. (Ed). *British Society of Animal Science. Animal science*, 31-42.
- Roche J.R., Mackey D.R., Diskin M.G., 2000. Reproductive management of postpartum cows. *Animal Reproduction Science.* 60-61: 703-712.
- Roche J.R., Dillon P.G., Stockdale C.R., Baumgard L.H., VanBaale M.J., 2004. Relationships among international body condition scoring systems. *Journal of dairy science.* 87: 3076-3079.
- Roche J. R., Berry D. P., Lee J. M., Macdonald K. A., Boston R. C. 2007. Describing the body condition score change between successive calvings: A novel strategy generalizable to diverse cohorts. *Journal of dairy science.* 90:4378–4396.
- Rodenburg J., 1996. Évaluation de l'état de chair des bovins laitiers. Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et des affaires rurales. ONTARIO. Fiche technique originale, commande n° 92-123.
- Rollin et Frédéric, 2002. Tests de terrain pour la mise en évidence des pathologies subcliniques de la vache laitière: examens cliniques et analyses complémentaires. *Proceedings of the Veterinary Sciences Congress , SPCV, Oeiras, 10-12 Out., pp. 63-78.*
- Ruegg P.L., 1991. Body condition scoring in dairy cows: Relationships with production, reproduction, nutrition and health. *The Compendium North America Edition.*13 (8): 1309-1313.
- Ruegg P.L., Goodger W.J., Holmberg C.A, Weaver L.D, Huffman E.M. 1992. Relation among body condition score, milk production, and serum urea nitrogen and cholesterol concentrations in high producing Holstein dairy cows in early lactation. *American journal of veterinary research.* 53(1):5-9.
- Schelcher F., Valarcher J.F, Foucras G., Espinasse J., 1995. Profils biochimiques : intérêt et limites. *Le point vétérinaire*, 27 (numéro spécial : maladies métaboliques des ruminants), 705-711.
- Serieys F., 1997. Tarrisement des vaches laitières. Edition France Agricole, 224p.

- Simerl N.A., Wilcox C.J., Thatcher W.W., 1992. Postpartum performance of dairy heifers freshening at young ages. *Journal of Dairy Science*. 75: 590-595.
- Soltner D., 2001. Zootechnie générale, Tome I : La reproduction des animaux d'élevage. Edition Sciences et Techniques Agricole. 224p.
- 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. *Journal of Dairy Science*. 68: 1134-1140.
- Tillard E., 2007. Approche globale des facteurs associés à l'infertilité et à l'infécondité chez la vache laitière : importance relative des facteurs nutritionnels et des troubles sanitaires dans les élevages de l'Ile de la Réunion. Thèse de Docteur Vétérinaire. Université de Montpellier II. 441p.
- Tremblay A., 2005. Profil métabolique et production laitière, cours en ligne : MMv 5001B (WebCT), dans le cadre des séminaires de formation clinique.
- 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., Butterworths, 211-221.
- Turk R., Juretic D., Geres D., Turk N., Rekić B., Simeon-Rudolf V., Robić M., Svetina A., 2005. Serum paraoxonase activity in dairy cows during pregnancy. *Research in Veterinary Science (Science Direct)*. 79: 15-18.
- Vagneur M., 1992 : Biochimie de la vache laitière appliquée à la nutrition. La dépêche Technique, supplément technique : 1-26.
- Vagneur M., 1996. Qu'est ce qu'une ration équilibrée. Comment juger des effets d'une ration chez la vache laitière. In : SNGTV (ed), pathologie et nutrition. *Journées nationales des GTV*. Angers. Mai 1996, 47-51. Cité par Meurant C., 2004. Physiopathologie de la cétose de la vache laitière et analyse des profils épidémiologiques et biochimiques de cas spontanés. Thèse de Docteur Vétérinaire. École Nationale Vétérinaire de Lyon. 118p.
- Vall E., Bayala I., 2004. Note d'état corporel des zébus soudaniens. Production animal en Afrique de l'ouest, recommandations techniques. Pilotage de l'alimentation des bovins. CIDRES (Centre international de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide). CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement). Pp: 1-8.

- Van Den Top A.M., Wensing T., Geelen M.J.H., Wentink G.H, Van't Klooster A.T., Beynen A.C., 1995. Time trends of plasma lipids and enzymes synthesizing hepatic triacylglycerol during postpartum development of fatty liver in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 78: 2208-2220.
- Van Winden S.C.L., Kuiper R., 2003. Left displacement of the abomasums in dairy cattle: Recent developments in epidemiological and etiological aspects. *Vet. Res.* 34: 47-56. A review article.
- Vazquez-Anon M., Bertics S., Luck M., Grummer R.R., Pinheiro J., 1994. Peripartum liver triglyceride and plasma metabolites in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 77: 1521-1528.
- Verrièle M., 1994. Biochimie en production laitière : Le rôle du vétérinaire praticien. Bull. des GTV. Dossier Technique Vétérinaire. Numéro spécial vache laitière nutrition, alimentation, 5, 157-162. Cité par Meurant Céline, 2004. Physiopathologie de la cétose de la vache laitière et analyse des profils épidémiologiques et biochimiques des cas spontanés. Thèse de Docteur Vétérinaire. Université Claude Bernard. Lyon I. 118p.
- Waltner S.S., McNamara J.P., Hillers J.K., 1993. Relationships of body condition score to production variables in high producing Holstein dairy cattle. *Journal of dairy science*. 76: 3410-3419.
- Wattiaux M.A., 1996. Évaluation de la condition corporelle. Institut Babcock pour la recherche et le développement international de secteur laitier.
- Wattiaux M.A., 2004. Détection des chaleurs, saillie naturelle et insémination artificiel. *In* : Essentials laitiers : Reproduction et sélection génétique. Chapitre 09. Université de Wisconsin à Madison. Institut Babcock. Publication : DE-RG-2-11996-F.
- Wattiaux M.A., Armentano L.E., 2005. Nutrition et alimentation : Métabolisme des hydrates de carbone. Institut Babcock pour la recherche et le développement international du secteur laitier. Université de Wisconsin, Madison.
- Wattiaux M.A., 2006. Évaluation de la condition corporelle. Institut Babcock pour la recherche et le développement international de secteur laitier. Reproduction et sélection génétique. Université de Wisconsin, Madison.
- Westwood C.T, Lean I.J, Garvin J.K. 2002. Factors influencing fertility of Holstein dairy cows: A multivariate description. *Journal of Dairy Science*. 85:3225-3237.

Whitaker D.A., 2004. Metabolic profiles. *In: bovine medicine, disease and husbandry of cattle*. 2nd Ed, edited AH. Andrews, Blackwell Sci ltd, OXFORD. PP: 804-817.

Whitaker D.A., Macrae A.I., Burrough E., 2004. Nutrition, fertility and dairy herd productivity. University of Edinburgh Easter Bush Veterinary centre.
www.vet.ed.ac.uk/dhhs.

Wildman E.E., Jones G.M., Wagner P.E., Boman R.L., Troutt H.F., Jr., Lanning N.M., 1982. A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. *Journal of dairy science*. 65: 495-501.

Zhang W-C., Nakao T., Kida K., Moriyoshi M. and Nakada K., 2002. Effect of nutrition during pregnancy on calf birth weights and viability and fetal membrane expulsion in dairy cattle. *Journal of Reproduction and Development*. 48(4): 415-422.

Sites internet (Anonymes)

Anonyme 1. Lait de la vache. Consulté le 08/10/2009.

http://fr.wikipedia.org/wiki/Lait_de_vache.

Anonyme 2. Composition chimique du lait. Consulté le 08/10/2009.

<http://www.2.vet-lym.fr/ens/nut/webBromato/cours/cmlait/complai.html>.