

UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA
Faculté des Sciences Agro-Biologiques et Vétérinaires
Département des Sciences Vétérinaires

MEMOIRE DE MAGISTER

Spécialité : Reproduction

ALIMENTATION, REPRODUCTION ET PROFIL METABOLIQUE

CHEZ LA VACHE LAITIERE

Par

Sofia-Amel ALLAOUA

devant le jury composé de :

D. Guetarni	Professeur, U. de Blida	Président
M. Melizi	Professeur, U. de Batna	Rapporteur
A. Niar	Maître de conférences, U. de Tiaret	Examineur
M. Ferrouk	Chargé de cours , U. de Blida	Examineur

Blida, Juin 2004

ملخص

أجريت دراستنا على مستوى المزرعة النموذجية قادري إبراهيم المتواجدة في منطقة قسنطينة التي تحتوي على أبقار حلوب، و تتضمن تحليل العلف المرفق بدراسة حصة الإطعام و تقييم عوامل التوالد و فهم المظهر الأبيض.

أظهرت نتائج تحليل العلف بأن التركيب الكيميائي و القيمة الغذائية للإطعام تكون مختلفة عما هو محدد في جداول INRA France, 1988 و نسبة كل من الفسفور (P) و الزنك (Zn) في الغذاء ضئيلة.

و بينت دراسة حصة الإطعام بأن الغذاء منقوص الطاقة و ذلك من شهر نوفمبر 2001 إلى شهر مارس 2002 و من جويلية إلى سبتمبر 2002 و كذلك يكون الضياع بالنسبة للنتروجين أو الأزوت (N) خلال أكتوبر و الفترة الممتدة من أفريل إلى جوان 2002 مع اختلال توازن الـ Phosphocalcique اللازم للتعديل

و بينت التحليلات البايو كيميائية (الكيميائية الحيوية) التي أجريت يوم الولادة j0 ، j15 و j45 بعد الولادة بأن الأبقار تكون في توازن طاقي سلبي و توضح قيم الحديد في الدم (sidérémie) أن كل الأبقار في حالة أنيميا و سجلت مع j0 حالات من الـ Hypocalcémie ، Hypophosphorémie و نقص السكر إضافة إلى ملاحظة حالات من hypomagnésémie خلال فترة ما بعد الولادة و ذلك على الرغم من المحتويات الغذائية الكافية. أو ضحت التقييمات التخمينية للتوالد خلال خمس حملات بأن الخصوبة تكون جيدة خلال حملة واحدة فقط و هي (C2) و اعتبر الإخصاب سيئا للحملات C3، C4 و C5.

كلمات مفتاحية: تحليل العلف - حصة إطعام - توالد - خصوبة - إخصاب - مظهر أبيض.

SUMMARY

The experimental design has been conducted in KADRI BRAHIM farm which contains lactating cows.

The aim of our study is to measure the quality of the forage to assess several reproduction parameters and to realize the metabolic profile.

Our results showed that the chemical composition and the value of the feed were different from those reported by INRA-France. The levels of P and Zn in the feedstuff were low and indicate a deficiency.

The study of the diet indicates a low energy feed from November 2001 to March 2002, and from July to September 2002. During October 2001 and during the period within April to June 2002, the diet is overdrawn out of nitrogen. There was also an imbalance phosphocalcic which require corrections.

The biochemical analyses carried out at day – 0 of the part, day – 15 and day-45 post-partum showed that the cows are in negative energy balance. The blood-iron levels were lower than the physiological values in all cattle. Hypocalcaemia, hypophosphoremia and hypoglycaemia are observed at day -0 of the part. In addition the hypomagnesaemia was noted during the post-partum nevertheless the Mg level in feedstuff.

The assessment of the reproduction during five programs showed that the fertility was correct at one program (C₂) and the fecundity was considered negative at C₃, C₄ and C₅

Keywords: feedstuff – reproduction – fertility – fecundity – metabolic profile

RESUME

Notre étude réalisée au niveau de la ferme pilote KADRI B'RAHIM située dans la région de Constantine comporte une analyse fourragère accompagnée d'une étude de la ration, une évaluation des paramètres de la reproduction et la réalisation du profil métabolique.

Les résultats de l'analyse fourragère montrent que la composition chimique et la valeur nutritive des aliments sont différentes de celles indiquées dans les tables de l'INRA-France (1988) et que tous les aliments sont carencés en phosphore (P) et en zinc (Zn). L'étude de la ration montre que l'alimentation est déficitaire en énergie du mois de Novembre au mois de Mars et de Juillet à Septembre et est déficitaire en azote durant le mois d'octobre et pendant la période allant du mois d'Avril à Juin, avec des déséquilibres phosphocalciques nécessitant des corrections.

Les analyses biochimiques réalisées à j_0 le jour du vêlage, j_{15} et j_{45} , post-partum ont montré que les vaches sont en bilan énergétique négatif au début de lactation et les valeurs de la sidérémie montrent que toutes les vaches sont anémiques. Des états d'hypocalcémie, d'hypophosphorémie et d'hypoglycémie ont été enregistrés à J_0 . De plus une hypomagnésémie est observée durant le post-partum malgré des teneurs suffisantes dans les aliments. L'évaluation des bilans de la reproduction sur cinq campagnes a montré que la fertilité n'est bonne que durant une campagne (C_2) et que la fécondité a été estimée très mauvaise pour les campagnes C_3 , C_4 et C_5 .

Mots Clés : Analyse fourragère – ration – reproduction – fertilité – fécondité
– profil métabolique

REMERCIEMENTS

J'adresse mes remerciements particuliers au Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche Scientifique, à l'université et à l'institut des sciences vétérinaires de Blida pour m'avoir donné la chance de poursuivre mes études de post-graduation.

Je tiens à remercier mon promoteur, **M. MELIZI**, pour son aide, ses encouragements et ses conseils durant la réalisation de ce travail ; qu'il trouve ici ma sincère gratitude.

Mes profonds remerciements sont adressés aussi à :

M. GUETARNI Djamel, Professeur à l'ISV de l'université de Blida, pour m'avoir honoré de présider le jury de ce mémoire ;

M. NIAR Abdellatif, maître de conférence à l'ISV du centre universitaire de Tiaret et **M. FERROUK Mustapha**, chargé de cours à l'ISV de l'université de Blida qu'ils ont bien voulu accepté d'examiner ce modeste travail.

J'adresse mes remerciements à tous mes enseignants de l'ISV de Batna et ceux de l'ISV de Blida.

Mes sincères remerciements sont aussi adressés au :

- Personnel de la ferme pilote **KADRI Brahim**, qui nous a permis de mener à bien cette étude, particulièrement **Mme BAAZIZ Iatidel**
- **Mme MAHDI Djahida**, maître assistant au département de biologie du centre universitaire d'Oum El Bouaghi pour son encouragement et son aide inestimable, qu'elle reçoit l'expression de ma sincère reconnaissance et toute mon amitié
- **M. SFAKSI A**, directeur du laboratoire vétérinaire régional de Constantine pour son accueil à tout moment.
- Professeur **BENLATRECHE C, M.** et **Mme CHERITI**, service de biochimie du CHU de Constantine.
- **M. REKKIK F**, département de zootechnie, **M BENSAID** et **M HADJI** à l'institut d'agronomie de l'université de Batna, pour leurs aides dans la réalisation de l'analyse fourragère.

- **M** et **Mme MEHANAOU**I, laboratoire d'écologie et de biologie à l'université de Constantine.
- **M. FARID**, bibliothèque du département vétérinaire de l'université de Batna.
- **EURL NAOUN** à Oum El Bouaghi pour leur aide.

Je remercie vivement toute personne qui m'a présenté son aide de près ou de loin pour la réalisation de ce modeste travail, et que son nom n'a pas figuré ici.

LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

Figure 1	Les intervalles caractéristiques et leurs durées optimales chez les bovins laitiers	19
Figure 2	Principaux facteurs influençant la quantité de matière sèche ingérée	27
Figure 3	Différentes étapes du calcul de la ration	40
Figure 4	Influence de la conduite du tarissement sur la pathologie	48
Figure 5	Relations nutrition – reproduction	51
Figure 6	Etable des vaches	88
Figure 7	Cour d'exercices	88
Figure 8	Vaches et génisses	89
Figure 9	Préparation du concentré	91
Figure 10	Grille de fécondité	93
Figure 11	Grille de fertilité	94
Figure 12	Etapes de l'analyse fourragère au laboratoire	96
Figure 13	Prélèvement du sang au niveau de la veine caudale	105
Figure 14	Utilisation du ruban mètre	105
Figure 15	Centrifugation des échantillons du sang	105
Figure 16	Vache en période de lactation	122
Graphique 1	Evolution des quantités de matière sèche ingérées et des besoins énergétiques au cours du cycle physiologique de la vache laitière	28
Graphique 2	Note d'état corporel des vaches durant le post-partum	123
Graphique 3	Glycémie	124
Graphique 4	Cholestérolémie	125
Graphique 5	Triglycéridémie	125
Graphique 6	Urémie	126
Graphique 7	Protéïnémie totale	127

Graphique 8	Calcémie	128
Graphique 9	Phosphorémie	128
Graphique 10	Magnésémie	129
Graphique 11	Natrémie	130
Graphique 12	Kaliémie	133
Graphique 13	Sidéremie	131
Graphique 14	Bilirubinémie totale	132
Graphique 15	Créatininémie	133
Graphique 16	A.S.A.T	133
Graphique 17	A.L.A.T	134
Graphique 18	Evolution des intervalles vêlage première insémination	136
Graphique 19	Evolution des intervalles vêlage fécondation	137
Graphique 20	Evolution des résultats de fertilité	138
Graphique 21	Taux de fertilité du troupeau	139
Graphique 22	Taux de fécondité du troupeau	140
Graphique 23	Evolution de l'intervalle vêlage – vêlage	141
Tableau 1	Principaux objectifs de performances de reproduction en élevage laitier	18
Tableau 2	Besoins nets journaliers des bovins en éléments majeurs	21
Tableau 3	Besoins journaliers des bovins en oligo-éléments	22
Tableau 4	Besoins en vitamines A et D	22
Tableau 5	Principaux critères de potabilité de l'eau	24
Tableau 6	Niveau d'abreuvement	25
Tableau 7	Capacité d'ingestion de la vache laitière	29
Tableau 8	Apports recommandés en UFL, PDI, MAD, P, Ca	30
Tableau 9	Apports de magnésium, potassium, sodium, et chlore	31
Tableau 10	Variation du gain moyen quotidien selon l'âge et le poids vif de la génisse	33
Tableau 11	Croissance des génisses et fertilité	34
Tableau 12	Causes nutritionnelles d'infertilité	43
Tableau 13	Principales relations entre alimentation et troubles de la production	44

Tableau 14	Bilan énergétique en fin de gestation et fertilité	46
Tableau 15	Taux d'ovulation des génisses traitées avec du PMSG	50
Tableau 16	Alimentation et fertilité à l'oestrus induit	56
Tableau 17	Variation du taux de réussite en première IA avec l'apport en azote	59
Tableau 18	Influence des apports énergétiques et azotés	61
Tableau 19	Stockage des oligo-éléments	68
Tableau 20	Fréquence des vêlages difficiles, retentions placentaires et métrites selon l'état corporel du vêlage	73
Tableau 21	Production laitière des compagnes (2000-2001) et (2001-2002)	89
Tableau 22	Composition chimique et valeur nutritive des aliments distribués durant la campagne (2001-2002)	111
Tableau 23	Teneurs en macro-éléments des aliments (campagne 2001-2002)	112
Tableau 24	Les besoins d'entretien et de production	113
Tableau 25	Ration distribuée aux vaches durant le mois d'octobre (2001)	115
Tableau 26	Ration distribuée aux vaches durant le mois de novembre 2001	117
Tableau 27	Ration distribuée aux vaches durant les mois de décembre (2001) à mars (2002)	119
Tableau 28	Ration distribuée aux vaches durant les mois avril, mai, juin (2002)	121
Tableau 29	Variation de la note d'état corporel des vaches durant le post-partum	123
Tableau 30	Evolution des délais de mise à la reproduction au cours des cinq campagnes	135
Tableau 31	Evolution des intervalles V-SF au cours des cinq campagnes	137
Tableau 32	Evolution des résultats de fertilité au cours cinq campagnes	138
Tableau 33	Taux de fécondité du troupeau durant les cinq campagnes	140
Tableau 34	Evolution des intervalles vêlage-vêlage au cours des cinq campagnes	141

TABLE DES MATIERES

RESUME	2
REMERCIEMENTS	5
TABLE DES MATIERES	7
Liste des illustrations graphiques et tableaux	8
INTRODUCTION	11
1. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	15
1.1. Paramètres de la reproduction chez la vache laitière	15
1.2. Evaluation des besoins alimentaires journaliers de la vache laitière	20
1.3. Données sur l'alimentation de la vache laitière	26
1.4. Interrelation entre les performances de la reproduction et les problèmes alimentaires	42
1.5. Etat d'engraissement	70
1.6. Profil biochimique	74
2. MATERIEL ET METHODES	87
2.1. Présentation de l'exploitation	87
2.2. Evaluation des bilans de la reproduction	92
2.3. Evaluation de la ration alimentaire	95
2.4. Biochimie sanguine	104
3. RESULTATS	111
3.1. Alimentation des vaches laitières	111
3.2. Etat d'engraissement	122
3.3. Profil biochimique	124
3.4. La reproduction	135
4. DISCUSSION DES RESULTATS	142
CONCLUSION	157
RECOMMANDATIONS	158
APPENDICE	159
A. Prophylaxie sanitaire	159
B. Les catégories d'animaux	160
C. Dosage des macro-éléments	161
D. Calcul de la valeur nutritive	166
E. Grille de notation de l'état corporel	168
F. Correction de la ration	169
G. Liste des abréviations	173
REFERENCES	175

INTRODUCTION

L'élevage bovin laitier, grâce à ces apports en viande et en lait peut être considéré comme une source intarissable de protéines d'origine animale nécessaires au bien être de la population.

Il peut également contribuer au développement de l'agriculture et de l'économie du pays.

Il est impératif de recenser tous les facteurs inhérents à la production laitière en vue de leur amélioration dans le souci d'optimiser les performances des animaux de rente.

Le but visé par tout éleveur est d'atteindre l'optimum économique qui est d'avoir un veau par vache et par an pour l'ensemble des individus d'un même troupeau [1] parfois même à un moment précis de l'année afin d'adapter les productions animales aux disponibilités fourragères et / ou aux exigences du marché et de ce fait avoir un intervalle entre deux vêlages successifs d'un an.

L'allongement de cet intervalle est dû essentiellement à des variations des critères qui le composent à savoir les critères de fécondité et de fertilité.

Ces derniers peuvent être estimés par l'intervalle vêlage- première saillie (IVS_1) l'intervalle vêlage – saillie fécondante (IVSF), le taux de réussite en première saillie (TRS_1) et le pourcentage des vaches à 3 saillies et plus (% VL à 3 S et plus). Ces critères permettent de situer globalement la reproduction d'un élevage et de pousser à rechercher les éventuels facteurs limitants.

Selon PHILIPOT [2], l'impact économique de l'infécondité est direct au niveau des frais vétérinaires et frais supplémentaires d'insémination artificielle qu'elle occasionne, et indirecte en raison de ses conséquences (diminution de la production de lait et de veaux, réformes anticipées).

Lorsque l'intervalle vêlage – vêlage (IVV) de 12 mois est rallongé d'un jour, ce retard se traduit par une perte de 4 à 5 litres par jour (OLDS et al cités par TEFERA et al [3]).

En Algérie, la reproduction constitue l'une des préoccupations de l'éleveur et l'un des problèmes majeurs dont souffrent nos élevages.

Parmi les facteurs influençant les performances de la reproduction, l'alimentation joue un rôle non négligeable qui a été longtemps discuté ([4], [5], [6], [7], [8] et [9]).

Ces performances sont fortement dépendantes des apports énergétiques et protéiques de la ration. Cependant, selon FERGUSON [10], lorsque plus de 15% des vaches d'un troupeau laitier sont encore en anœstrus 40 à 50 jours après le vêlage, il faut suspecter une origine alimentaire, aussi SOLTENR [11] estime que près de 80% des cas d'infertilité sont dus à des causes alimentaires et / ou hygiéniques.

L'excès comme l'insuffisance de l'alimentation peut entraîner une baisse de fertilité.

Une bonne conduite alimentaire avec une gestion de la reproduction d'un troupeau pendant les périodes critiques (tarissement, début de lactation et le moment de mise à la reproduction) associée à un suivi sanitaire permet d'obtenir, ou tout au moins de se rapprocher, d'un vêlage tous les ans.

Notre travail consiste à:

- L'étude des ressources alimentaires des vaches laitières accompagnée de l'analyse des aliments et du calcul de la ration alimentaire
- L'étude des paramètres de la reproduction afin d'évaluer la gestion de la reproduction
- L'étude du profil métabolique pour prévenir les déséquilibres nutritionnels agissant directement sur les performances de la reproduction.

CHAPITRE 1

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1 Paramètres de la reproduction chez la vache laitière :

Introduction :

Quels que soient les élevages bovins, ovins, caprins, équins ou porcins les résultats de la reproduction du troupeau doivent être mesurés afin qu'il soit possible de les améliorer s'ils sont insuffisants. Ils s'expriment par des taux et des pourcentages. [11]

D'abord, il importe de définir les notions de fécondité et de fertilité, paramètres fréquemment utilisés pour caractériser les conséquences des facteurs influençant la reproduction bovine.

La fécondité se définit par le nombre de veaux annuellement produit par un individu ou un troupeau. Elle représente un facteur essentiel de rentabilité ; et l'optimum économique, en élevage bovin, est d'obtenir un veau par vache et par an ce qui signifie que l'intervalle mise-bas -nouvelle fécondation ne devrait pas dépasser 90 à [12]. L'index de la fécondité doit être égal à 1. Une valeur inférieure traduit la présence d'infécondité. La fécondité est plus habituellement exprimée par l'intervalle entre vêlages ou l'intervalle entre le vêlage et l'insémination fécondante.

La fertilité se définit par le nombre d'inséminations nécessaires à l'obtention d'une gestation. Il convient de distinguer la fertilité totale et apparente selon que les inséminations réalisées sur les animaux réformés sont prises ou non en compte dans son évaluation [13].

Symétriquement, une vache est dite :

- infertile lorsque la gestation n'est obtenue qu'après 3 inséminations ou plus. La stérilité est l'état d'impossibilité définitive de reproduire
- inféconde quand l'intervalle entre deux vêlages normaux est supérieur à 400 j [14]

1.1.1 Notions de fécondité et de fertilité :

1.1.1.1 Critères de mesure de la fécondité :

1.1.1.1.1 Age au premier vêlage :

WILLIAMSON [15] fixe comme objectif souhaitable un âge au premier vêlage de 24 à 26 mois. RAHEJA [16], MOORE [17] rapportent des valeurs comprises entre 27 et 29 mois chez les races laitières.

HANZEN [13] rapporte aussi que l'âge moyen au premier vêlage est de 28 mois chez les races laitières et viandeuses.

1.1.1.1.2 Intervalle entre le vêlage et la première insémination :

Il s'agit du pourcentage d'animaux inséminés au cours de 21 voire des 24 jours suivant la période d'attente décidée par l'éleveur ([18], [19]). Pour avoir un vêlage tous les ans, la première insémination doit être au maximum de 90 jours à condition qu'elle soit fécondante. On cherche toujours à diminuer cet intervalle ; ce qui nécessite une reprise précoce des cycles et un anoestrus inférieur à 70 jours. C'est généralement le cas des vaches laitières [11].

En effet, on observe que la fertilité augmente progressivement jusqu'au 60^{ème} jour du post-partum, se maintient entre le 60^{ème} et le 120^{ème} jour puis diminue par la suite [20].

Il est par ailleurs reconnu que la réduction d'un jour du délai de la première insémination s'accompagne d'une réduction équivalente de l'intervalle entre le vêlage et l'insémination fécondante [13] ; cet intervalle a fait l'objet d'une répartition en quatre classes selon les normes de l'Institut Technique de L'Élevage Bovin [5] :

Classe 1 : 0 – 39 jours

classe 2 : 40 – 70 j

classe 3 : 71 – 90 j

classe 4 : au delà de 90 jours

1.1.1.1.3 Intervalle entre le vêlage et l'insémination fécondante :

Il est exprimé en jours et est noté IV – SF. Sa durée dépend de l'intervalle V – S1, mais surtout du taux de réussite des inséminations autrement dit S1 – SF [11]. Il a été démontré que cet intervalle diminue avec l'augmentation du numéro de lactation, en bétail laitier [21] et allaitant [22].

La fertilité diminue avec l'âge de l'animal en bétail laitier ([23], [24]).

Le temps écoulé entre deux vêlages normaux est le meilleur critère annuel de la reproduction mais il est tardif. On lui préfère l'intervalle (V-SF) ou (V-IF) avec lequel il est très fortement corrélé ($r^2 = 0,90 - 0,98$) [25].

Cet intervalle a fait l'objet d'une répartition en quatre classes d'après les normes de l'ITEB [5]:

Classe 1 : 0 – 39 jours

classe 2 : 40 – 80 j

classe 3 : 81 – 110 j

classe 4 : au delà de 110 jours

L'insémination fécondante est celle après laquelle on n'a pas observé de chaleur pendant 2 mois ou après laquelle un diagnostic de gestation a été positif [26].

1.1.1.1.4 Intervalle entre vêlages ou vêlage-vêlage :

Il s'exprime en jours et est noté IV – V [5].

L'intervalle entre vêlages (V- V) devrait être de 365 jours. C'est d'après de nombreux calculs l'intervalle le plus économique en production laitière [11].

L'intervalle entre vêlages traduit la fécondité de la vache ou celle du troupeau.

Selon HUMBLLOT et THIBIER [27]) ; la fertilité n'est acceptable qu'à partir d'un intervalle vêlage- première insémination (V – I1) de 40 jours.

Le délai de mise en reproduction est conditionné par le degré de l'involution utérine, qui selon FIDON [28] dure en moyenne 25-45 jours.

1.1.1.2 Critères de mesure de la fertilité :

- Le taux de réussite en première insémination (ou la première saillie).
- Le pourcentage de vaches nécessitant trois inséminations (ou trois saillies) ou d'avantage.

D'après BADINAND [14], la fertilité est définie par le nombre de gestations par unité de temps.

Selon SOLTNER [11], la fertilité concerne l'aptitude à produire un zygote ou œuf. C'est l'aptitude d'une femelle à être fécondée.

1.1.1.2.1 Taux de réussite en première insémination :

Encore appelé le taux de non retour en première insémination ; l'objectif est d'avoir un taux supérieur à 60 % de l'effectif. [11] et [13] considèrent comme acceptable un taux de 45%.

Il s'agit du pourcentage de vaches et de génisses qui ne reviennent pas en chaleurs dans les 30, 60 ou 90 jours après la 1^{ère} saillie (S) ou insémination artificielle (I.A)

1.1.1.2.2 Le pourcentage de vaches nécessitant trois inséminations (ou trois saillies) ou plus :

Il doit rester inférieur à 15% et le nombre d'inséminations par fécondation ou indice coïtal (IA/ IF) doit être inférieur à 1,6. [8].

Tableau n°1.1 : Principaux objectifs de performances de reproduction en élevage laitier [29]

Critères	Objectifs	Valeurs d'alerte
Chaleurs Intervalle vêlage – 1 ^{ère} chaleur = VC1 % VC1>70 jours	<45 jours 0	
Conduite Intervalle vêlage - 1 ^{ère} I.A = VI1 % VI1>90 jours	70 jours 0	
Fertilité Taux de réussite en 1 ^{ère} IA= TRI1 % Vaches à 3 IA ou plus Nb d'IA par IA fécondante = IA/IF	>55 – 60% <15 -20% 1,6 - 1,7	50%
Fécondité Intervalle vêlage – IA fécondante = VIF % VIF> 110 jours	85 jours <15 – 20 %	100 jours

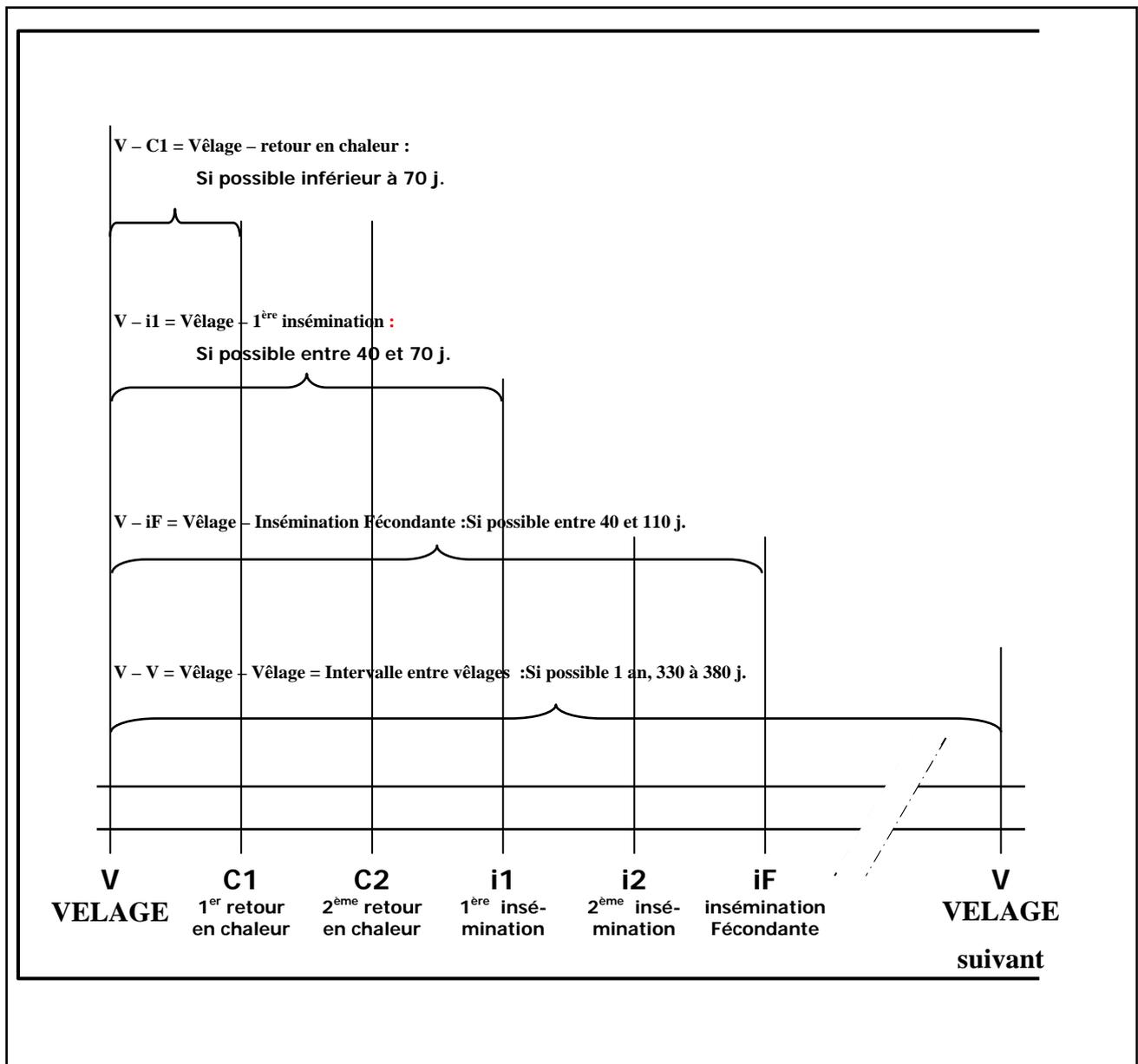


Figure n°1.1 : les intervalles caractéristiques et leurs durées optimales chez les bovins laitiers [11]

1.2. Evaluation des besoins alimentaires journaliers de la vache laitière :

Introduction :

Les besoins des vaches laitières qui sont d'ordre énergétiques (UFL : unité fourragère lait), azotés (MAD ou PDI : Matière azotée digestible ou protéines digestibles dans l'intestin), vitaminiques et minéraux varient selon le poids, l'âge et l'état physiologique des animaux. On distingue :

1.2.1. Besoins d'entretien :

- besoin d'entretien énergétique : $UFL = 1,4 + 0,6 \frac{\text{Poids vif}}{100}$
- besoin d'entretien azoté : $PDI (g/j) = 100 + 0,5 \times \text{poids vif}$
 $MAD(g) = 0,6 \times \text{poids vif}$

1.2.2. Besoins de croissance :

1.2.2.1 Besoins énergétiques : la croissance de la vache se poursuit jusqu'à la 4^{ème} ou la 5^{ème} lactation. De plus, au cours de la lactation, la vache laitière doit reconstituer les réserves corporelles mobilisées en début de lactation.

Pour 1Kg de gain de poids vif, le besoin est en moyenne de 3,5 UFL.

1.2.2.2 Besoins azotés : pour 1 Kg de gain de poids, il faut 280g de PDI. [30]

1.2.3. Besoins de gestation :

1.2.3.1 Besoins énergétiques : chez la vache, le besoin de gestation n'est important qu'au cours des 3 derniers mois :

7^{ème} mois : 1 UFL / j

8^{ème} mois : 2 UFL / j

9^{ème} mois : 3 UFL / j

1.2.3.2 Besoins protidiques en grammes : Ils sont de :

7^{ème} mois : 80 g PDI ou 100 g MAD

8^{ème} mois : 130 g PDI ou 160 g MAD

9^{ème} mois : 200 g PDI ou 240 g MAD [31].

1.2.4. Besoins de production laitière :

Selon les éditions I.N.R.A.P et l'I.T.E.B [30], les besoins énergétiques et azotés pour la production d'un (01) Kg de lait à 40% de matière grasse et 33,5% de matière azotée sont :

- Besoin énergétique :

pour un (01) Kg de lait —————> 0,43 UFL [30]
et 0,44UFL [32]

- Besoin en PDI :

pour un (01) Kg de lait —————> 48 g PDI ou 60 g MAD [32].

1.2.5. Besoins en minéraux et vitaminiques :

Leur estimation pour l'entretien, la croissance, la production laitière et la gestation est donnée par le tableau n°2.2 :

Tableau n° 1.2 : Besoins nets journaliers des bovins en éléments majeurs [33]

	Ca	P	Mg	K	Na	Cl
- Entretien (en g pour 100 Kg de poids vif)	2,5	1,8	0,3	5	1	2,5
- Croissance (en g par Kg de gain de poids)						
• De 50 à 160 Kg	15	8	0,4	1,6	1,4	1
• De 150 à 600 Kg	13	7	0,4	1,6	1,4	1
• Plus de 600 Kg	10	5	0,3	1,2	1	0,8

- Production laitière (en g par Kg de lait)	1,25	0,95	0,12	1,5	0,5	1,1
- Gestation, pendant les trois derniers mois (en g/ jour)	4 à 7	2 à 4	-	-	-	-

Pour les oligo-éléments, on respectera les apports recommandés présentés au tableau n°2.1 qui sont exprimés en mg par Kg de matière sèche totale consommée.

La complémentation des besoins minéraux est assurée par des pierres à lécher mis à la disposition des animaux [34].

Tableau n°1.3 : Besoins journaliers des bovins en oligo-éléments [31]

Eléments	Apports recommandés	
	Rations classiques	Cas particuliers (1)
Cuivre (Cu)	10	14
Cobalt (Co)	0,1	0,1
Iode (I)	0,2 (0,8*)	0,2 (0,8*)
Manganèse (Mn)	50	120
Zinc (Zn)	50	75
Sélénium (se)	0,1	0,1

(1) ration à base :

- d'herbe très jeune (stade pâturage)
- de fourrages broyés et agglomérés
- d'ensilage de maïs avec urée, enrichi en soufre
- d'ensilage contenant de la terre
- de foins pailleux.

(*) 0,8 pour vaches laitières.

Les apports en vitamines concernent essentiellement les vitamines A, D et E pour lesquelles, on peut admettre les valeurs suivantes :

⇒ Pour la vitamine A : 80 000 à 100 000 UI /Kg d'aliment/jour.

⇒ Les besoins en vitamine A sont facilement couverts par les fourrages verts qui sont riches en carotène et qui sont de bons précurseurs de vitamine A (1mg de beta-carotène=environ 450 UI vitamine A), (tableau n°1.4)

Tableau n° 1.4 : Besoins en vitamines A et D (en UI /animal/jour) [35]

	Vitamine A	Vitamine D
Vaches 600 Kg à l'entretien	45000	18000
Vaches 600 Kg en fin de gestation (8 ^{ème} – 9 ^{ème} mois)	45000	18000
Vaches 650 Kg allaitantes	46000	
Génisses 350 Kg ; croît = 0,7 Kg/j	15400	2400

⇒ Pour la vitamine D : 10-20 UI/Kg de poids vif jour.

⇒ Pour la vitamine E : 80 à 100 UI / Jour (*INRA., 1981*) ou 5à10 UI(ou mg)/Kg d'aliment [35].

1.2.6. Besoin hydrique : Abreuvement

L'eau est un aliment indispensable et peu coûteux dont la distribution rationnelle a la plus forte rentabilité parmi les alimentations possibles en élevage [34]. C'est le constituant le plus abondant de l'organisme. Elle représente une proportion relativement constante de la masse corporelle délipidée. Cependant, elle décroît de la naissance à l'âge adulte de 76 à 71% chez les bovins. Cette proportion diminue avec l'âge et l'état d'engraissement.

Les besoins d'eau résultent de trois dépenses principales :

- une qui est déterminée par la quantité d'aliments ingérés afin d'en assurer le transport digestif et d'en éliminer les produits de déchet par les voies fécale et urinaire
- une qui est proportionnelle à la quantité de chaleur à dissiper lorsque la température ambiante dépasse un certain niveau
- une qui est déterminée par les productions : la quantité d'eau exportée par Kg de lait sécrétée est en moyenne de 0,87, 0,82 et 0,89 Kg respectivement chez la vache, la brebis et la chèvre. La quantité d'eau fixée par Kg de gain de poids varie de 0,4 à 0,6 Kg selon le stade de croissance et selon la proportion de graisse [36].

Selon CRAPLET, [34], les besoins en eau varient avec :

1. la taille
2. La production
3. La teneur en eau des aliments
4. La température
5. La quantité de protides absorbés
6. Le degré d'humidité de l'atmosphère
7. La teneur de la ration en sels diurétiques. (exp. : ion potassium).

En règle générale, il faut assurer aux animaux un apport à volonté d'une eau de bonne qualité (limpide, incolore, inodore, d'un pH proche de la neutralité, normalement minéralisée, sans résidus organiques ou chimiques, dépourvue de germes pathogènes, à teneur raisonnable en germes banaux) et distribuée à une température convenable.

Le tableau n°5 récapitule les principaux critères de potabilité de l'eau [37].

Tableau n°1.5 : Principaux critères de potabilité de l'eau [37]

Critères de potabilité	Limites admissibles
<u>Critères chimiques</u>	
PH	6,5 à 8,5
Degré hydrométrique (dureté)	30%
Matières minérales totales	2 000 mg/l
Ca	200 mg /l
Mg	125 mg/l
SO ₄	250 mg/l
Chlorures	250 mg/l
Phosphates	5 mg/l
Matières organiques	3 mg/l
Nitrates (NO ₃)	50 mg/l
Nitrites (NO ₂)	0,1 mg/l
Ammoniaque (NH ₄)	0,5 mg/l

Critères bactériologiques	
flore totale (maximum)	1 000 000 germes /ml
Escherichia coli	1/100 ml
Salmonelles	1/100 ml
Clostridies	0/20 ml
Streptocoques fécaux	0/50 ml

Les $\frac{3}{4}$ de l'eau totale sont localisés dans les cellules, le reste est représenté par les liquides, le sang, la lymphe (10%) et le contenu digestif (15%) [30].

Tout sous-abreuvement diminue la consommation alimentaire et la production laitière ; une baisse d'abreuvement de 40 % diminue l'ingestion de 24 % et la production laitière de 16 % [38].

Le tableau n°1.4 représente les besoins quantitatifs en eau totale (eau alimentaire plus abreuvement) pour une vache laitière et par jour [38].

Tableau n°1.6 : Niveau d'abreuvement ,[38].

	Besoins en eau pour une vache de 635 Kg PV		
	en l/VL/j		
	En temps froid	En temps chaud	
	à 4 – 5°C	à 26 – 27° C	
Entretien	27	41	Soit en moyenne \approx 4 – 5 l/KgMS
Gestation	37	58	
Lactation :			ou
9 l lait/jour	45	67	\approx 3l/l de lait (en plus de l'entretien)
18 l lait/jour	65	94	
27 l lait/jour	85	120	
36 l lait/jour	100	147	
45 l lait/jour	120	173	

1.3 Données sur l'alimentation de la vache laitière :

1.3.1. La capacité d'ingestion :

1.3.1.1 Définition : la capacité d'ingestion d'un animal souvent appelée à tort appétit, désigne la quantité d'aliments que peut ingérer volontairement l'animal alimenté à volonté. [31] , [39].

Elle est exprimée en unité d'encombrement (UE) ou par la quantité de matière sèche ingérée. On compare la capacité d'ingestion d'animaux différents en leur distribuant à volonté la même ration.

La capacité d'ingestion des aliments par l'animal est un facteur essentiel de leur valeur qu'il est nécessaire de considérer dans tous les problèmes de rationnement. Un aliment peut avoir une haute valeur énergétique et ne pas couvrir les besoins d'un animal parce que celui-ci ne peut en consommer des quantités suffisantes [40].

1.3.1.2 Les facteurs de variations de la capacité d'ingestion :

La consommation volontaire exprimée en Kilogrammes de matière sèche (M.S) ingérée dépend à la fois de la ration et de l'animal ([31], [29]) (Graphique n°1.1).

1.3.1.2.1 Les facteurs liés à la ration :

- Sa digestibilité qui favorise la vidange rapide du rumen.
- Le broyage qui accélère le transit digestif

1.3.1.2.2 Les facteurs liés à l'animal :

La quantité de matière sèche ingérée dépend des caractéristiques anatomiques (taille du rumen ;...) et physiologiques (appétit) [41]. Elle varie avec le poids vif, la production laitière et surtout selon l'état physiologique de la vache laitière ([30], [29]).

Les variations de la capacité d'ingestion au cours du cycle de production sont beaucoup moins importantes et moins rapides que celle des besoins [41].

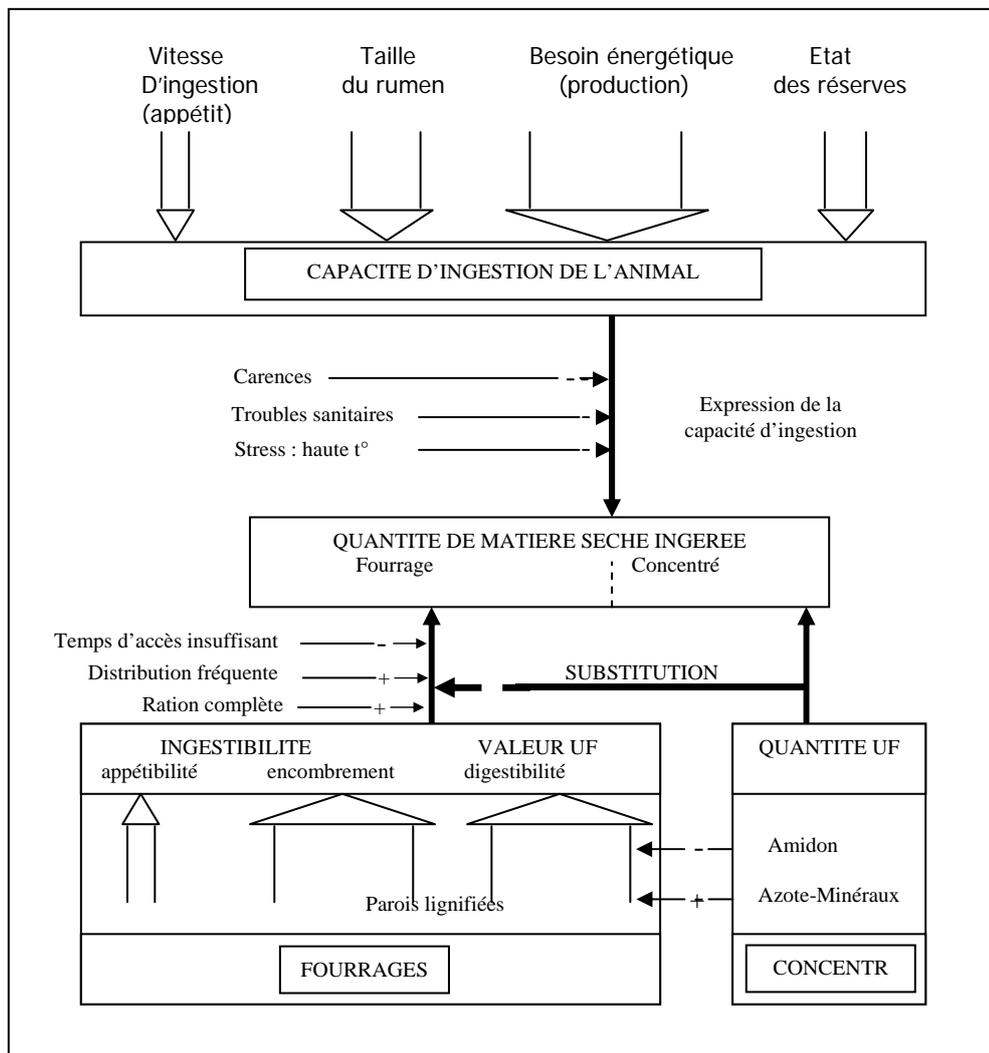


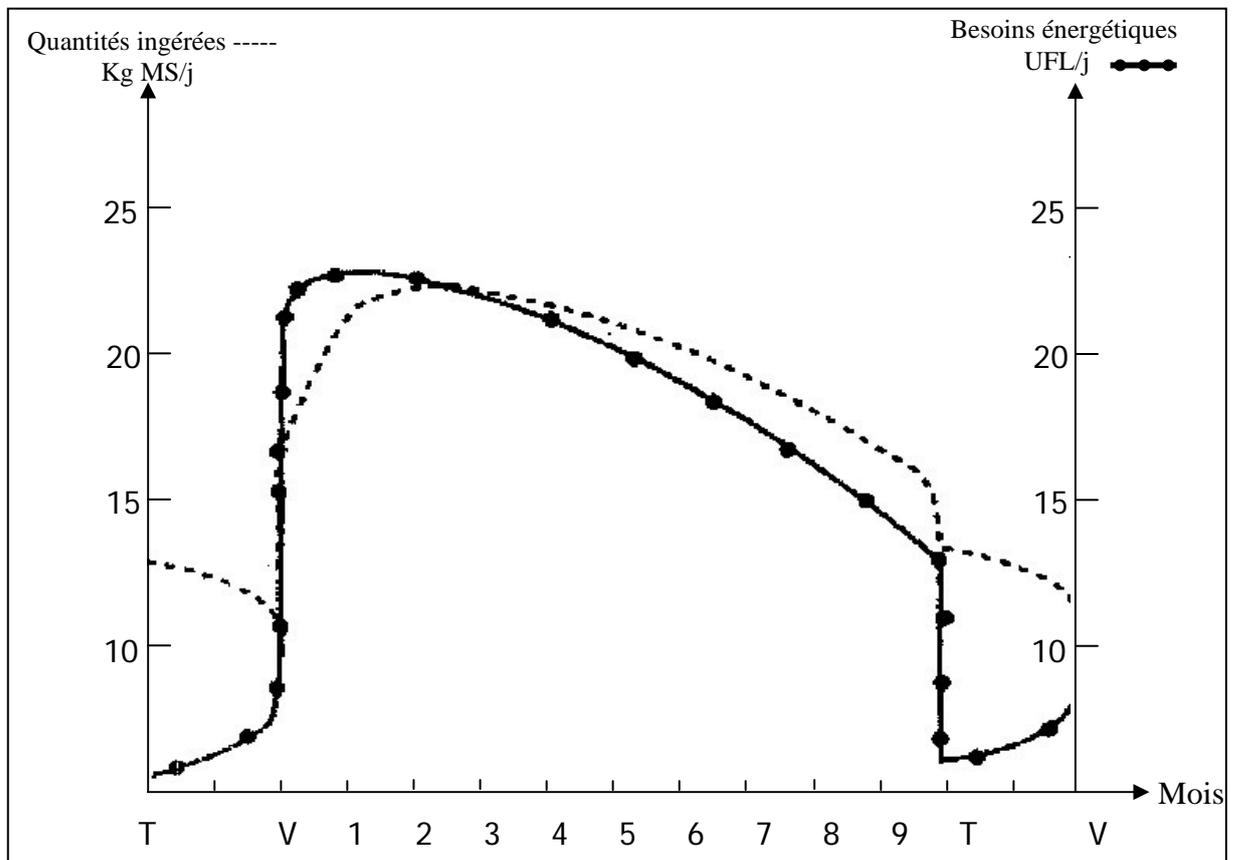
Figure n°1.2 : Principaux facteurs influençant la quantité de matière sèche ingérée [41]

1.3.1.3 Evolution de la capacité d'ingestion :

Selon SERIEYS [29], la consommation volontaire d'aliments suit les besoins énergétiques de l'animal mais avec des décalages et des anomalies à certaines périodes notamment pendant la période du tarissement et en début de lactation (graphique n°1.1, Tableau n°1.7).

1.3.1.3.1 Au tarissement :

Durant cette période de repos de la mamelle, la capacité d'ingestion diminue rapidement en raison de la réduction du volume disponible dans la cavité abdominale par suite du développement du ou des fœtus ([42], [43], [31]). Les quantités ingérées par jour sont comprises entre 10 et 15 Kg de matière sèche (MS). Elles varient en sens opposé des besoins qui augmentent de manière exponentielle en fin de gestation [29].



Graphique n°1.1 : Evolution des quantités de matière sèche ingérées et des besoins énergétiques au cours du cycle physiologique de la vache laitière [29]

1.3.1.3.2 Au début de la lactation :

La quantité de matière sèche consommée est minimale au vêlage [39] ensuite la capacité d'ingestion augmente régulièrement pour atteindre son maximum au cours du 3^{ème} mois de lactation et cette augmentation est moins rapide que les besoins énergétiques et azotés ([31], [29]) et ceci a deux origines principales :

- Le rumen et les autres compartiments digestifs mettent un certain temps à occuper la place rendue disponible par le foetus et les autres annexes ;
- La population microbienne doit s'adapter à une ration plus importante et plus riche en concentré [39].

Par conséquent, ce décalage est compensé chez la vache en début de lactation par l'utilisation des réserves corporelles reconstituées durant la fin de la lactation précédente.

Les besoins énergétiques atteignent leur maximum durant la 3^{ème} semaine de lactation, les protéines et le calcium dès la première semaine [29].

Ensuite, la capacité d'ingestion se stabilise durant une courte phase puis diminue enfin de lactation (de l'ordre de 0,5 Kg de matière sèche par mois pour les primipares et de 1 Kg pour les multipares) jusqu'au tarissement, pour représenter alors 80 à 85% du maximum [39]. Cette période est caractérisée par une certaine adaptation de l'ingestion aux besoins énergétiques de la vache [38].

Tableau n°1.7 : capacité d'ingestion de la vache laitière [38]

VACHE DE 600 Kg	Kg MS	UEL*
Tarissement	11 – 15	11,5 – 15,5
Début de lactation	15 – 16	15
Pic de lactation	20 – 23	19
Milieu de lactation	21	17 – 18
Fin de lactation	15	15 – 16
Corrections pour une variation de	0,8 à 1,5	1

poids vif de 100 Kg		
---------------------	--	--

UEL : Unités d'encombrement lait [30]

1.3.2. Alimentation de la génisse :

1.3.2.1 Introduction :

Le meilleur moyen et le plus économique d'obtenir un troupeau à haute production, c'est de remplacer progressivement les vaches médiocres par des génisses de bonne origine, nées dans la ferme, convenablement élevées notamment au point de vue alimentaire [34].

On entend par génisses, les femelles entre 4 - 6 mois d'âge et le moment présumé du vêlage, destinées au remplacement des vaches laitières.

La conduite alimentaire des génisses laitières a pour objectif de les faire reproduire au moment voulu, sans compromettre leur développement corporel et leur longévité, ni limiter leur potentiel laitier [30].

1.3.2.2 Apports recommandés :

Le tableau n°8 résume les apports recommandés en UFL, PDI, MAD, phosphore (P) et calcium (Ca) selon le poids vif des animaux et leur gain de poids. Le tableau n°9 présente les recommandations en Mg, K, Na et Cl pour les génisses en grammes par jour.

Tableau n°1.8 : Apports recommandés en UFL, PDI, MAD, P, Ca. [30]

Poids Vif (Kg)	Gain de Poids vif (g/j)	Quantité totale par jour				
		UFL	PDI (g)	MAD (g)	P (g)	Ca (g)
200	500	3,2	323	323	11	18
	700	3,5	383	388	13	23
250	500	3,7	355	353	14	21
	700	4,1	415	419	16	26
300	300	3,9	324	314	15	20
	500	4,3	384	380	17	24

350	700	4,7	444	446	19	29
	300	4,4	352	341	18	22
	500	4,8	412	407	20	27
450	700	5,3	472	472	23	33
	300	4,8	380	366	21	25
	500	5,3	440	431	24	30
450	700	6,0	500	495	27	36
	300	5,3	407	390	23	29
	500	5,8	466	454	26	35
500	700	6,4	524	518	29	41
	300	5,7	432	413	26	33
	500	6,3	491	477	29	39
550	700	6,9	549	541	31	46
	300	6,2	457	436	28	36
	500	6,7	515	500	30	42
	700	7,4	573	564	33	49

Tableau n°1.9 : Apports de magnésium, potassium, sodium et chlore en g/jour [30]

Poids vif (Kg)	Magnésium	Potassium	Sodium	Chlore
100	1,0	8	3	3,5
200	2,0	14	5	6
300	3,6	20	6,5	8,5
400	5,0	26	8	11
500	6,5	32	9	14
600	7,5	38	12	18

1.3.2. 3 Croissance et fertilité :

L'alimentation influe sur la croissance des génisses et intervient sur tous les paramètres de reproduction de la puberté à la réforme de l'animal [14].

Le poids de la génisse plutôt que son âge détermine le moment de la puberté et donc le début des chaleurs. La puberté est d'autant plus précoce que le gain de poids vif depuis la naissance est élevé [44]. Les premiers signes de chaleurs s'observent en général lorsque la génisse atteint 40% de son poids adulte [45]. Il faut savoir que la fertilité de la génisse n'est bonne que lorsqu'elle atteint environ 60% de son poids adulte. L'âge auquel apparaissent les premières chaleurs est fortement lié à la croissance, donc au régime alimentaire pendant les premiers mois de la vie des génisses [44].

En résumé, les animaux les mieux alimentés dans le jeune âge ont une meilleure croissance en première lactation, un poids plus élevé au cours des lactations suivantes et une moindre mortalité au cours de la vie productive.

1.3.2.4 Conséquences d'une sous ou suralimentation sur les performances de reproduction chez la génisse :

Selon PACCARD [46], un déséquilibre nutritionnel (énergétique et/ou azoté) de la génisse au cours de sa phase d'élevage compromet sa fertilité au moment de la première mise à la reproduction et aussi au cours des cycles reproductifs ultérieurs. Il provoque même la mortalité embryonnaire.

1.3.2.4.1 L'excès alimentaire :

Il va aboutir à des génisses trop grasses qui vont avoir surtout avant la puberté (de 3 à 9 mois) :

- une infiltration graisseuse de l'ovaire
- une infiltration graisseuse de la mamelle avec diminution du développement des acini.

Dans ces conditions, on obtiendra une diminution de :

- la fertilité
- la facilité de vêlage
- la production laitière
- la longévité (infertilité, mammites) [38].

Un excès d'embonpoint avant la mise bas risque d'accroître la fréquence des vêlages dystociques des génisses [47]. De même selon FROMAGEOT [48], un sur-engraissement peut entraîner des difficultés d'ordre mécanique lors de la migration de l'ovule et semble accentuer les cas de mortalité embryonnaire.

Une croissance trop rapide (Gain Moyen Quotidien : GMQ>800 g) est très néfaste sur le développement du tissu sécrétoire de la mamelle à la puberté [49] ce qui va entraîner une faible production laitière dès la première lactation et pour les lactations suivantes ([50], [51]).

1.3.2.4.2 La carence alimentaire :

Dans ce cas, il y aura :

- diminution du développement corporel avec diminution de la capacité d'ingestion
- diminution de la maturité sexuelle
- diminution de la production laitière [38].

De plus, une croissance lente peut même désamorcer le déroulement des cycles oestriques, [48].

LALLEMAND [52] indique que tout déficit alimentaire pendant la phase d'élevage de la génisse réduit la fertilité et accroît l'intervalle vêlage-insémination fécondante en première lactation.

1.3.3. Recommandations optimales pour l'alimentation des génisses :

Selon BADINAND [14], il faut trouver un compromis entre l'obtention d'un format suffisant pour un vêlage précoce et une croissance modérée permettant de bonnes lactations.

Le gain moyen quotidien varie selon l'âge et le poids vif de la génisse ; pour cela l'optimum est d'avoir les valeurs suivantes en fonction des différents stades physiologiques tels qu'exprimés dans le tableau suivant :

Tableau n° 1.10 : Variations du gain moyen quotidien selon l'âge et le poids vif de la génisse [38]

	Age (mois)	Poids vif (Kg)	GMQ (g/j)
- naissance	0	45	< 600
- sevrage	3	100	
- élevage	6 - 9	200	
- puberté	9 – 12	250 – 300	< 900
- insémination	15	400	
- 1 ^{er} vêlage	24	600	
			moyenne < 800

WOLTER, [38] préconise d'alimenter les primipares, après le vêlage, en surestimant systématiquement leur production de 7 à 8 Kg de lait (=3 unités fourragère lait) en raison de leur faible capacité d'ingestion, de leur potentiel de production élevé, et aussi car leurs besoins de croissance sont encore forts.

Le tableau n°3.5 récapitule les variations de la fertilité et de la production de lait selon le gain moyen quotidien des génisses.

Tableau n°1.11: Croissance des génisses et fertilité [48]

	On obtiendra probablement		
	Un pourcentage de génisses gestantes après insémination première	Aux gestations suivantes, un % de vaches, pleines après insémination première	Une production laitière
Si la croissance des génisses a été :			

Faible GMQ <400 g	continue	normal 65 %	normal 63%	faible
	discontinue	mauvais 30%	normal 65 %	réduite
Bonne, soit GMQ compris entre 400 et 800 g de façon continue	600 – 800 g/j avant insémination, sans augmenter à l'insémination	assez bon 70%	bon	bonne
	400 – 600 g/j avant insémination mais + 200 g au moins lors de l'insémination	bon 80 %	bon	bonne
Elevée GMQ>800 g	continue	normal 65 %	mauvais	réduite
	discontinue	mauvais 30 %	mauvais	normale ou réduite

(*) GMQ : gain moyen quotidien.

1.3.4. Alimentation de la vache laitière durant la période du tarissement :

1.3.4.1 Introduction :

Le tarissement est obligatoire pour une bonne relance hormonale (et non pas pour une remise en état qui doit intervenir antérieurement, en seconde partie de la lactation précédente) [38].

La période de tarissement est souvent négligée par les éleveurs car elle est considérée comme une période d'improductivité [53]. Cette période est cruciale sur le plan alimentaire pour le bon démarrage de la lactation et pour la prévention des troubles qui entourent le vêlage [54]. Elle coïncide avec plusieurs processus physiologiques importants : l'achèvement de la croissance fœtale, le repos et la restauration de la glande mammaire et surtout la préparation de la lactation suivante ; la poursuite de la croissance corporelle (primipares) et la reconstitution des réserves corporelles [55]. Il faut savoir que la nature du régime pendant le tarissement ne peut être dissociée du régime de lactation qui va suivre [29].

1.3.4.2 Durée du tarissement :

- Le tarissement doit durer environ 2 mois [38].

- Le premier mois de tarissement doit être considéré comme étant réservé au repos de l'organisme de l'animal après sa lactation.

La fin du 2^{ème} mois de tarissement doit être une période où il faut augmenter le régime qu'elle recevait après son vêlage [5].

Arzul [56] : constate que les vaches qui sont tarées plus de deux mois, sont de bonnes candidates aux pathologies post-partum et il déconseille l'absence de tarissement car c'est la période privilégiée pour le repos de la glande mammaire, la régénération des cellules sécrétrices du lait et la lutte contre les infections chroniques.

MEISSONIER [55] a proposé une nouvelle conduite d'élevage appelée « tarissement modulé » dont la durée est raisonnée en fonction des critères physiologiques sanitaires et économiques. Il distingue deux modalités :

- Tarissement classique (8 – 10 semaines avant vêlage).
- Tarissement retardé (5 semaines avant vêlage).

TRICHOT [4] a rapporté que la reconstitution des réserves doit débuter dès le 2^{ème} trimestre de lactation et s'il y a une pratique d'un steaming up, il faut le renforcer seulement en énergie et jamais en protéine ni en minéraux et le limiter à une période de 15 à 20 jours maximum avant l'accouchement.

1.3.4.3 Niveau alimentaire:

Une alimentation trop riche en énergie pendant la période de tarissement se traduit par un état d'engraissement excessif « note d'état corporel supérieur à 4 » et a des conséquences pathologiques [57]. De même l'excès énergétique est responsable du vaste « Syndrome de la vache grasse » avec toutes ses répercussions sur la reproduction [14].

Une suralimentation durant la période de tarissement tend à diminuer l'appétit en début de lactation et donc à exagérer alors l'amaigrissement et la stéatose

hépatique ou « syndrome de la vache grasse » [38]. Les excès azotés, principalement sous forme très dégradables, sont également néfastes en intoxiquant le fœtus et en prédisposant aux avortements.

Un déficit protéique pourrait freiner quelque peu la croissance fœtale et surtout entraver la production des anticorps et donc la protection immunitaire du nouveau-né [38]. Selon LOUVARD [58], pour une production théorique de 6-8 litres : 7-8 UFL, environ 700 g de MAD sont nécessaires.

De même, COULON, [5] a montré qu'il est alors possible d'alimenter la vache durant cette période à un niveau correspondant à ses besoins d'entretien et de gestation soit d'environ 7 UFL (entretien + équivalent d'une production de 5 Kg de lait) au 8^{ème} mois de gestation (ou au 1^{er} mois de tarissement) et 8 UFL (entretien + équivalent d'une production de 7 Kg de lait) à son dernier mois de gestation.

Cette élévation progressive d'apports nutritifs à ce moment précis permet de préparer la vache au régime du début de lactation, période caractérisée par des dépenses énergétiques maximales ainsi qu'une capacité d'ingestion généralement insuffisante pour la satisfaire pleinement et aussi accroître éventuellement le volume des réserves corporelles avant la mise bas pour pallier le déficit énergétique inévitable au cours des toutes premières semaines post-partum. TRICHOT [4] a rapporté aussi que la reconstitution des réserves doit débuter dès le 2^{ème} trimestre de lactation et s'il y a une pratique d'un steaming up, il faut le renforcer seulement en énergie et jamais en protéines ni en minéraux et le limiter à une période de 15 à 20 jours maximum avant l'accouchement.

Donc, l'alimentation des vaches pendant le tarissement doit être peu énergétique, faiblement pourvue en calcium, riche en cellulose et composée d'aliments modérés, pauvre en potassium [59].

1.3.5. Alimentation de la vache laitière en début de lactation :

Au début de la lactation, la vache laitière dont la capacité d'ingestion augmente lentement, ne parvient pas à couvrir par l'alimentation des besoins qui sont déjà très élevés quelques jours après le vêlage et qui atteignent leur maximum en quelques semaines [38]. Sitôt après le vêlage, les besoins en matières azotées et minéraux sont les plus élevés, dans le courant de la deuxième semaine de la lactation pour l'énergie.

Chez une vache à forte production, le démarrage de la lactation est une période délicate au cours de laquelle l'animal ne s'adapte pas tout de suite à l'ingestion de quantités d'aliments suffisants [60] et elles ont une grande faculté de faire appel à leurs réserves corporelles (à la différence des vaches moins productrices), ce qui rend l'amaigrissement inévitable [58].

Il en résulte donc, un déficit énergétique inévitable qui apparaît souvent au cours des 2 dernières semaines de gestation [61] et s'accroît considérablement en début de lactation et persiste habituellement de 4 à 12 semaines selon le niveau de production [29]. Ce déficit énergétique est d'autant plus accentué que la productivité laitière de la vache est plus élevée.

1.3.5.1 Stratégie alimentaire au début de la lactation :

Puisqu'il y a un déphasage entre le pic des besoins et le pic de l'appétit de la vache en début de lactation, il lui faut nécessairement un apport d'avantage en UF et en PDI, c'est-à-dire une complémentation en aliments concentrés (à base de céréales, tourteaux, protéagineux, urée...).

Mais il faut respecter les règles suivantes :

- Augmentation progressive de concentrés pour prévenir l'acidose. La complémentation peut aller jusqu'à 1 livre supplémentaire/animal/jour apportée en petits repas nombreux.
- Contrôler l'amaigrissement (inévitabile) pour prévenir la cétose. L'amaigrissement doit être : limité, dépressif et peu durable [29].

1.3.5.2 Calcul de la ration :

Rationner un animal consiste à satisfaire ses besoins nutritifs par l'ajustement d'apports alimentaires suffisants, équilibrés, adaptés à ses facultés digestives et les plus économiques possibles ([38] et [54]). Le « calcul de la ration » met en évidence le déficit en UFL ; malheureusement l'incertitude sur les quantités ingérées et les interactions digestives (substitution concentrés/fourrages) en début de lactation ne permettent qu'un calcul approché [62].

Ainsi, l'efficacité des apports alimentaires varie avec les animaux, en fonction de l'espèce, de l'âge, de l'individualité, de l'état physiologique, et des troubles pathologiques [63].

Dans le cas d'un effectif élevé des troupeaux, le rationnement qui devient obligatoirement collectif, masque et accuse les inégalités dans la couverture des besoins alimentaires ne serait ce que par l'imprécision de la quantité réelle d'aliment quotidien consommé ([48], [38]).

D'une façon générale, le rationnement des génisses puis des vaches à différents stades physiologiques et en début de lactation est d'une importance capitale pour une bonne gestion de la reproduction et de la production laitière.

Il faut savoir que le rationnement des vaches laitières repose sur la distinction faite entre deux composants de la ration distribuée aux animaux :

- La ration de base : constituée de fourrages en général, peut ainsi comporter des racines et des tubercules ainsi que les graminées et les fruits. On admet que les vaches d'un troupeau de poids comparable appartenant à la même catégorie consomment la même quantité de fourrages et d'autres constituants de la ration de base.
- La ration complémentaire : constituée d'aliments concentrés permet aux animaux d'extérioriser leur potentiel de production [31].

1.3.5.2.1 Rationnement énergétique et azoté :

Pour établir une ration il faut connaître non seulement les besoins de l'animal et la valeur nutritive des aliments mais aussi les quantités d'aliments qu'il peut consommer.

D'une façon générale, le rationnement consiste à la :

- a. détermination de la consommation moyenne des aliments de la ration de base qui est exprimée en Kg de matière sèche (Kg MS) qui est estimée soit à partir :
 - des mesures directes effectuées avec soin au niveau du troupeau
 - des références locales
 - des tables dans le cas des rations bien connues tenant compte des caractéristiques des fourrages la constituant (valeurs UFL et UEL).
- b. détermination du niveau de production permis par la ration de base pour les UFL, PDIN et PDIE.
- c. détermination de la quantité de concentré à apporter et sa valeur nutritive ([31], [39]) (Figure n°1.3)

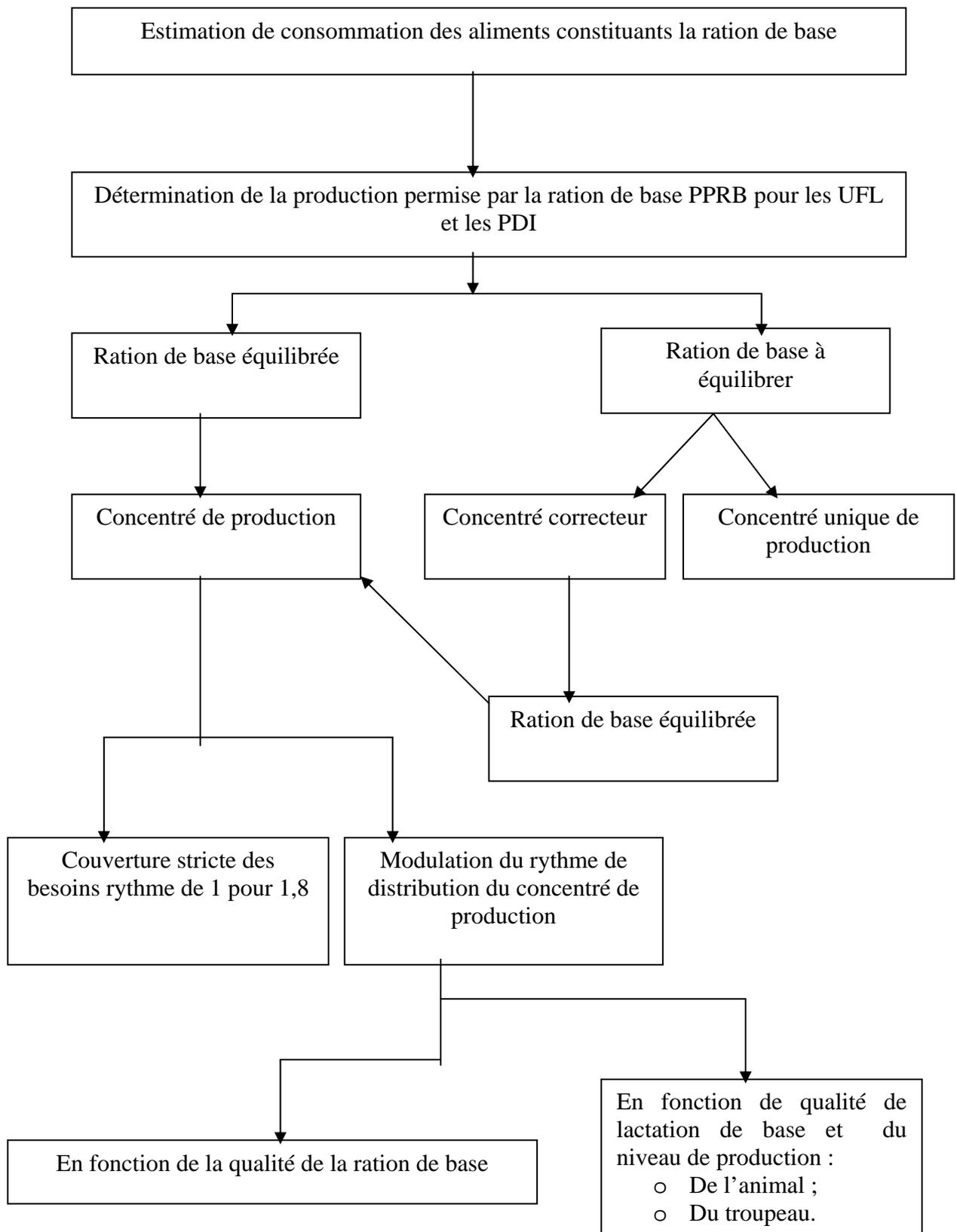


Figure n°1.3 : Différentes étapes du calcul de la ration pour des vaches en pleine lactation [39]

1.3.5.2.1.1 Au début de la lactation :

On a signalé dans le titre précédent « stratégie alimentaire au début de lactation » que durant cette période le recours aux aliments concentrés est nécessaire, mais il faut respecter les points suivants :

- dans le cas des fourrages de mauvaise qualité (c'est-à-dire une ration de base de valeur énergétique comprise entre 0,6 à 0,7 UFL/Kg de MS) et pour que l'animal puisse reconstituer les réserves en fin de lactation un grand apport de concentrés est nécessaire.
- dans le cas des fourrages de bonne qualité (ration de base de valeur énergétique supérieure ou égale à 0,80 UFL/Kg de MS), il est possible de réduire les apports de concentrés en début de lactation sans risque de trop sous alimenter les vaches ([31], [39]).

1.3.5.2.1.2 Au cours et après le pic de lactation :

Il y a deux cas à considérer :

- Dans le cas d'une ration de base équilibrée entre les UFL et les PDI, le concentré de production peut être distribué selon différents rythmes qui correspondent à la couverture stricte des besoins (rythme de 1 Kg de concentré par tranche de 1,8 Kg de lait au dessus du niveau de production permis par les UFL) et en fonction de la qualité de la ration de base et du niveau de production.
- Dans le cas d'une ration de base non équilibrée entre les UFL et les PDI, on utilise généralement deux concentrés :
 - un concentré correcteur qui permet d'obtenir l'équilibre entre les UFL et les PDI les plus limitants,
 - un concentré de production [39].

1.3.5.2.2 Rationnement minéral et vitaminique :

Le rationnement minéral et vitaminique des vaches laitières consiste à :

- distribuer à toutes les vaches un composé minéral vitaminé pour corriger la ration de base.
- utiliser un concentré de production ayant une composition minérale satisfaisante [31].

1.4 Interrelation entre les performances de la reproduction et les problèmes alimentaires :

1.4.1. Introduction :

La reproduction est une fonction de luxe qui est la première affectée par toute erreur alimentaire, même très nuancée, difficile à identifier, se manifestant de manière généralement insidieuse et non spécifique [64] ; elle est la dernière rétablie, notamment en cas de difficultés nutritionnelles [48]. Ce dernier indique que 20% au moins des réformes résulteraient de problèmes de fertilité des vaches. [11] estime que près de 80% des cas d'infertilité sont dus à des causes alimentaires et/ou hygiéniques. D'après FERGUSON [10] lorsque plus de 15% des vaches d'un troupeau laitier sont encore en œstrus 40 à 50 jours après le vêlage, il faut suspecter une origine alimentaire.

Le rôle de l'alimentation sur la fertilité des vaches est toujours évoqué. Il faut cependant rester prudent devant les positions et les conclusions très tranchées de beaucoup de publications et de travaux de recherche sur le sujet qui soulignent un effet majeur de l'excès ou du déficit d'apport de tel ou tel élément sur la fertilité des bovins [65].

En effet, PARAGON [64] et BRUYAS [65] insistent sur le fait qu'un déséquilibre nutritionnel est souvent associé à une autre cause, non nutritionnelle, et ce n'est que l'ensemble de ces facteurs qui engendre des troubles de la fertilité.

L'influence de l'alimentation et surtout de ses variations se fait sentir plusieurs semaines, voire plusieurs mois plus tard et elle est maximale durant la période critique de l'ovulation-nidation [11]. En effet, le niveau alimentaire en début de lactation garde une influence importante tandis que l'alimentation au cours du tarissement agit de façon plus modérée sur la fertilité et la fécondité.

Ces anomalies peuvent favoriser des affections du post-partum comme les rétentions placentaires ou les métrites mais aussi ralentir la reprise d'une activité

sexuelle normale en perturbant les nombreux événements hormonaux qui interviennent entre la fin de la gestation et la fécondité [8].

Les tableaux n°1.12 et n°1.13 récapitulent les effets des erreurs alimentaires sur la reproduction.

Tableau n°1.12 : causes nutritionnelles d'infertilité : [18]

Nature des troubles	Elément en cause	Origine des troubles
Retard d'involution utérine par risque accru de rétention placentaire, métrites et kystes folliculaires.	Se, Cu, I Vit A Vit D, Ca (excès) Vit E Protéines (excès)	<ul style="list-style-type: none"> • carence : rétention placentaire. • Vêlage précoce, rétention placentaire. • Coma vitulaire et ses complications associé au Se pour les rétentions placentaires. • > 15% de la ration (MS) en fin de gestation.
Retard d'involution utérine sans métrite	Ca Co	
Anœstrus et diminution d'activité ovarienne	Energie P Ca, Vit D, Cu, Co Mn(carence sévère) I Beta carotène K (excès)	<ul style="list-style-type: none"> • Diminution de LH et progestérone • Risque de Kystes folliculaires <p>-Chaleurs irrégulières</p> <ul style="list-style-type: none"> • Retard d'ovulation, kystes, insuffisance lutéale • Œstrus anovulatoire • Insuffisance lutéale si >5% de la ration (MS)
Repeat breeding ou mortalité embryonnaire	Energie Protéines (carence) Protéines (excès) P Cu Co Mn Zn I, beta carotene	<ul style="list-style-type: none"> • Carences prolongées (épuisement des réserves) • >18-20% (MS), avec beaucoup d'azote soluble
Avortement, mortinatalité ou nouveau-né faible	VitA, I Mn Protéines (excès)	<ul style="list-style-type: none"> • Ration des vaches tarées

Tableau n°1.13 : Principales relations entre l'alimentation et les troubles de la reproduction : [9]

Troubles	Eléments invoqué
Anœstrus et baisse d'activité Ovarienne	Déficit énergétique Déficit en phosphore
Défaut de fécondation Mortalité embryonnaire	Fortes carences en énergie et azote Excès d'azote (surtout dégradable) Déficit en phosphore et oligo-éléments
Avortements Mortinatalité	Carences en iode et vitamine A Excès d'azote
Rétentions placentaires Métrites Retard d'involution utérine	Carences en vitamine E et sélénium Déficit en calcium et magnésium Excès azotés

1.4.2. Influence de la nutrition énergétique :

1.4.2.1 Au cours du tarissement :

L'apport énergétique avant et après le vêlage peut être considéré comme déterminant pour l'avenir reproducteur de l'animal [66].

VALLET ET al [67]) , DELTANG [68] rapportent que la période du tarissement est le moment où le bilan énergétique influence le plus la fertilité ultérieure et il faut noter que l'insuffisance de la ration, en général , l'affecte en premier lieu [14].

L'apport alimentaire avant le vêlage semble avoir plus d'influence que celui réalisé après [66].

1.4.2.1.1 Déficit énergétique :

ENJALBERT [8] rapporte qu'en fin de gestation, les déficits énergétiques restent relativement fréquents en élevage laitier moderne. Mais leurs répercussions sur

les performances de reproduction sont néfastes comme le montrent les résultats de plusieurs études. Chez la vache allaitante, WILTBANK et al ([69], [70]) ont relié le niveau d'apport énergétique avant et après le vêlage avec les performances de reproduction au cours du post-partum.

En effet, l'alimentation agit sur 2 critères de fécondité :

- a. sur le délai de retour en chaleurs après vêlage c'est-à-dire : IV-C₁
- b. sur la fertilité proprement dite mesurée par le taux de réussite aux inséminations ([46],[4]).

Un déséquilibre de la ration durant cette période peut provoquer un allongement du délai de reprise de l'activité ovarienne. Les mêmes résultats sont observés lors d'une restriction énergétique en fin de gestation ([71],[72], [69], [73], [74], [4], [67], [75], [76]). Cet effet néfaste est le résultat d'un mauvais état des vaches au vêlage ([12], [76]) car l'insuffisance énergétique entraîne une réduction de l'activité cellulaire, du tonus musculaire, des échanges respiratoires, des productions enzymatiques, du nombre d'hématies et des capacités de thermorégulation. La réduction de 20 à 40% des apports énergétiques au cours du dernier tiers de la gestation s'accompagne d'une augmentation de la durée de l'anoestrus post-partum de 1 à 3 semaines et du risque de maladies métaboliques [77].

La sous-alimentation énergétique entraîne aussi une diminution du taux de réussite en première insémination ([4], [76]). Selon TRICHOT [4], KALI [78] et TAGGART, [79], le nombre d'inséminations par insémination fécondante (IA/IF) passe de 1,77 pour un régime énergétique normal à 2 lorsque le régime énergétique est insuffisant et de 1,39 avec un régime énergétique et azoté normal à 1,98 avec un régime énergétique insuffisant et équilibré en matières azotées digestibles [80]. Le même auteur a noté aussi une diminution du pourcentage de non retour à 3 mois de gestation : 74,4% avec un régime énergétique normal et 43,2% lors d'un régime énergétique insuffisant.

Chez la vache allaitante, une augmentation de la durée d'anœstrus post-partum de 8 à 12 jours a été notée lors d'une restriction de 20 à 40% des apports énergétiques durant le dernier tiers de la gestation ([69], [81], [82]) et dans les mêmes conditions, le pourcentage des vaches qui sont cyclées 60 jours post-partum diminue de 40 % ([83], [84], [85]).

Chez des génisses à bas régime prépartum, DUNN et al, en [83], ont constaté qu'elles viennent en chaleurs rarement avant 80 jours après le vêlage même celles fortement alimentées après le vêlage. Tandis que PACCARD [46] indique que cet effet néfaste peut être facilement corrigé par le niveau alimentaire post-partum.

Ainsi selon VALLET [76] :

- Si la carence a duré plusieurs semaines, elle peut être compensée par des apports corrigés
- Si la durée a dépassé plusieurs mois, il est impossible de la compenser ni par l'alimentation ni par les médications.

Donc, pour avoir de bons résultats ultérieurement, VALLET [67]) indique que l'optimum d'apport énergétique au cours des 45 derniers jours de gestation doit se situer à 8 – 9UF/J comme il est présenté dans le tableau suivant :

Tableau n°1.14: Bilan énergétique en fin de gestation et fertilité [67]

UF(totales)	<8	8-9	9-10	>10
- Nombre de vaches	138	112	109	521
- Taux de non retour %	50	62,5	46,5	41,6
- Nombre d'insémination par fécondation	1,84	1,68	1,96	2,03

Selon TRICHOT [4], le taux de conception pendant la première semaine après le vêlage est affecté par le niveau prépartum, alors qu'au-delà de 120 jour, il est directement lié au niveau post-partum.

1.4.2.1.2 Excès énergétique :

ENJALBERT [8] indique que les excès énergétiques qui ont des répercussions sur la production sont ceux qui interviennent en fin de gestation (plus de 10 UFL/j). La suralimentation avant le vêlage et ses conséquences sur la fertilité ont déjà été soulignés en « 1970 » par Francos et en « 1974 » par Lotthamer. Elle est plus responsable de problèmes pathologiques [5].

Un excès énergétique pratiqué durant la période de tarissement expose à une prise d'embonpoint de la vache (note d'état corporel supérieur à 4), [38] qui est responsable :

- D'une forte lipomobilisation péri et post-partum ([86], [87], [88]). Cette dernière est surtout observée chez les vaches à haut potentiel de production qui s'accompagne à la fois d'une augmentation du taux d'acides gras non estérifiés (AGNE) et d'une chute de la glycémie [87].
- Du syndrome de la vache grasse [89] dont les complications au cours du post-partum sont nombreuses : non délivrances [14], note que les deux tiers des vaches à rétention placentaire sont des vaches grasses au vêlage), retards à l'involution utérine, risques de cétozes par surcharge hépatique, métrites, maladies métaboliques ([90], [91], [4], [92], [67], [5], [61]).

Ces complications sont toujours contraires à une bonne fertilité :

- Accroissement de l'intervalle vêlage – 1^{er} œstrus ([4], [93]) dont les ovulations silencieuses seraient plus fréquentes.
- Diminution du taux de réussite en première insémination (IA1) ([4], [67], [14]). RUEGG [88]) note que l'index d'insémination est supérieur à 2 chez les vaches grasses au vêlage.

Chez la vache allaitante, un apport énergétique trop libéral en fin de gestation (+ 40%) entraîne lui aussi une augmentation de la durée de l'anœstrus de 10 jours environ [6].

D'une façon générale, la conduite du tarissement (durée, apports alimentaires et préparation à la lactation suivante) influence les performances de reproduction de

la vache en agissant soit directement sur les différents paramètres de la fécondité et de la fertilité, soit indirectement par le biais de la reproduction (Figure n° 1.4).

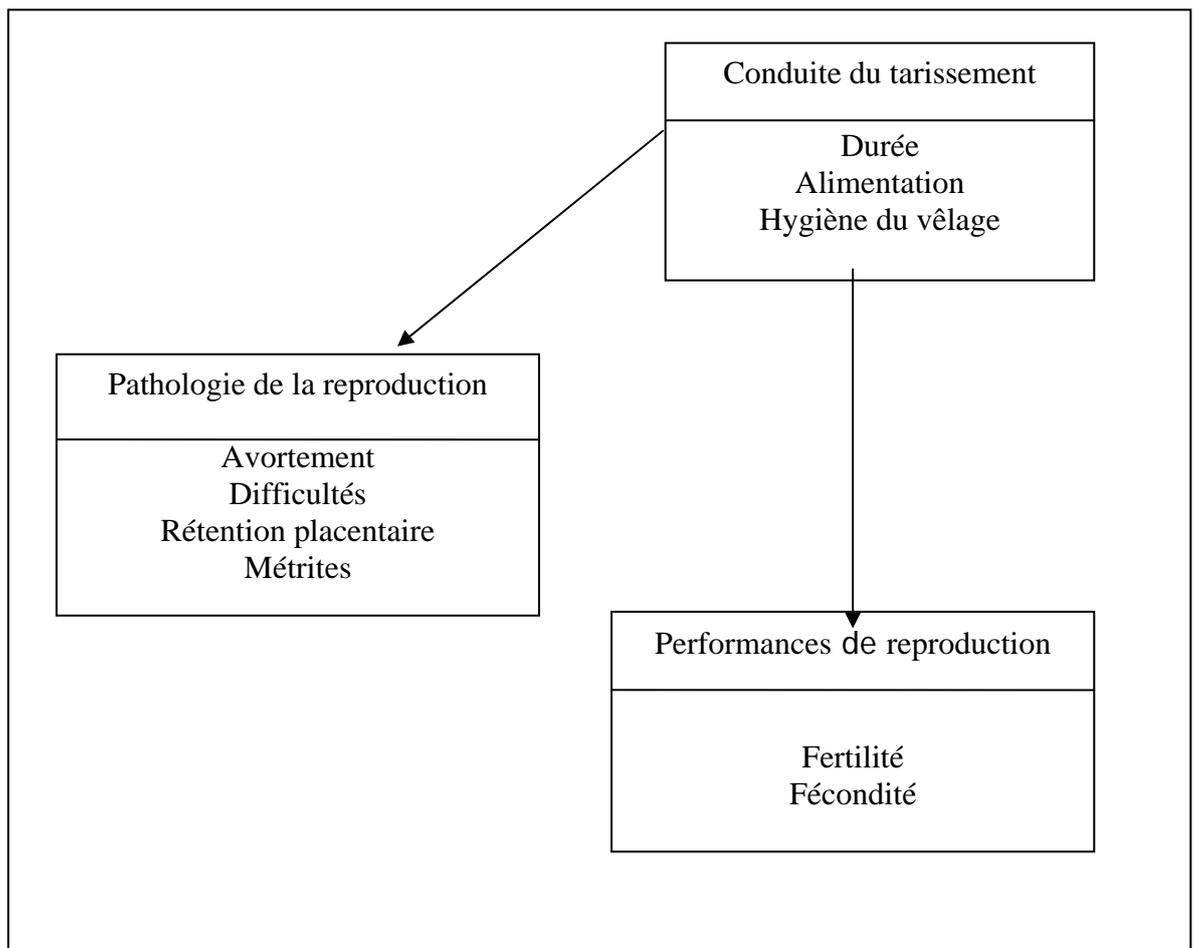


Figure n°1.4 : Influence de la conduite du tarissement sur la pathologie et les performances de reproduction [29].

1.4.2.2 En début de lactation :

Selon LOISEL [94] , la fertilité des vaches pendant cette période dépend :

- de l'importance du déficit ou de l'excès de chaque élément nutritif.
- de la durée de l'application des déficits ou des excès.
- du nombre d'éléments en déséquilibre dans la ration.
- du niveau de la production laitière (intervention des réserves corporelles)
- de la proportion des animaux concernés par les excès, les déficits ou les déséquilibres.

1.4.2.2.1 Déficit en énergie au début de lactation :

L'une des causes les plus communes d'infertilité due à un déséquilibre nutritionnel est la déficience en énergie ou équilibre énergétique négatif [95].

La balance énergétique se définit comme l'état d'équilibre entre, d'une part, les apports alimentaires et d'autre part, les besoins nécessaires à la production laitière et à l'entretien de l'animal [96].

Au début de lactation, au moins 80% des vaches laitières ont un bilan énergétique négatif ([45], [97]) qui entraîne l'amaigrissement de l'animal et la mobilisation de ses réserves corporelles.

La sous-alimentation au début de lactation est la règle dans l'élevage laitier surtout chez les fortes productrices [67] sachant que l'appétit diminué durant cette période ne permet pas la couverture des besoins.

ENJALBERT [8] indique que chez les vaches qui produisent plus de 6000 Kg de lait par lactation, les déficits en énergie durant cette période (6 à 12 semaines de lactation) s'accompagnent le plus souvent d'une perte de poids qui peut atteindre 40 à 60 Kg. Ce déficit énergétique débute quelques jours avant le vêlage et se continue pour atteindre son maximum deux semaines après le vêlage ([98], [99])

1.4.2.2.2 Déficit énergétique et ses répercussions sur la reproduction :

COULON [100] a constaté que les vaches recevant un haut régime au début de la lactation arrivent en bilan énergétique positif plus rapidement après le vêlage que celles recevant un bas régime énergétique. De plus, les vaches qui arrivent au vêlage avec un état corporel excessif vont avoir une diminution d'appétit et développent un déficit énergétique plus sévère que celui des vaches qui arrivent au vêlage avec une condition corporelle modérée [101].

1.4.2.2.2.1 Déficit énergétique et taux d'ovulation :

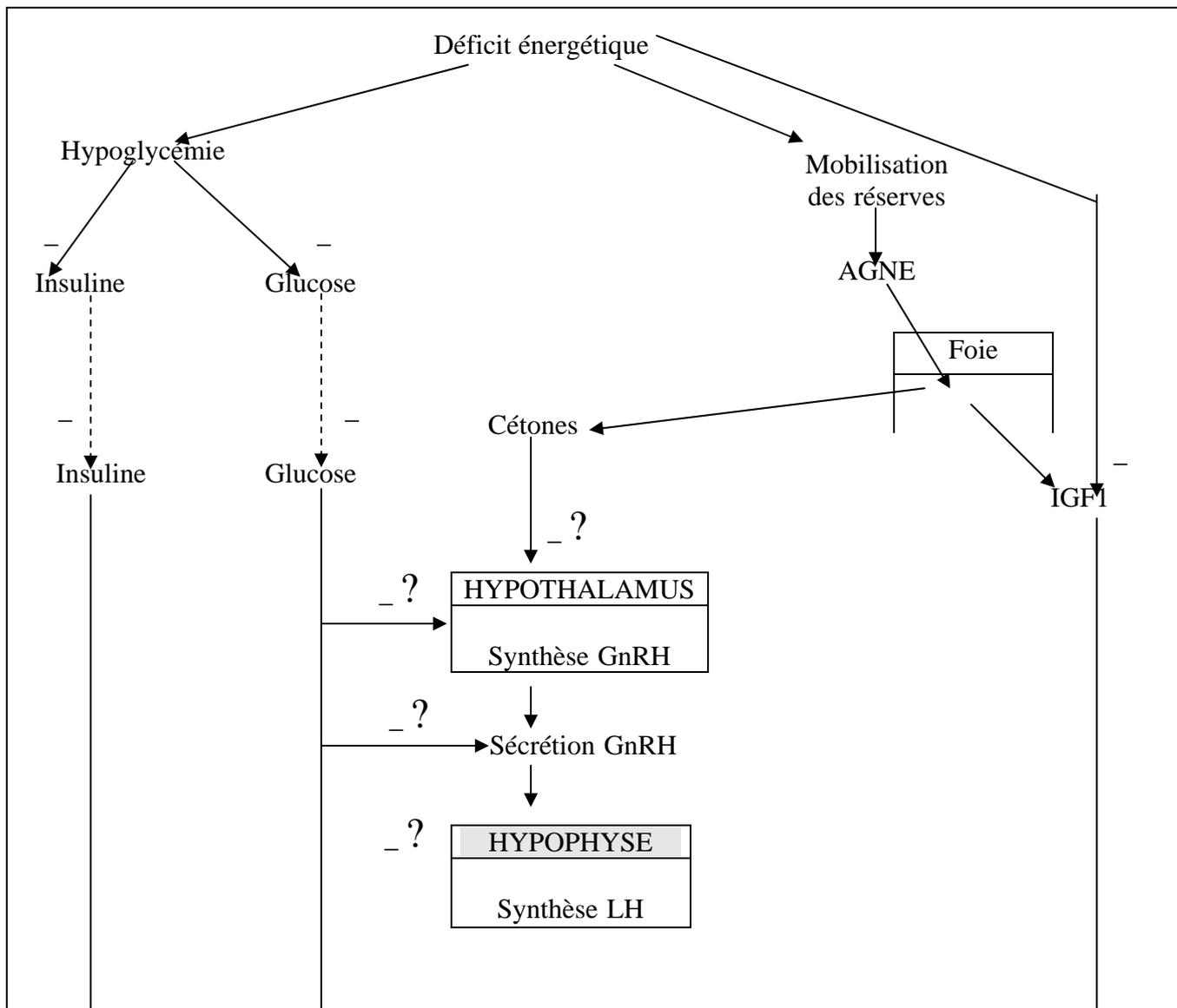
Pour ONUMA et FOOTE [102], le niveau énergétique n'a pas une influence significative sur le nombre d'ovulations chez la vache, par contre LAMOND [103], constate que le niveau alimentaire jouerait un rôle sur le taux d'ovulation de génisses traitées avec du P.M.S.G (Tableau n°1.15)

Tableau n° 1.15 : taux d'ovulation de génisses traitées avec du P.M.S.G [103]

Mois de traitement avec P.M.S.G	Moyenne du nombre d'ovulations /génisse	
	Bas niveau	Haut niveau
Décembre	0,6	1,2
Janvier	1,00	2,5

La sous-alimentation énergétique en début de lactation retarde la première ovulation ([12], [104]) qui a lieu normalement à 30 jours après le vêlage 17 – 42 jours ; [99], [105] et retarde aussi les premières chaleurs ([12], [106], [107]). Le retard du 1^{er} oestrus est d'autant plus marqué que le déficit énergétique en début de lactation est élevé.

LUCY [108] montrent que la première ovulation peut survenir alors que le déficit énergétique est encore négatif, et elle sera plus tardive chez les vaches dont le bilan énergétique reste longtemps très négatif (figure n°1.5).



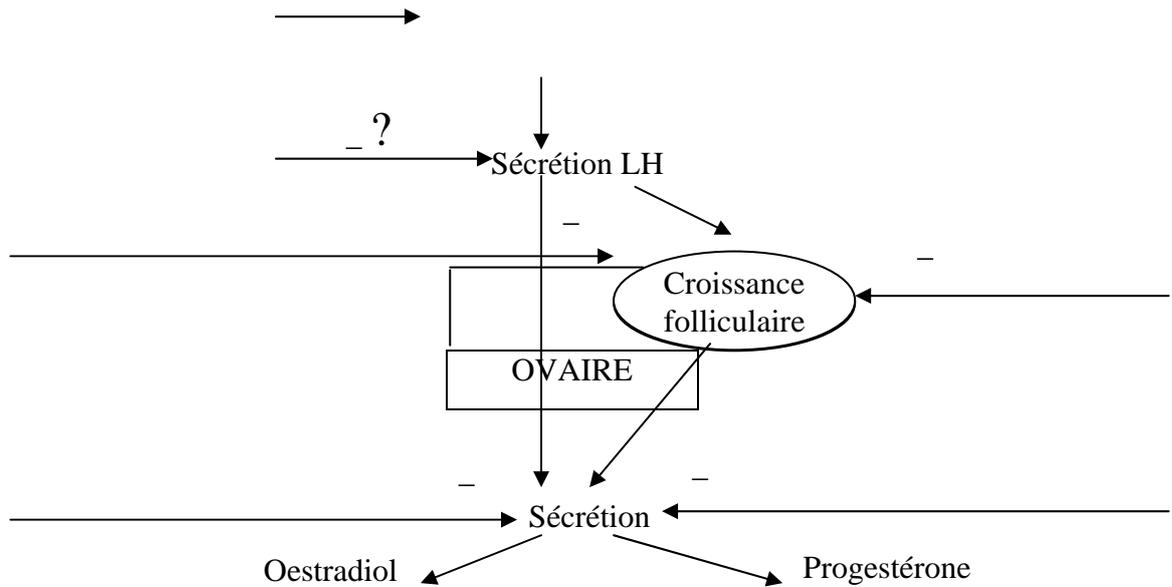


Figure n° 1.5 : Relations nutrition – reproduction :

Effets du déficit énergétique sur la régulation de la fonction de reproduction chez les ruminants [6]

La reprise de l'activité sexuelle normale n'aura lieu que lorsque le bilan énergétique redevient positif. De ce fait, la longueur de l'intervalle vêlage – première ovulation représente une importante interaction du statut énergétique sur les performances de reproduction [109].

Il semble que la pulsativité de la LH a lieu dès le pic de déficit énergétique. Selon CANFIELD [110], il existe une corrélation très significative entre l'intervalle vêlage – première ovulation et l'intervalle vêlage – pic de déficit énergétique :

« $IV - \text{Première ovulation} = 7,5 + 1,4x IV - \text{Pic de déficit énergétique} ; r = 0,75$ ».

De même BEAM et BUTLER ([111] et [112]) ont confirmé que la fréquence d'ovulation des follicules dominants est élevée lorsque l'intervalle vêlage – pic du déficit énergétique est plus court (6,9 jours) que s'il est long (15,5 jours).

Aussi, une balance énergétique négative est corrélée avec l'absence de manifestations oestriques au cours du premier oestrus du post-partum [113].

Plusieurs auteurs rapportent que la fonction ovarienne est affectée et que la durée de l'anoestrus après le vêlage est allongée lors d'une sévère sous-alimentation et prolongée, avant et après le vêlage chez la vache laitière (inférieur de 10 à 20% aux besoins requis) ([66], [114], [111], [112]).

Par ailleurs, une sur-alimentation énergétique au début de lactation chez les vaches faibles productrices ou maigres retarde la 1^{ère} chaleur ([70], [106]) jusqu'à 72 jours et augmente le pourcentage d'ovulations silencieuses de 13 à 50% [106].

Chez la vache allaitante, une restriction énergétique (-10 à - 50 % des besoins) durant le début de lactation, a un effet néfaste ([69], [115], [116], [117], [85], [118]) ou non significatif selon d'autres ([69], [119], [120]) sur la durée de l'anoestrus post-partum, et ceci selon que la vache a été bien nourrie avant le vêlage ou non. L'effet négatif d'une sous-alimentation au cours du post-partum a été aussi démontré par DJABAKOU [121], chez la vache allaitante.

1.4.2.2.2 Niveau énergétique et taux de fertilité :

Un bas niveau énergétique post-partum affecte le taux de fertilité [4]. Lors d'un déficit en énergie, il y a augmentation du nombre d'inséminations nécessaires pour une insémination fécondante [75].

EDEY [122] et KALI [78] notent que le nombre passe de 1,77 à 2,0.

Le déficit énergétique a été aussi associé à un faible taux de réussite en première insémination [109] ; cette diminution peut atteindre jusqu'à 60% [77% contre 16%].

VALLET et BADINAND [123] associent les troubles du métabolisme énergétique, notamment les déficits énergétiques au cours des trois premiers mois de lactation, à la mortalité embryonnaire tardive. Il a été suggéré qu'une balance énergétique négative se traduirait par une concentration en progestérone plus faible durant le même cycle oestral ([124], [109]) et pendant les cycles oestriques qui suivent [97].

Le déficit énergétique a souvent été apprécié à travers l'amaigrissement des vaches en début de lactation grâce à la notation de l'état corporel. Il y a une importance détérioration des performances de reproduction « réduction du taux de fertilité [104]» lorsque la perte d'état corporel atteint ou dépasse 1,5 point [125] soit 40 Kg du tissu adipeux.

BUTLER [109] indique que dans ces conditions, le taux de fertilité peut être de 17% à 38% selon différentes études.

Beaucoup de travaux ont donc mis en évidence la relation négative existant entre le déficit énergétique et les performances de reproduction chez la vache laitière : Lors du déficit énergétique, il y a diminution de la sécrétion de GnRH par l'hypothalamus ([115], [66]), de la sécrétion de LH par l'hypophyse, surtout une diminution de pulsativité de cette sécrétion de LH ([99], [126], [66], [127], [96]) (Figure n°4.6), ceci entraîne un ralentissement de la croissance folliculaire d'où un retard de l'ovulation [98] et une faible sécrétion de progestérone par le corps jaune [97] induisant un faible taux de réussite en première insémination [128].

Il a été observé aussi lors du déficit énergétique une moindre réceptivité des ovaires à la sécrétion de LH ([110], [109]).

Ceci explique, donc, les retards des premières ovulations chez les vaches en bilan énergétique négatif et les faibles taux de fertilité.

1.4.2.2.3 Mécanismes physiologiques :

Le niveau d'apport énergétique agit sur la fonction de reproduction au niveau central (modification de la sensibilité de l'hypophyse à la GnRH, modification de la sécrétion de LH, modification de la sensibilité au rétro -contrôle des oestrogènes) et au niveau ovarien (action sur la croissance folliculaire et la stéroïdogénèse) ([6], [129]).

Lors du déficit énergétique, il y a une forte sécrétion de l'hormone de croissance (GH) ([9], [135]) et les concentrations plasmatiques d'insuline et de glucose ([131], [112], [109]) et d'Insuline Like Growth Factor 1(IGF1) ([113], [112]) sont diminuées alors que celles des acides gras non estérifiés (AGNE) et des corps cétoniques [6] sont augmentées.

L'utilisation des corps cétoniques comme source énergétique pour les voies métaboliques hypothalamiques peut entraîner une baisse de l'activité gonadotrope de ce tissu [129].

Il a été aussi constaté que dans ces conditions, il y a sécrétion des peptides endogènes opiacés (EOP) pour stimuler la prise alimentaire ; ces peptides inhibent les neurones adrénérgiques responsables de la sécrétion de GnRH. Enfin, ils diminueraient directement la production hypophysaire de LH ([129]).

Il est connu que l'insuline stimule la prolifération des cellules folliculaires ovariens [129] et que l'IGF1 joue un rôle dans la synthèse de LH et FSH [132]. L'hypoinsulinémie s'accompagne d'une réduction de la libération de l'hormone de LH [133] et elle serait de nature à rendre les follicules moins sensibles à une stimulation par les hormones gonadotropes. [96]

De même, une réduction de la libération des gonadotropines hypophysaires a été observée lors d'une diminution de la concentration plasmatique de l'IGF1. [134] L'hypoglycémie est associée à une diminution des concentrations périphériques de LH mais le site d'action exact du glucose n'est pas connu. OXENREIDER [135], avait constaté qu'il existe une corrélation de -0,62 entre la glycémie et la durée de l'intervalle vêlage – 1^{er} oestrus-

Il semble donc, que la pulsativité de GnRH et donc de LH soit directement dépendante du niveau central du statut métabolique de la femelle [136].

Cependant, LUCY *et al* [108] signalent que la croissance folliculaire est affectée avec une ration à faible niveau énergétique. En étudiant le développement folliculaire au cours du post-partum, BEAM et BUTLER [111] indiquent qu'il existe 3 types de follicules :

- Ovulation du 1^{er} follicule dominant (16 – 20 jours post-partum)
- Non ovulation du 1^{er} follicule dominant suivie d'une nouvelle vague folliculaire
- Le follicule dominant échappe à l'ovulation et devient kystique.

Les deux derniers cas font que l'intervalle vêlage – 1^{ère} ovulation est allongé jusqu'à 40 ou 50 jours post-partum.

Les mêmes auteurs ajoutent que les follicules dominants dont le développement a commencé après, plutôt qu'avant le pic du déficit énergétique ont un diamètre plus gros, une production d'oestradiol plus élevée et vont probablement ovuler (75% d'ovulation contre 24%).

Par ailleurs, les vaches avec un état excessif au vêlage vont subir une forte mobilisation du tissu adipeux ce qui va aboutir à une accumulation massive de triacylglycerols au niveau du foie [137]. Ceci est associé à un intervalle vêlage-1^{ère} ovulation plus long et une diminution de la fertilité [99].

1.4.2.2.4 Nutrition énergétique au moment de la mise à la reproduction :

Au cours de cette période critique toute variation brutale des apports alimentaires (restriction, suralimentation) influence nettement la fertilité.

LOISEL [94] a enregistré des chutes de 20 à 40% du taux de réussite lorsqu'il y a des variations importantes du régime alimentaire en période d'insémination artificielle (IA) (15 jours avant et 15 jours après). Selon le même auteur, avec des rations trop énergétiques (10 UFL) au moment de l'insémination artificielle, il y a diminution d'au moins 10% du taux de réussite à l'insémination ultérieure.

Le flushing (suralimentation momentanée) peut améliorer la fertilité des vaches sous-alimentées de plus d'une unité fourragère [75]. Il peut être pratiqué avant ou après l'insémination « Flushing pré ou post œstral » [48] ; ce dernier consiste à distribuer 2 à 3 Kg de concentré en plus par jour pendant 8 à 10 jours après l'insémination.

CARTEAU [106] ajoute qu'une restriction énergétique de 1,4 U.F par rapport aux besoins , au moment de l'insémination artificielle (IA) , se traduit par 2,26 IA par fécondation contre 1,66 pour les autres. Les résultats de GIROU *et* THERIEZ [93] observés chez des « Brebis » ont montré, que le flushing post-oestral réduirait les pertes en début de gestation si l'état nutritionnel est insuffisant : 1,71 agneau par mise-bas. Il serait sans effet sur des animaux nourris correctement et aurait un effet négatif sur des troupeaux déjà très bien alimentés.

Des résultats analogues ont été observés chez la vache ([138], [1]) dont le taux de réussite à l'insémination a augmenté de 0,12 lorsqu'ils ont apporté 3 kilos de concentré par jour pendant la semaine qui suit l'insémination artificielle chez des vaches carencées en énergie.

Selon CHUPIN *et* PELOT [139], un apport à 6 semaines avant et 6 après l'insémination artificielle assure aux génisses une croissance de 600 – 800 g/j et permet d'améliorer significativement la fertilité à l'oestrus induit (Tableau n°4.16).

Tableau n° 1.16 : Alimentation et fertilité à l'oestrus induit [139]

Type d'animaux	Alimentation habituelle			Alimentation améliorée		
	Traitées	Gravides	%	Traitées	Gravides	%
Génisses	199	108	54,8	207	142	68,2
Vaches	115	46	40,0	116	70	60,3
Total	314	154	49,0	323	212	65,6

WILMUT *et al* [140] signalent qu'une séquence hormonale inadéquate avant, pendant et après l'oestrus conduit à une préparation du milieu utérin non synchronisée de celle de l'embryon, ce qui va aboutir à une mortalité embryonnaire. La fréquence de cet événement se trouve augmentée lors de perte de poids de l'animal ([83], [141]).

1.4.3. Influence de la nutrition azotée :

Les apports alimentaires azotés doivent assurer , en plus de l'alimentation azotée de la microflore ruminale pour la synthèse de PDIM : « Protéine digestibles au niveau de l'intestin d'origine microbienne » , la couverture complémentaire des

besoins protéiques propres à la vache laitière sous forme de PDIA : « protéines digestibles au niveau de l'intestin d'origine alimentaire » pour la satisfaction des exigences en acides aminés indispensables à l'entretien et à la protéosynthèse mammaire [38].

1.4.3.1 Les excès azotés :

Une augmentation des protéines dégradables dans le rumen au dessus des besoins montrent une diminution de la fertilité chez les vaches ([138], [142], [143], [38]) et même chez les génisses ([110], [144], [145]).

Les régimes riches en azote entraînent une production excessive de NH_3 et par conséquent une augmentation de la production d'urée au niveau du foie donc une urémie élevée. Le couple NH_3 /urée a un effet négatif sur la production de LH au niveau hypophysaire [146]. Il est cytotoxique en particulier sur l'ovule, les spermatozoïdes et l'embryon, ce qui va dégrader la fertilité et augmenter le risque des cycles irréguliers.

Beaucoup d'études ont confirmé la relation inverse qui existe entre l'urémie et la fertilité ([147], [110], [148]).

Avec des régimes hyper- azotés, il y a des augmentations d'urémie supérieures à 0,20 g/l de sang. Elles entraînent des troubles de la fertilité [146] avec un taux de conception inférieur à 25% ([142], [143]) « Trois fois moins que sur les vaches avec une urémie normale ».

La concentration d'ammoniac, d'urée dans le lait ou dans le plasma est hautement corrélée avec une diminution de la fertilité chez les vaches ([149], [150], [151]).

In vitro, des études sur une culture de cellules endométriales bovines montrent que l'urée agit sur le pH utérin et augmente la sécrétion de prostaglandines F2 alpha qui limite le développement et la viabilité de l'embryon [149].

Ainsi, GATH *et al* [152] indiquent que l'expérimentation de super-ovulation et de transfert embryonnaire n'est pas affectée par l'excès protéique.

1.4.3.1.1 En période de tarissement :

VAGNEUR [62] signale que les excès azotés surtout l'azote très dégradable avec une urémie supérieure à 0,35 – 0,40 g/l prédisposent aux avortements, à la non délivrance, et au syndrome de la vache couchée, tous facteurs très peu favorables à la fertilité ultérieure de la vache. Ces effets ont été observés aussi par *Wolter en 1973*. Ils inhibent la synthèse de la progestérone et entravent le maintien ou le rétablissement de la glycémie [38]. TRICHOT [4] ajoute qu'ils peuvent favoriser les mammites et les fièvres vitulaires. Cependant, l'ammoniac diminue l'efficacité des macrophages et favorise de ce fait les métrites. Enfin les excès azotés peuvent accroître aussi le déficit énergétique en raison de la consommation d'énergie par le foie pour la transformation de l'ammoniac absorbé par la muqueuse ruminale en urée [9].

Les aliments riches en azote responsables de ces effets sont : l'herbe très jeune, l'ensilage d'herbe ou de luzerne mal conservés et le colza – fourrager.

1.4.3.1.2 Au début de lactation :

Des régimes riches en protéines sont donnés pour stimuler et maintenir une production laitière élevée ; de ce fait ces régimes sont associés avec une réduction des performances de la reproduction ([149], [150]), et ils peuvent favoriser les métrites [153].

Les vaches recevant ce type d'aliments ayant présenté des métrites antérieurement et ayant subi une perte excessive de l'état corporel durant la période allant du vêlage jusqu'à la 1^{ère} insémination et celles qui ont eu une 1^{ère} insémination artificielle précoce (inférieure à 70 jours) présentent un défaut de conception à la 1^{ère} IA et aussi des intervalles irréguliers jusqu'au second service [10]. Par contre, celles qui ont une période post-partum normale ne présentent aucun problème de fertilité même si elles sont alimentées avec un excès d'azote. GIROUT et THERIEZ en [93] avaient constaté que les vaches qui gagnent du poids entre la mise-bas et l'insémination sont plus fertiles que celles qui en perdent. Les excès azotés peuvent aussi favoriser les métrites

Cependant, cet effet négatif au cours du post-partum pourrait être dû selon HANZEN [130] à une augmentation de la concentration de l'urée dans les sécrétions utérines.

Une augmentation de l'urémie entraîne une diminution du pH utérin ([149], [109]) surtout durant la phase lutéale. Elle est associée avec l'augmentation de l'intervalle entre les chaleurs chez les vaches et même chez la génisse [149]. Elle peut agir aussi sur les actions de la progestérone sur le microenvironnement utérin et altérer de ce fait le développement embryonnaire [104].

1.4.3.1.3 Durant les périodes d'insémination :

Les excès azotés aboutissent à une augmentation de l'intervalle vêlage – insémination fécondante (IV-IF) [8] avec une diminution de la sécrétion de LH et de progestérone qui peut être la conséquence de la demande de la production laitière élevée (déficit énergétique + carence en protéines combinée) [109].

Un excès de 100 g de matières azotés dégradables entraîne une baisse de 2,7% du taux de réussite en première insémination [154].

La carence et l'excès d'azote diminuent le pourcentage de réussite en 1^{ère} insémination artificielle (IA) (Tableau n°1.17).

Tableau n° 1.17 : Variation du taux de réussite en 1^{ère} IA avec l'apport en azote d'après [155]

Différence entre apports et besoins en g de M.A.D	% réussite en 1^{ère} IA
Déficit < - 200 g	43,08 %
Equilibre – 200 g à + 200 g	72,11 %
Excès > 200 g	41, 91 %

Le seuil de matières azotées digestibles (MAD) à ne pas dépasser autour de la période d'insémination se situe autour de 200 gr de MAD/ jour ([138], [156]).

FERGUSON [10] indique qu'il faut aller prudemment dans la pratique d'un excès de protéines dégradables. La concentration sérique normale de l'urée doit être comprise entre 12 – 17 mg/dl.

Au début de lactation, le contenu azoté de la ration ne doit pas être en dessous de 110 -112g de MAD/UF [4].

Une suralimentation chez les brebis peut aussi entraîner la mortalité embryonnaire [157].

Les excès d'azote dégradable les plus préjudiciables sont les suivants : azote non protéique, tourteaux riches en azote soluble, ensilage d'herbe.

Selon SONDERMAN et LARSON [154], l'excès azoté n'a pas d'effet néfaste sur la libération de GnRH ni sur l'axe hypothalamo-hypophysaire [158].

Enfin, l'excès d'azote non dégradable entraîne un accroissement du déficit énergétique dû à une stimulation de la production laitière.

1.4.3.2 Le déficit protéique :

Selon PACCARD [46], un faible apport azoté durant la période de tarissement ne semble pas produire un effet négatif, si le bilan énergétique est correct. VAGNEUR [62] indique qu'un taux azoté de la ration inférieur à 13% de matière azotée totale (MAT) (normalement 15 à 17% MAT) aboutit à un déficit énergétique, à l'infertilité et à une diminution de l'urée sanguine (<à 0,20g/l). Il augmente le risque de rétention placentaire [159] ; il ne provoque pas l'avortement mais altère la résistance du veau [160]. Ce cas est rencontré le plus souvent lors de l'utilisation de tourteaux tannés pour corriger une ration de base : l'azote apporté est très dégradable dans le rumen d'où le déficit en NH₃ ruminal [62], il est responsable aussi de la morbidité des veaux.

Les déficits en matières azotées entraînent une réduction de la synthèse des acides aminés constitutifs des protéines cellulaires et des protéines libres, de l'hémoglobine, des médiateurs biochimiques, des hormones, des transporteurs de lipides, et des éléments de la coagulation [160] ainsi que les Immunoglobulines [38].

CURTIS et AL [159] suggèrent que les déficits azotés en début de gestation entraînent des mortalités embryonnaires.

TRICHOT [4] rapporte qu'une carence protéique plus marquée en début de lactation pourrait rendre l'oestrus inapparent, surtout chez les sujets dont la

croissance n'est pas terminée ou chez les vaches fortes productrices. D'après CARTEAU [106], des niveaux azotés bas, de plus de 300 g de P.D.I par jour, pendant les 8 premières semaines de la naissance, ont conduit à 50% de réussite à l'insémination artificielle contre 85% pour les autres.

En effet, la vache laitière peut supporter un déficit azoté de l'ordre de 25% et ceci durant le 3 premiers mois de lactation, sans que ce déficit n'altère la reproduction ni la production laitière.

Selon ENJALBERT [8], les carences protéiques en pratique, sont relativement rares, si bien que leur importance réelle dans les performances de reproduction reste marginale.

1.4.4. Importance de l'équilibre calorico -azoté :

L'influence des excès azotés est néfaste surtout s'ils sont associés à une carence énergétique [80] (tableau n°1.18)

Tableau n°1.18 : Influence des apports énergétiques et azotés [80])

Nombre de vaches et (P.cent) de l'effectif total	Matières azotées digestibles MAD			Energie en UF
	Carence	Equilibre	Excès	
	63 (9,7)	67 (10,3)	14 (2,1)	
% non retours à 3 mois	46,8	43,2	35,7	
Nombre d'inséminations par fécondation	1,95 1	1,98 2	1,92 3	
Nombre de vaches et (p. cent) de l'effectif		298 (46)	53 (8,1)	Equilibre
%non retours		74,4	45,2	
Nombre d'inséminations par fécondation		1,39 4	1,94 5	
Nombre de vaches et (p. cent) de l'effectif		61 (9,4)	93 (14,3)	Excès
% non retours		67,2	40,8	

Nombre d 'inséminations par fécondation		1,52	2,04		
		6	7		

Si le rapport MAD/UF est de 126 – 129 g , il y a risque d'une réduction du délai d'apparition des chaleurs de 34 jours.

Selon les résultats de BONNEL [75], l'infertilité n'est bonne que lors d'un équilibre entre les apports azotés et énergétiques :

- 74 % de fertilité avec un niveau suffisant en énergie et en azote
- 43 % de fertilité avec un niveau suffisant en azote et déficitaire en énergie
- 39 % de fertilité avec un excès en azote et un déficit en énergie.

1.4.5. Les minéraux et la reproduction :

Il est classique d'associer l'infertilité aux déséquilibres minéraux et vitaminiques. PACCARD [46] associe une bonne fertilité avec un bilan minéral positif ; elle sera faible en cas de déficit, d'un excès ou d'un déséquilibre. Le métabolisme minéral dépend en grande partie de l'équilibre énergie/ azote/fibres. En pratique il faudra, après l'étude de l'équilibre énergie /azote/fibres, vérifier la ration minérale et vitaminique des animaux en fonction des recommandations de l'INRA ([62] [9], indique que lorsque la fréquence des troubles liés à la reproduction est anormalement élevée en élevage, il convient de contrôler aussi l'alimentation minérale et vitaminique.

1.4.5.1 Éléments majeurs :

1.4.5.1.1 Phosphore (P) :

Le phosphore est l'élément minéral le plus fréquemment associé à l'infertilité chez les bovins. La carence en phosphore se traduit plus rapidement chez les jeunes animaux par un mauvais état général et un retard de croissance. Les troubles de la carence en phosphore sont classiquement invoqués lors de troubles de la fertilité chez les vaches laitières. Ils sont responsables de retard dans l'apparition de la puberté [75], d'anoestrus, de chaleurs silencieuses, de faibles taux de réussite, ou de kystes folliculaires. MORROW [161] a observé que les génisses

recevant un régime déficitaire en phosphore nécessite 3,7 inséminations pour être gestante, contre 1,3 insémination pour celles qui ont reçu un régime équilibré.

VAGNEUR [62] et NICOL [162] estiment qu'il y a dégradation de la réussite à l'insémination lors :

- d'un excès de 20g de phosphore
- ou d'une carence de 10 g

BADINAND [14] a rapporté que les déséquilibres en phosphore de ± 10 g par rapport aux besoins ont toujours pour conséquence une chute du taux de fertilité.

D'après PEVROL [163], la fertilité est réduite lorsque le phosphore se trouve au dessous de 0,16 à 0,20 pour cent dans la matière sèche. COULON [5] a montré que les résultats de la fertilité sont moins bons lorsque la ration est excédentaire en matière sèche, en phosphore et en calcium. Dans une enquête réalisée sur 706 vaches dans l'élevage à problème du Puy de Dôme, DANDALEIX [164] indique que les excès en minéraux (en particulier le phosphore) au tarissement influent défavorablement sur la fertilité, dont le taux de réussite en première insémination est de :

- 27,5 % si l'alimentation phosphocalcique est en excès
- 41,1 % si l'alimentation phosphocalcique est équilibrée

Le taux de services par conception peut passer de 2,5 à 3 et diminuer jusqu'à 1,3 – 1,5 chez des génisses supplémentées suffisamment en phosphore [75].

La carence en phosphore est responsable du retard dans l'apparition de la puberté chez les génisses [8].

1.4.5.1.2 Calcium (Ca) :

Le calcium est l'un des éléments constitutifs majeurs de l'organisme animal. Il joue un rôle essentiel au cours de la gestation où il intervient dans l'élaboration du squelette fœtal, et grâce à la parathormone, la vache laitière au début de lactation est capable d'utiliser ses réserves osseuses (40 à 60 %) [165].

La carence en calcium se traduit par des troubles de la fécondité : retards d'involution utérine et d'apparition de cyclicité après le vêlage [160]. De même un excès de 50 g de Ca entraîne une dégradation de la réussite à l'insémination [146].

Selon BONNEL [75] une carence en calcium pendant la période sèche provoque une baisse sensible de la fertilité ; le calcium ayant une grosse influence sur la tonicité de l'utérus. De plus, les carences en calcium, sont impliquées dans les dystocies, les rétentions placentaires, les métrites, ainsi que les prolapsus utérins [8]

En début de lactation, il y a un accroissement de l'involution utérine et la reprise des cycles ovariens lors d'apports importants de calcium, associés à de la vitamine D.

COULON [5] indique que lorsqu'il se trouve en excès , le calcium bloque les minéraux essentiels au fonctionnement de l'appareil génital (Magnesium, Manganèse, Iode, Zinc).

Les déséquilibres en calcium de ± 50 g et en phosphore ± 10 g par rapport aux besoins ont toujours pour conséquence une chute du taux de fertilité [14]. Certains auteurs notent que les carences en calcium chez les bovins sont très rares puisque les fourrages en sont bien pourvus [75].

Le rapport calcium / phosphore dans la ration peut varier de 1,5/1 à 2,5/1 [166]. Une carence ou un excès de calcium dans la ration modifie le rapport calcium/phosphore et augmente le risque de fièvre de lait qu'il faut éviter, car il a un effet négatif important sur la production et la reproduction.

Des valeurs élevées en phosphates en rapport avec un taux de calcium ne signifient pas toujours une carence de calcium, puisque, lors de la montée des phosphates, le calcium baisse dans le sang [167]. Chez les vaches se trouvant à un stade anté et post-partum, il faut essayer d'atteindre une corrélation calcium-phosphate de 2 :1. Elle peut se rétrécir jusqu'à la conception (jusqu'à 2 :1,5) en partant certes toujours d'une valeur en calcium d'environ 10,0 mg pour cent.

1.4.5.1.3 Magnésium (Mg) :

Les déficits en magnésium pourraient aussi retarder l'involution utérine [64]. Lors de carence en magnésium, il y a diminution de la contractibilité du myomètre qui

est souvent associée à de longs vèlages et à des non délivrances ([14], [146], [160]).

PAYNE [165] considère qu'un apport excessif de magnésium peut gêner l'absorption du calcium et du phosphore et prédispose ainsi à d'autres troubles métaboliques comme la fièvre de lait.

SERIEYS [29] recommande des apports plus importants (2g/Kg de MS) dans les troupeaux sujets aux vèlages difficiles, aux rétentions placentaires et aux métrites.

1.4.5.2 Les oligo-éléments :

Les oligo-éléments sont des éléments minéraux existant à dose infinitésimale dans les organismes vivants. Ils entrent dans la constitution ou participent au fonctionnement des biocatalyseurs appelés enzymes.

1.4.5.2.1 Sélénium (Se) :

Le sélénium est un cofacteur de la glutathion peroxydase (GSH-Px) [7]. Il est à la fois un nutriment essentiel et toxique qui se présente sous forme minérale et organique. Le sélénium est l'oligo-élément dont le rôle dans la reproduction chez la vache laitière a été le plus étudié [8]. Il est déficitaire dans la quasi –totalité des aliments de vaches laitières à l'exception des tourteaux dont il contient 0,1-0,4 mg/Kg de matière sèche (MS) [29].

Pendant la lactation, si la complémentation en cet élément est insuffisante les vaches peuvent se trouver fortement carencées au tarissement et être particulièrement exposées aux rétentions placentaires, aux infections mammaires [29] aux métrites, voire aux kystes folliculaires [8]. Sa carence est aussi impliquée dans l'apparition des taux cellulaires élevés [168]. Elle peut être responsable d'avortement ou de mise bas prématurée [74] et déprécie le fonctionnement ovarien.

La supplémentation du Se chez les animaux déficitaires diminue l'incidence des non délivrances [10], surtout dans les élevages où les rétentions placentaires sont fréquentes [169]. Dans un essai, l'apport de sélénium et de vitamine E a permis de diminuer le pourcentage de rétentions de 38% à 0% [170].

Par ailleurs, avec une ration de tarissement contenant 0,03 à 0,1 pp.m de Se, une injection de 2,3 à 4,6 mg de Se (sous forme de sélénate de sodium) par voie intramusculaire, trois semaines avant le vêlage, divise par deux la fréquence des rétentions (de 28 à 15 p. cent sur les multipares, de 17 à 7 p. cent sur les primipares) [171].

Les principaux critères de reprise de cyclicité et de fertilité sont aussi améliorés [176]. Enfin, la supplémentation en Se peut permettre une réduction significative du nombre de kystes ovariens.

Les besoins en Se se situent entre 0,1 et 0,2 mg/Kg de matière sèche (MS) ([174], [7]). Il faut respecter ces normes pour une meilleure protection du consommateur de lait ou de viande. Par contre, les tables américaines préconisent un apport de 0,3 p.p.m de Se sur la matière sèche de la ration totale [168].

1.4.5.2.2 Manganèse (Mn) :

Cet oligo-élément joue le rôle de catalyseur des enzymes phosphorylantes et notamment dans la synthèse d'A.T.P mais aussi comme activateur de la phosphatase alcaline nécessaire au métabolisme de l'os [103]. Il joue aussi un rôle dans la croissance et au niveau des organes génitaux [166].

Avant de penser à une carence en manganèse, il importe de vérifier toute l'alimentation (énergie, matières azotées, phosphore, calcium...).

Lors de carence en Mn , un trouble s'effectue au niveau de la synthèse de l'urée, du métabolisme osseux et aussi de l'ovaire par suite d'un déficit en énergie

intracellulaire. Cette carence est responsable d'un retard de puberté chez les génisses et d'une diminution de la fertilité chez les vaches ([103], [46]).

Les carences en manganèse peuvent aussi diminuer l'activité ovarienne et entraîner une baisse du taux de réussite ou des avortements [8].

FARDEAU [166] indique qu'il est nécessaire d'avoir dans la ration 50 mg/Kg de matière sèche. LAMOND [103] cite une fourchette de 40 – 50 p.p.m Mn/MS.

Il faut savoir que l'augmentation de l'apport en phosphore accroît l'excrétion du Mn.

1.4.5.2.3 Zinc (Zn) :

Le zinc est un cofacteur de la superoxyde-dismutase (SOD) [7]. Il joue un rôle essentiel dans différents systèmes enzymatiques. Il est indispensable à l'anhydrase carbonique et assure les synthèses protéiques ou le métabolisme énergétique [103]. Il est aussi transporteur de la vitamine A. Le zinc est nécessaire à la mobilisation des stocks hépatiques de rétinol ; il joue aussi, complétant l'effet de la vitamine A, un rôle dans l'intégrité épithéliale du canal du trayon [7]. Il intervient aussi dans l'immunité à médiation cellulaire [172] ainsi que dans l'activité phagocytaire par le biais de la superoxyde-dismutase.

Lors de carence en Zn, il y a perturbation du cycle oestral et des rétentions placentaires [166]. Les cas de carences peuvent survenir avec des fourrages renfermant de 18 à 42 ppm de Zn. La ration doit renfermer 50 ppm de zinc.

1.4.5.2.4 Iode (I) :

Cet oligo-élément est un constituant de la thyroïde, hormone qui intervient dans la régulation du métabolisme énergétique. L'iode par le biais des hormones thyroïdiennes stimule l'activité gonadotrope de l'hypophyse [8].

De ce fait, une carence en iode se traduit par une diminution voire un arrêt de l'activité ovarienne ([103], [166]). Elle peut même diminuer le taux de réussite des inséminations et entraîner, au plus tard, un arrêt du développement fœtal, des mortalités [8] ou des avortements et des rétentions placentaires ([166], [8]).

Les apports recommandés sont d'environ 16 à 20 mg/jour [173] et chez la vache en gestation ou en lactation, FARDEAU [166] indique un besoin de 0,8 mg/Kg MS.

1.4.5.2.5 Cuivre (Cu) :

Le cuivre fait partie des systèmes enzymatiques et joue également des rôles variés dans certaines synthèses [103].

Les carences en cuivre peuvent entraîner une diminution de l'appétit [103] et de l'activité ovarienne, des mortalités embryonnaires et des avortements [8] voire même des rétentions placentaires et du retard de l'involution utérine [75].

Le besoin en cuivre est de : 10 mg/ Kg MS.

1.4.5.2.6 Cobalt (Co) :

Cet élément est essentiellement présent dans la vitamine B₁₂. chez les ruminants, le cobalt est indispensable à la flore du rumen. Sans cobalt, la flore est gravement perturbée et ne peut assurer la dégradation de la cellulose [103].

ENJALBERT [103] indique que les ovaires sont non fonctionnels en cas de carence en cobalt.

Selon UNDERWOOD [174], les fourrages doivent renfermer plus de 0,1 ppm de cobalt, soit 0,1 mg/Kg de matière sèche. Pour PARAGON [175], une concentration utile de 0,3 à 0,5 ppm devrait être retenue dont au minimum 0,25 ppm sous forme soluble et donc facilement extractible. Par contre Durant et Kawashima, en 1980 cité par JOUANY [176] ont proposé des valeurs de 0,5 à 1 mg de cobalt par Kg/ MS.

Le tableau n°19 montre les sites et l'importance du stockage des oligo-éléments. On notera que les stocks permettent aux animaux de résister à des carences relativement prolongées, sauf dans le cas du zinc [177].

Tableau n° 1.19 : Stockage des oligo-éléments [177]

Eléments	Stockage	Délai entre carence
----------	----------	---------------------

		et diminution de teneur plasmatique
Cu	Foie	2 à 3 mois
Zn	Os	10 à 15 jours
Co (vit B ₁₂)	Foie (vit B ₁₂)	7 semaines
Se	Foie-Reins	2 mois
Mn	Os	plusieurs mois
I	Thyroïde	plusieurs mois

1.4.6. Vitamines et reproduction :

Les vitamines sont des substances apportées en petite quantité par l'alimentation mais indispensables à la croissance et au fonctionnement des organes, notamment par leur effet catalytique de nombreuses réactions enzymatiques [76]. FROMAGEOT [48] indique que seul le groupe liposoluble est déterminant et que la vitamine A y apparaît prépondérante.

1.4.6.1 La vitamine A : encore dénommée vitamine de croissance ou des épithéliums, vitamine « anti-infectieuse » ou « anti-xérophtalmique », la vitamine A ou rétinol, conditionne la synthèse protéique avec des répercussions particulières manifestes à l'égard de l'intégrité de la peau et des muqueuses, des sécrétions hormonales (notamment corticostéroïdes et hormones sexuelles) et de l'immunité [35]. La vitamine A est importante dans de nombreuses fonctions de l'organisme dont certaines sont impliquées dans des mécanismes de défense de l'organisme [7]. Cette vitamine stimule l'immunité humorale et cellulaire ainsi que l'activité phagocytaire [178] et joue un rôle dans la synthèse des glycoprotéines de transport mammaire [179].

La carence en vitamine A fragilise l'épithélium et les muqueuses et diminue les résistances aux maladies infectieuses. Elle est responsable des irrégularités du cycle oestral par altération de l'appareil reproducteur à savoir dégénérescence folliculaire, défaut de ponte ovulaire ou de nidation [35] et de la formation de kystes ovariens [75]. Cette carence diminue aussi le taux de fécondation et provoque des avortements et des rétentions placentaires ([30], [8]) des métrites

[146] et certaines mammites [180]. GRANDJEAN [181] indique qu'une vache carencée en vitamine A, peut ne présenter aucun signe d'insuffisance et donner naissance à un veau débile, aveugle ou mort. Toutes ces affections sont liées aux rôles joués par cette vitamine dans le fonctionnement des épithéliums.

Les carotènes présents dans les fourrages sont de bons précurseurs de vitamine A (1 mg de beta carotène égale environ à 450 UI de vitamine A). Outre leur rôle provitaminique A, les carotènes auraient peut-être une action élective directe sur la reproduction (stimulation de l'oestrus, de l'ovulation et de la fécondation), sinon sur l'immunité (mammites, métrites). Les vaches présentant une irritation du foie dans une exploitation où il existe une carence en bêta carotène, sont plus menacées que les autres de troubles de fécondité.

1.4.6.2 La vitamine D : est connue par son rôle dans le métabolisme phosphocalcique. Elle joue un rôle dans le maintien de la teneur en calcium (calcémie) grâce à l'amélioration de l'absorption intestinale du calcium ainsi que du magnésium, du fer et du zinc [35]. Après son absorption, la vitamine D est transportée au foie puis dans les reins et elle se transforme en 1,25 dihydroxy cholécalciférol dont sa synthèse est accélérée par toute baisse de la calcémie ou de la phosphatémie et par la parathormone [30]. Donc, en cas de carence le métabolisme phosphocalcique se trouve perturbé avec toutes ses répercussions sur les performances de reproduction.

WARD [182], rapporte une augmentation de l'intervalle vêlage- première chaleur lors d'une carence en vitamine D.

1.4.6.3 La vitamine E : est un antioxydant de la vitamine A pendant le transit digestif. Elle intervient en particulier dans le contrôle de l'activité de la phospholipase A₂ qui joue un rôle dans l'utilisation de l'acide arachidonique dans la synthèse des prostaglandines [8]. Elle agit de façon conjointe avec le sélénium entrant dans la composition de la glutathion peroxydase qui détruit les produits d'oxydation des acides gras (peroxydes) [35].

L'apport recommandé en vitamine E est de 15 mg/Kg de matière sèche de ration (1mg=1 UI), soit environ 180 mg par jour pendant le tarissement et 300 mg/jour pendant la lactation [7]. L'utilisation de quantités élevées de vitamine E pendant le tarissement est justifiée par l'importance des risques post-partum, mais aussi par une chute physiologique de la concentration sérique en cette vitamine dans les jours qui précèdent le vêlage [7].

Les vitamines hydrosolubles sont naturellement synthétisées par la flore microbienne du rumen à condition que celle-ci ne soit pas détruite.

1.5 Etat d'engraissement :

Introduction :

L'optimisation du potentiel de production laitière et de reproduction doit constituer un objectif prioritaire pour les exploitations laitières. Il suppose entre autres un contrôle régulier des apports alimentaires, de leur utilisation, par les animaux et de leurs effets sur la santé et la productivité des animaux.

L'évaluation de l'état corporel permet de nous renseigner sur l'état d'engraissement.

1.5.1 Définition de l'état d'engraissement ou état corporel (Body Scoring Condition BSC) :

C'est l'état des réserves graisseuses d'une vache. Son appréciation se fait par l'observation (et parfois par palpation) de plusieurs sites anatomiques : base de la queue, pointe de la fesse (tubérosité ischiatique), ligament sacro sciatique (ligament sacro-ischiatique, ligament sacro-tubéral), pointe de la hanche, apophyses épineuses lombaires, apophyses transverses lombaires, côtes. L'évaluation est notée sur une échelle de 0 à 5 par pas de 0,5 [26].

1.5.2. Intérêt de l'utilisation :

L'évaluation de l'état corporel, malgré son caractère subjectif, s'est révélée être le meilleur moyen d'estimation du niveau des réserves et du statut nutritionnel des

animaux [183]. Elle est de plus en plus utilisée dans les exploitations bovines pour contrôler l'adéquation entre les apports et les besoins nutritionnels [184].

Le système de notation a été adapté initialement aux vaches laitières par MULVANY [185] Ce système a été validé et largement vulgarisé dans le monde occidental, où il a été adapté aux notes locales [46].

Les études de l'INRA ont montré qu'une variation de 1 point de cette note d'état d'engraissement correspondait à une variation de 35 à 48 kg de poids vif dont 28 à 33 kg de lipides corporels chez la vache Prim' Holstein [29].

Cependant, les maladies nutritionnelles et les maladies métaboliques peuvent être à l'origine de dysfonctionnement se répercutant sur diverses fonctions :telles que la reproduction et la locomotion . De ce fait le suivi des animaux, particulièrement pour détecter ces maladies, se fait en appréciant l'état d'engraissement [160]. Il serait donc intéressant de suivre l'évolution du score des conditions physiques et par conséquent le niveau du bilan énergétique au cours du cycle de production de la vache laitière ([110], [126]).

1.5.3. Variations de l'état corporel de la vache :

1.5.3.1 Avant le vêlage :

- En milieu et en fin de lactation : c'est la période de compensation, les apports alimentaires doivent assurer la reconstruction des réserves corporelles. [46].
Chez les vaches à fort potentiel qui perdent 1,5 point ou plus d'état d'engraissement en début de lactation, cette reconstitution des réserves peut prendre 6 mois ou plus. Elle doit donc commencer bien avant le tarissement, d'autant que la capacité d'ingestion est limitée dans les dernières semaines avant le vêlage [29].

La note d'état corporel doit être : 3,0 à 3,5 [46].

- En période de tarissement :
Si l'état corporel est insuffisant (note inférieure à 3.0), généralement le cas des primipares ou des vaches fortes productrices [29], le début de cette période donne l'opportunité de l'améliorer par un rationnement énergétique adapté [46]. Dans le cas contraire, si l'état corporel est excessif, le cas généralement des

multipares et particulièrement celles qui produisent le moins, il est préférable de le stabiliser en début de période sèche par une ration qui couvre strictement les besoins d'entretien et de gestation en énergie et en azote ([46], [29]). Il est souhaitable d'atteindre une note de 3,5 à 4 au tarissement [39].

BADINAND et VALLET, [26] indiquent que l'état général médiocre en fin de gestation (note d'état inférieure à 3) est à l'origine des anœstrus « vraies » chez les vaches laitières ou allaitantes. De plus, un excès d'embonpoint par excès énergétique de la ration provoque un dépôt de graisse dans le bassin et un défaut des contractions utérines incompatibles avec un vêlage eutocique. [14].

1.5.3.2 Du moment du vêlage au Pic de lactation :

L'état corporel de la vache lors du vêlage constitue un indicateur des réserves d'énergie susceptibles de compenser la différence entre les apports alimentaires et les besoins requis pour l'entretien de l'animal et la production laitière au cours des premières semaines de la lactation.

Selon MEISSONNIER [46], la note moyenne d'état corporel au vêlage doit être de 3,5 et la perte d'état corporel ne doit pas dépasser 0,5 ou 0,7 point en début de lactation, quel que soit le niveau de production laitière.

Une insuffisance d'état au vêlage se traduira par un retour tardif de la cyclicité après la mise bas [160]. De même l'excès d'état corporel au vêlage (note supérieure à 4), a des effets défavorables sur la reproduction : retard de l'involution utérine, de l'intervalle vêlage IA fécondante [86]. L'état corporel au vêlage conditionne aussi la fréquence des vêlages difficiles qui sont plus nombreux chez les vaches maigres ou grasses que chez les vaches dont l'état corporel est jugé satisfaisant comme le montrent les résultats de [184], qui confirme que la suralimentation et l'état d'engraissement excessif au vêlage favorisent les dystocies et les métrites (tableau n°1.2O).

Tableau n°1.20: Fréquence des vêlages difficiles, rétentions placentaires et métrite selon l'état corporel au vêlage [184]

Etat corporel			
	Maigre	Normal	Gras
Vêlage difficile	25	17	26
Rétention placentaire	9	10	12
Métrite	35	26	30

Les vaches grasses au moment du vêlage (note d'état supérieur ou égal à 4,5) perdent plus en début de lactation que les vaches maigres ([125], [184]) et atteignent des pics de production plus élevées. Les vaches les plus maigres (note d'état inférieure ou égale à 2,5) étant les plus pénalisées [125].

MEISSONNIER [46], signale que le manque d'état corporel au vêlage (note, inférieure à 2,5) a globalement moins d'inconvénient parce que l'appétit post-partum des vaches laitières augmente alors plus rapidement que celui des vaches en état corporel normal, et que la mobilisation de leurs réserves corporelles est limitée en intensité et en durée.

D'un autre côté, DRAME [184], note que les vaches vêlant avec un état gras font une perte d'état corporel excessive qui est égale à 1,36 unités. Ce phénomène a été impliqué dans l'induction de la stéatose, l'établissement d'une balance énergétique négative, l'augmentation des pathologies du post-partum et la baisse de productivité et de fécondité chez les vaches vêlant avec un état très gras ([187], [188], [189]).

Pour amener les vaches au vêlage avec un état corporel optimal (note 3 à 3,5), sans excès d'embonpoint, il ne faut pas descendre au dessous de 20 % des besoins en azote pendant les deux premiers mois de lactation, ni entraîner une trop forte mobilisation des réserves en début de lactation. On pourra éviter ainsi des maladies métaboliques comme l'acétonémie [160].

1.6. Profil biochimique :

1.6.1. Définition – Introduction :

Le profil biochimique est une exploration biochimique de l'animal qui permet de situer son état nutritionnel et infectieux : c'est l'analyse systématique de plusieurs paramètres sanguins ([190], [191], [192], [193], [194]).

Cette méthode de contrôle de l'état des troupeaux est un élément de la médecine préventive.

Le profil biochimique requiert une bonne connaissance du métabolisme des ingrédients ingérés avec leurs interactions [195]. Les investigations biochimiques sont obligatoirement complémentaires des contrôles zootechniques, cliniques et alimentaires ([38], [54]). Le profil biochimique est l'un des moyens disponibles pour résoudre les problèmes alimentaires d'un troupeau de bovin laitier. Il est complémentaire aux études sur la qualité de la ration, la régie alimentaire et le programme alimentaire [196].

1.6.2. Intérêts de l'utilisation des profils biochimiques :

Le but des profils biochimiques est de révéler de façon précoce un trouble biochimique de l'organisme [197] ; ils permettent de transformer la sémiologie en la renforçant [198].

Selon WOLTER [54], la biochimie du sang peut être un outil utile de détection précoce d'erreurs alimentaires. A l'échelle d'un troupeau, la biochimie sanguine peut être utilisée sur le plan zootechnique pour évaluer la conduite alimentaire d'un troupeau ou l'efficacité d'une ration [196].

L'intérêt de la biochimie sanguine dans l'espèce bovine est également la confirmation ou non d'un diagnostic clinique individuel et l'établissement d'un pronostic ou encore le contrôle de l'efficacité d'un traitement [199]. L'établissement de profils biochimiques peut cependant rendre service aux éleveurs dans la prévention de nombreuses maladies mais également dans l'optimisation de la production et de la fécondité de leur troupeau [196].

SOMMER [167] indique que l'utilisation des méthodes clinico-chimiques pour la surveillance de la santé et de la nutrition constitue une bonne solution du problème. Ainsi, PAYNE [200] a démontré de façon impressionnante, qu'en règle générale les vaches des exploitations à problèmes présentent des valeurs anormales de métabolites dans leur sérum sanguin.

1.6.3. Relations entre les paramètres biochimiques et les problèmes reproductifs chez la vache laitière

1.6.3.1 Le glucose :

Le glucose circulant chez les ruminants résulte de l'absorption intestinale du glucose et de la néoglucogenèse.

La glycémie des polygastriques est physiologiquement très variable. Contrairement à ce qui se passe chez les monogastriques chez les ruminants une glycémie basse n'est pas un signal d'alerte pour l'organisme [160].

Le foie et le tissu adipeux sont responsables des processus d'ajustement métabolique de la glycémie. Chez les ruminants, l'acide propionique est le principal composé glucoformateur. Il est élaboré à la suite de la fermentation de l'amidon dans le rumen [196].

La mesure de la glycémie est stratégique car elle permet de détecter précocement les deux grands dangers pour la vache en début de lactation : l'acidose et la cétose [199], [62]).

La glycémie en début de lactation reflète le déficit énergétique. Durant cette période, les valeurs normales sont comprises entre 0,50 et 0,70 g/l dont : 0,50 à 0,55 g/l en début de lactation et 0,60 à 0,65 g/l au-delà de 100 jours de lactation [62]. La glycémie de la vache au moment de la mise à la reproduction doit avoisiner 0,6 g/litre. Il existe une liaison négative entre la glycémie et les corps cétoniques. L'hypoglycémie s'accompagne d'une hyperacétonémie résultant de lipomobilisation [201], dans ce cas on remarque de l'infertilité (anœstrus, subœstrus) associée à d'autres troubles de la production [199].

SCHELER [202] et VAGNEUR [62] indiquent que le déficit énergétique est plus marqué avec des valeurs inférieures à 0,45 g/litre.

Cette hypoglycémie est due à une diminution de la production hépatique de glucose [203]. Elle entraîne d'une part, un défaut de production de progestérone, d'autre part, un déficit en glucose dans le lait utérin qui ne permet pas l'apport énergétique au développement de l'embryon ; pour cette raison il y aura beaucoup de 3^{ème} insémination [146]. Les états hypoglycémiques sont également caractérisés par un taux bas en triglycérides plasmatiques et un taux élevé en acides gras libres.

Un bilan négatif du glucose sanguin provoque des modifications métaboliques (cétose clinique ou subclinique) ; par contre un bilan positif altère le métabolisme de la glande mammaire et se traduit par la réduction du taux de matière grasse [196].

VAGNEUR [62] note une glycémie supérieure à 0,65g/litre avec une ration déficitaire en fibres.

La glycémie a tendance à remonter après la 3^{ème} semaine post-partum ([204], [205]). Cette augmentation est due à la diminution de la sécrétion de progestérone et à l'augmentation de la sécrétion des oestrogènes [206]).

Dans une étude chez la vache allaitante limousine en élevage traditionnel [207], la glycémie reste remarquablement stable (environ 0,66 g/ litre) quelles que soient les conditions nutritionnelles ou physiologiques, toutefois elle est légèrement et significativement plus élevée chez les vaches au pâturage que chez celles en stabulation.

1.6.3.2 Le profil lipidique :

1.6.3.2.1 Le cholestérol et les triglycérides :

Le cholestérol circulant a une double origine : alimentaire et endogène. Il est surtout synthétisé au niveau du foie, dans l'intestin, les surrénales, les ovaires, la peau et le système nerveux ([208], [209]).

Le taux de cholestérol sanguin est soumis chez les bovins à d'importantes variations en rapport avec l'âge, l'alimentation, la gestation et la lactation [210]. Le cholestérol et les triglycérides sériques subissent des variations importantes lors de certaines maladies métaboliques. Leurs taux sont réduits lors de la lipidose hépatique [196].

Chez les bovins en début de lactation, la cholestérolémie diminue. L'infiltration graisseuse connue par les hépatocytes pendant cette période semble en effet diminuer la synthèse et / ou la sécrétion de cholestérol par le foie via les lipoprotéines [211].

VAGNEUR [62], indique que le nombre d'ovules induits par la super-ovulation est fonction du taux de cholestérol avec une corrélation de 0,75 :

- Cholestérol < 3mmol/l : 0 embryons;
- Cholestérol > 6 mmol/l : 24 embryons.

NAZIFI [212] ont observé aussi des taux très bas du cholestérol sanguin autour de la parturition, et la valeur la plus élevée a été enregistrée une semaine avant la mise bas chez les ovins.

Ces mêmes variations ont été observées chez les vaches laitières [213].

Chez le mouton, les concentrations sériques du cholestérol et des triglycérides sont significativement ($p < 0,05$) différentes avant, après et au moment du part. Celles-ci sont les plus élevées ($p < 0,05$) une semaine avant le part que dans les autres périodes (au moment et après le part) et elles sont plus basses 3 à 4 semaines après la parturition [212].

Cependant, le taux de cholestérol total semble être en relation avec le déficit énergétique : le cholestérol est synthétisé à partir de l'acétyl-CoA, lui-même en relation avec le métabolisme ruminal et le catabolisme des lipides [62].

Un taux élevé de cholestérol peut être dû à une forte quantité de corps gras présents dans la ration ([214] , [167], [215]). On peut constater un rapport étroit entre le taux élevé de cholestérol, une mauvaise fécondité et une mortalité prématurée [1675].

DE LA FARGE [216] indique que la valeur normale de la cholestérolémie varie de 0,77 à 2,50 g/l et RICO [217] donnent une valeur de 1,47 g/l.

Pour les triglycérides, leur valeur sérique varie en fonction de plusieurs facteurs : l'apport en énergie alimentaire, l'importance de la lipomobilisation des graisses de réserve et la synthèse de lipoprotéines par le foie [196].

Une triglycéridémie basse est observée chez des chèvres vivant dans des mauvaises conditions alimentaires ($15 \pm 0,17$ mg/100 ml) comparativement à d'autres vivant dans des conditions alimentaires jugées plus ou moins bonnes ($56 \pm 0,36$ mg/100ml) [218]. La valeur normale de la triglycéridémie varie de 0,29 - 0,30 g/l. [217]

1.6.3.3 Le profil azoté :

1.6.3.3.1 L'urée :

La fraction azotée de la ration est dégradée à 70 % en ammoniac. Elle favorise le développement des bactéries du rumen, dont les constituants donnent les PDIM « protéines d'origine microbienne digestibles dans l'intestin » et optimise donc l'utilisation de la ration. Si l'apport azoté est trop important l'ammoniac excédentaire dans la panse passe dans le sang, il est métabolisé dans le foie en urée qui est ensuite éliminé par le lait, l'urine et la salive ([219], [220], [199]).

Le contrôle de la teneur azotée du sang (ou du lait) est un indicateur intéressant de l'excès ou du déficit de l'apport azoté dans la ration et de la capacité de la biomasse du rumen à bien transformer l'azote alimentaire en composés azotés microbiens ([221], [222], [196], [223], [224]). La valeur de l'urée sérique subit des variations en moins de 24 heures à la suite d'un changement alimentaire.

VERIELLE [199] considère comme normales des valeurs comprises entre 0,20 et 0,35 g/litre chez les bovins. Lorsque l'urémie est basse, il y a manque de PDIN dans la ration, et des valeurs supérieures à 0,35 g/litre témoignent d'un excès de PDIE. Donc l'urée sanguine est le reflet du rapport PDIN-PDIE/UFL [62].

Avec un régime pauvre en protéines, l'urémie peut atteindre quelque fois 2 mg/100ml (0.02g/l) de sang. La baisse de la synthèse des protéines peut agir sur la production des hormones protéiques comme la FSH et la LH dans l'hypophyse et affecter la fertilité [165]. Ce même régime affecte aussi l'appétit et la conversion énergétique dans le rumen ce qui va limiter la synthèse des protéines du muscle et du lait et réduire celle du glucose au niveau du foie.

Avec un régime hyperazoté, l'urémie peut atteindre, selon PAYNE [165], 0,30 g/litre (30mg/ml). Avec ce type de régime, la fertilité de la vache laitière est réduite [134], [225], [146]) pour des urémies supérieures à 0,40 g/litre, bien qu'il augmente la production laitière [134]. Dans ces conditions la vache présente une incidence élevée d'endométrites puerpérales et d'anoestrus [165].

Plusieurs auteurs indiquent qu'il y a une corrélation inverse entre le taux d'urée sanguine et la réussite en insémination ([62], [9]). FERGUSON [10], a observé des taux de réussite de 20% sur les vaches dont l'urémie était supérieure à 0,43 g/litre, soit trois fois moins que sur les vaches à urémie normale. Des différences de pourcentage de vaches gestantes de 18% entre des vaches à urémie inférieure à 0,41 g/litre et vaches à urémie supérieure ont été confirmées par Butler et al en (1996). GUSTAFFSON et CARLSON [226] ont observé des meilleurs résultats concernant les relations urémie et intervalle vêlage- insémination fécondante avec des urémies comprises entre 0,26 et 0,30 g/litre. L'urée est toxique pour le sperme et l'ovocyte et est abortive lorsqu'elle est injectée dans le liquide amniotique [8]. Il faut noter aussi que l'excès d'apport azoté surtout non protéique (urée) pourrait perturber la synthèse des hormones (progestérone) et entraîner des affection génitales en favorisant la croissance des agents responsables de ces atteintes (Corynebactérium pyogenes) [227]. L'excès d'azote soluble bloque l'absorption du magnésium [160].

PAYNE [165] indique que certains des effets attribués à l'excès de protéines peuvent être reliés au manque d'énergie car ces deux états nutritionnels sont souvent liés. Par contre RYDER, HILLMAN et HUBER [228] ne constataient pas de différence significative du point de vue de la fertilité sur des troupeaux recevant des niveaux comparatifs de l'urée.

Chez la vache allaitante limousine soumise à l'herbe ou en stabulation avec un ensilage de moindre qualité, GUEDON [207] a observé des valeurs de l'urémie plus élevées (entre 0,30 et 0,50 g/litre). L'origine de cette élévation peut être une hausse du catabolisme des acides aminés pour la production du glucose au niveau du foie, en fin de gestation et au début de lactation [229] ou un apport alimentaire

proportionnellement plus riche en protéines qui augmenterait la production ruminale d'ammoniac [230].

Enfin, un régime équilibré chez la vache laitière est associé avec une urémie de 15 mg/100 ml [231].

1.6.3.3.2 Les protéines totales :

Les protéines sanguines forment un groupe hétérogène de composés que l'on peut distinguer par leur poids moléculaire et par électrophorèse. Elles sont représentées par le fibrinogène, l'albumine et les globulines

Les variations de concentrations des protéines plasmatiques peuvent refléter l'altération de certaines fonctions de l'organisme.

Les valeurs normales des protéines totales sanguines sont comprises entre 65 et 80 g/l [199].

Chez les ruminants en début de lactation, la teneur sérique en albumine qui représente 40 à 50 p. cent des protéines sanguines [199] diminue de manière significative [232]. Une telle observation peut s'expliquer par un dysfonctionnement hépatique [211] ou encore par une sous-alimentation globale, en particulier protéique [199].

L'hypoprotéinémie est observée en cas de sous-nutrition et également en cas de maladies parasitaires qui entraînent une perte excessive en protéines ([165], [214]). Elle représente le symptôme corrélatif d'une affection hépatique ou d'une affection rénale [210] et elle accompagne le plus souvent une alimentation insuffisante ou une mauvaise absorption intestinale des éléments nutritifs [214].

L'hyperprotéinémie chez les bovins s'observe lors de processus pathologique grave, aigue ou chronique et elle est liée à une augmentation de fraction globuline gamma. Elle peut être aussi révélatrice d'une sous-alimentation ou au contraire reflétant une suralimentation protéique de longue durée [165].

1.6.3.3.3 La créatinine :

La créatinine est une substance azotée non protéique formée au cours du métabolisme musculaire de la créatine et de la phosphocréatine. La créatinine n'est pas influencée par le régime alimentaire (au contraire de celui de l'urée) et sa production quotidienne par le métabolisme musculaire est relativement constante ([214], [233]).

Les valeurs normales du taux de créatinine du sérum sont indiquées comme étant de 1 à 2 mg/ 100 ml. Une augmentation du taux de créatinine du sérum est observée lors de troubles rénaux.

1.6.3.4 Le profil minéral :

1.6.3.4.1 Le calcium :

La calcémie normale est comprise entre 80 et 120 mg/l. Un rationnement adapté est indiqué pour prévenir l'apparition du syndrome de la fièvre vitulaire [234]. Chez les vaches carencées, la calcémie sérique est inférieure à 75 mg/l [199]. La régulation de la calcémie est assurée par trois hormones :

- La parathormone, qui rétablit la calcémie lors d'apport insuffisant en favorisant la mobilisation du calcium osseux et en limitant l'excrétion urinaire
- La vitamine D, accroît l'efficacité de l'absorption digestive et ajoute aux niveaux osseux et rénal ses effets à ceux de la parathormone

- La calcitonine, favorise la fixation osseuse et l'excrétion urinaire du calcium et de ce fait réduit les calcémies trop élevées.

A la mise bas, les teneurs en calcium et phosphore tombent habituellement jusqu'à des valeurs de l'ordre de 7, voire 3 mg /100 ml de sérum pour revenir à la normale au cours des 2 à 4 semaines suivant le vêlage [210].

Les hypocalcémies puerpérales peuvent se compliquer de retards d'involution utérine, et donc de retards à la fécondation [8]. Une hypocalcémie secondaire est induite chez la vache laitière dans les cas d'hypomagnésémie ([38], [54], [199]).

Les excès alimentaires en calcium en fin de gestation chez les vaches laitières augmentent les risques d'hypocalcémie à l'entrée en lactation car ces excès exagèrent la fixation osseuse du calcium, au détriment de sa mise en circulation sanguine ([38] et [54]).

TREMBLAY [196] a observé une calcémie élevée avec des légumineuses dans la ration des vaches tarées

La concentration totale du calcium est influencée par le taux de protéines du plasma. Elle diminue dans l'hypoprotéinémie par suite de la diminution du calcium lié aux protéines. [214].

1.6.3.4.2 Le phosphore (P):

La phosphorémie varie en fonction des apports alimentaires. Les valeurs faibles ou élevées du phosphore inorganique du sang sont dues à des apports alimentaires supérieurs ou inférieurs aux besoins des animaux [196] dont les hypophosphorémies s'observent chez les sujets âgés ainsi que dans le cas d'une carence alimentaire [08]. Le taux normal de phosphore est compris entre 40 et 86 mg/l [196].

Selon ENJALBERT [8], les carences en phosphore sont classiquement invoquées lors de troubles de fertilité chez les vaches laitières. BARRET [37] et ENJALBERT [8] leur attribuent des risques accrus d'anœstrus, de chaleurs silencieuses, de faibles taux de réussite ou de kystes folliculaires.

BRUGERE – PICOUX [235] a remarqué qu'une moyenne inférieure à 55 mg/l sur plus de 10 p. cent des animaux en troupeau laitier peut être associé à des troubles de reproduction : anœstrus post-partum, infertilité etc...

La carence en phosphore occasionne peut être la rétention lactée (agalactie d'excrétion) [160].

KUMAR [236] a observé des phosphatémies plus faibles chez les vaches Repeat-breeders que chez les vaches se reproduisant normalement.

Enfin, la fonction importante que joue le phosphore dans le métabolisme énergétique pourrait renforcer le rôle de cet élément [8].

1.6.3.4.3 Le magnésium (Mg) :

Le magnésium est présent dans les liquides et les tissus mous de l'organisme où il est le principal cation. Sa vitesse d'absorption par le petit intestin dépend des besoins de l'organisme. Contrairement au calcium, le magnésium n'est que peu disponible dans l'organisme et sa mobilisation à partir des os est très limitée. Le magnésium joue un rôle fondamental dans plusieurs fonctions cellulaires et sa carence entraîne des modifications intéressant à la fois les métabolismes protéique, glucidique, lipidique et minéral [237].

Les valeurs normales des concentrations sanguines en magnésium chez les bovins sont de 18 à 30 mg/litre [199].

La chute de la teneur sérique en Mg à des valeurs inférieures à 1,5 mg/ 100 ml a pour conséquence une hypersensibilité et une grande irritabilité (= tétanie latente) [210]. L'étiologie est en rapport avec un défaut d'approvisionnement en magnésium. Selon PAYNE [165], les animaux sous-alimentés sont plus sensibles à une hypomagnésémie. Parmi les causes de on cite aussi la consommation d'herbe jeune, au printemps qui est très aqueuse, accélère le

transit et limite l'absorption du magnésium ou bien parce que l'absorption digestive de cet élément est diminuée [160].

La fréquence de l'hypomagnésémie est augmentée par un taux élevé d'azote et de potassium dans l'herbe [214].

L'interdépendance entre les métabolismes du calcium, du magnésium et du phosphore implique que des hypocalcémies ou des hypomagnésémies importantes s'accompagnent fréquemment d'une diminution du taux sérique du phosphore inorganique [210]. La carence en magnésium est associée à une hypocalcémie, à une hypoglobulinémie et à une anémie ([214], [199]).

D'après SOMMER et KOWERTZ [238], un taux de magnésium élevé entraîne une prédisposition à la mammite et à des troubles de la fécondité.

Chez les bovins en lactation, une quantité considérable de magnésium peut être perdue avec le lait. Une telle perte modifie les besoins alimentaires en magnésium [214].

1.6.3.4.4 Le sodium (Na) :

Le sodium constitue le cation extracellulaire le plus important. Sa principale fonction semble être le maintien des pressions osmotiques physiologiques.

La concentration sanguine normale en sodium est 3326 mg/l [38].

Selon KERK [239], une carence en sodium peut être associée à des vèlages prématurés, à un mauvais déclenchement de la sécrétion lactée et aux rétentions placentaires. La carence en sodium provoque une altération du goût et du pica. Elle intervient aussi indirectement par une diminution de l'utilisation d'autres minéraux, surtout le calcium et le magnésium [160].

Les besoins en chlorure de sodium pour une vache en lactation seraient de 0,04 g par Kg de poids vif pour l'entretien et de 2 g/l de lait produit, soit de 40 à 120 g/jour [34].

Selon COLES [214], une hyponatrémie peut se produire dans le cas d'hyperglycémie où l'osmolarité du liquide extra-cellulaire est augmentée par le glucose, ce qui a pour effet de provoquer une élimination du sodium destinée à éviter une hyperosmolarité .

Chez les bovins, le taux sanguin du sodium est de 132-152 Meq/l [240].

1.6.3.4.5 Le potassium (K):

Le potassium est le cation intracellulaire le plus abondant et son taux sérique est aussi influencé par l'état d'équilibre du système acido-basique [196].

Selon PRADHAU et HENKEN [241], une alimentation carencée en potassium (0,06% de la MS) aboutit à une diminution de la concentration en potassium dans le plasma sanguin et dans le lait avec une hématoците élevée. Chez les bovins, le taux normal du potassium est de : 3,9-5,8 meq/litre [240]. L'excès de potassium réduit l'absorption du magnésium [165].

Une kaliémie de : 15 – 24 mg/ 100 ml est considérée comme normale [242]. Le bilan du potassium est négatif en état d'alcalose et il est positif en état d'acidose [196].

L'apport alimentaire du potassium est assuré principalement par les fourrages. En effet l'hypokaliémie est communément associée chez les bovins à de l'anorexie et une stase digestive [243]. L'alcalose peut provoquer de l'hypokaliémie, le potassium étant excrété dans l'urine, alors que l'hydrogène est conservé [214].

1.6.3.5 Le profil enzymatique :

Un certain nombre d'activités enzymatiques sont mesurées et utilisées comme indicateurs d'atteintes tissulaires. Lors de lésions aux hépatocytes avec perte d'intégrité des membranes, les taux des enzymes intracellulaires vraies augmentent dans le sang et plusieurs d'entre elles possèdent une valeur diagnostic [196].

Les maladies hépatiques les plus fréquentes chez la vache laitière sont les abcès hépatiques, la fasciolose, la stéatose, les hépatotoxicoses dont le diagnostic est difficile et les signes cliniques étant souvent peu spécifiques. La biochimie sanguine permet donc de détecter une défaillance ou un dommage hépatique parfois avant l'apparition des signes cliniques [199].

1.6.3.5.1 Les transaminases (ASAT, ALAT):

L'aspartate aminotransférase(ASAT) encore appelée glutamate oxalo-acétate transaminase (GOT) est une enzyme d'origine essentiellement musculaire ; elle peut être trouvée aussi dans le cœur et le foie [89].

Le taux normal de l'ASAT est compris entre 50 et 150 U/litre [199] dont la moyenne sérique est de 90 U/litre [196]. Les taux d'ASAT peuvent être augmentés dans les affections hépatiques chez toutes les espèces mais ne peuvent pas être considérés comme spécifiques du foie [214].

Klinkon [244] ont constaté que l'activité moyenne de l'ASAT est statiquement et significativement plus élevée après qu'avant la parturition ; elle est de $72,04 \pm 59,14$; $43,17 \pm 8,57$ U/litre

Une augmentation moyenne du taux de l'aspartate aminotransférase (ASAT ou SGOT) a été observé lors : d'infiltration graisseuse [245], d'affection hépatique, de stéatose, de fasciolose ou encore lors d'intoxication (Cu par exemple) [196]. Une augmentation de ce taux a été également observé chez les bovins ayant consommé de la farine de Hareng contaminée [246] et même après l'accouchement [214].

Selon SOMMER [167] une élévation du taux d'ASAT ou GOT, entraîne une irritation du foie et dans ce cas il a observé que les valeurs en phosphates sont affaiblies.

La détermination de la concentration de l'ASAT peut être utilisée pour mieux apprécier la fonction hépatique chez la vache laitière [245].

Pour l'alanine aminotransférase (ALAT) ou encore appelée glutamate pyruvate transaminase (GPT), une augmentation de sa valeur sérique apporte peu d'information [196] et les taux bas ne sont pas significatifs [89]. Cependant, une élévation des taux des transaminases (ASAT et ALAT), de la créatinine et de la créatine kinase est le signe d'une destruction musculaire ([247], [248]).

1.6.3.6 La Bilirubine Totale :

Le catabolisme de l'hémoglobine, de la myoglobine et des cytochromes donne la bilirubine. Cette dernière est récupérée par les hépatocytes, conjuguée à l'acide glucuronique et sécrétée dans l'intestin, sous forme glucuroconjugué, par les voies biliaires [196].

La teneur totale en bilirubine dans le sérum est la plus intéressante, pour l'exploration hépatique chez les bovins. Elle augmente à la suite de carences alimentaires ou en phase puerpérale jusqu'à des valeurs de l'ordre de 0,4 mg/100 ml [210].

La concentration normale de bilirubine totale est comprise entre 0,7 et 3 mg/litre et une hyperbilirubinémie apparaît lors de lésions hépatiques ou d'hémolyse [199]. TREMBLAY [196], indique qu'un état d'hyperbilirubinémie ou d'ictère est présent chez les ruminants, lorsque la valeur sérique de la bilirubine totale excède 15 micromoles/litre.

CHAPITRE 2

MATERIEL ET METHODES

2.1. Présentation de l'exploitation :

Introduction :

La présente étude a été réalisée au sein de la ferme pilote KADRI B'RAHIM (KB). Elle est située à 16 Km au sud de la wilaya de Constantine, commune d'EL KHROUB, faisant partie des hautes plaines du constantinois. Elle s'étend sur une superficie de 1100 hectares, avec une surface agricole utilisée (S.A.U) de 710 hectares. La surface irriguée est de 10 Ha pour les arbres et de 5 Ha pour le sorgho fourrager.

Cette ferme est limitée :

- Au nord, par la route menant à Constantine
- A l'ouest, par la route menant à Ain-Smara
- A l'est, par la route menant à la commune d'EL KHROUB

Cette ferme pilote est spécialisée en élevage bovin et ovin. Le personnel de la ferme s'intéresse aussi aux grandes cultures (Blé dur, Blé tendre et l'orge) et aux fourrages (Avoine, sorgho et orge en vert) pour essayer d'assurer le maximum d'aliments aux animaux. Les vaches laitières qui existent au niveau de cette ferme sont de race Frisonne Française Pie Noire (F.F.P.N) exploitées pour leur production laitière destinée à la commercialisation.

2.1.1. Climat : Appartenant à la zone méditerranéenne, le climat est semi-aride avec 566 mm de pluie en moyenne à hiver frais. L'humidité est plus élevée en hiver 75 à 76% qu'en été 38 à 53%, elle est accentuée par les précipitations et les vents de direction Nord-Sud.

2.1.2. Bâtiments : Dans cette ferme il y a :

- 2 écuries avec des boxes pour les veaux sevrés
- 1 bâtiment administratif
- 1 bâtiment pour le stock
- 1 atelier de réparation
- une cour d'exercice pour les vaches
- 2 bergeries pour les ovins



Figure n°2.6 : Etable des vaches



Figure n°2.7 : Cour d'exercices

2.1.3. Hygiène et prophylaxie sanitaire :

D'une façon générale, les conditions d'hygiène sont respectées au sein de cette ferme : nettoyage des étables (murs et terre), changement de la litière 2 fois par jour etc... ; un plan prophylactique est suivi régulièrement (Appendice A).

2.1.4. Animaux :

Le nombre et les catégories d'animaux de la campagne 2001-2002 sont représentés dans l'appendice B. Il faut noter que la vache après son accouchement allaite son veau 2 fois par jour et ceci pendant 15 jours ; à chaque tétée le veau suce environ 4 litres de lait par jour jusqu'au moment du sevrage.



Figure n°2.8 : Vaches et génisses

2.1.5. Production laitière :

La production laitière des deux campagnes 2000-2001 et 2001-2002 est présentée dans le tableau suivant :

Tableau n°2.21 : Production laitière des campagnes (2000-2001) et (2001-2002)

	Allaitement veaux (L)	MCT	ONALAI T	Privé	Production totale	Nombre de vache en lactation	Moyenne V.L lactation
Compagne 2000-2001	5299	15245	64102	9440	94086	21	12,44
Compagne 2001-2002	870	1311	4562	822	7565	21	12

2.1.6. Système fourrager :

Le système fourrager appliqué dans cette ferme durant la campagne 2001-2002 est différent de celui appliqué durant la campagne précédente 2000-2001 selon les disponibilités alimentaires ; la qualité de l'aliment distribué varie suivant les saisons comme le montre les calendriers fourragers suivants :

2.1.6.1 Calendrier fourrager : 2000-2001 :

Mois Aliments	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEP
Foin (vesce-avoine)												
Concentré V.L15												
Orge en vert												
Pacage												
Sorgho												

Le système fourrager appliqué pour l'alimentation des bovins a connu un changement par rapport aux campagnes précédentes, suite à la sécheresse : manque du vert au printemps ce qui a aboutit à la non réalisation de l'ensilage. Durant cette campagne, la mise en place du sorgho a été en retard, normalement elle débutera le mois de juin.

Le concentré vache laitière 15 (V.L.15) est composé de : 30% de son gros du blé, 50% d'orge et 20 % de maïs.

Un complément minéralo-vitaminique (CMV) a été distribué durant cette campagne comprenant tous les oligo et macro-éléments et les vitamines nécessaires. Il se mélange au concentré à raison d' 1 Kg par quintal de concentré. Pour l'orge en vert, le stade de coupe est : montaison, et il est distribué à toutes les vaches le soir.

Les vaches sortent le matin pour le pacage.

L'aliment concentré et le fourrage sec sont donnés aux vaches pendant toute l'année, le concentré avant la traite (2 fois par jour) et le fourrage sec (foin de vesce-avoine avec 50% vesce) après.

2.1.6.2 Calendrier fourrager : 2001-2002 :

Mois Aliments	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JULL	AOU	SEP
Foin (Vesce-avoine)												
Concentré V.L.19												
Ensilage d'orge												
Sorgho en vert												

Les aliments distribués aux animaux durant toute cette campagne sont: le foin de vesce-avoine, le concentré vache laitière (V.L.19) durant toute la campagne. L'ensilage d'orge pendant les mois de Novembre à Mars et le sorgho fourrager de Juillet à Novembre.

Le concentré V.L.19 est un mélange de la féverole, orge, son gros du blé et du sel selon les pourcentages suivants : 14% féverole, 40% orge, 45% son gros et 1% de sel (NaCl). Il est distribué à raison de 6 Kilogrammes par jour et par vache : 3 kg le matin et 3 Kg le soir.



Figure n°2.9 : Préparation du concentré

Le foin vesce-avoine : 17 bottes sont distribuées chaque jour dont une botte de 25 Kg est partagée entre 3 vaches.

L'ensilage d'orge : il se prépare au préalable au sein de la ferme, et il se conserve pendant six mois depuis le mois de mai jusqu'au mois d'octobre, ensuite, au début du mois de novembre il est distribué à toutes les vaches laitières et aux génisses d'une façon homogène.

Le sorgho fourrager : il est fauché au stade début épiaison (1^{er} cycle) ensuite il est distribué aux vaches laitières.

Il est à noter que l'abreuvement est automatique et à volonté, et que la quantité d'aliment ingérée par vache n'est pas bien précise et que toutes les vaches reçoivent la même ration alimentaire et la même quantité indépendamment de leur état physiologique et de leur production.

2.2. Evaluation des bilans de la reproduction :

Introduction :

2.2.1. Collecte des données : (1997-1998, 1998-1999, 1999-2000, 2000-2001, 2001-2002)

Les bilans de la reproduction des campagnes ont été établis à partir des données collectées en se basant sur les renseignements trouvés dans les fiches individuelles des vaches mises à notre disposition durant toute la période de notre étude et aussi à partir des plannings de reproduction .

Pour apprécier la conduite de la reproduction au sein de cette ferme, il nous a fallu calculer les critères suivants :

2.2.2. Critères de fécondité :

2.2.2.1 Intervalle vêlage première saillie (IV-S₁) :

Cet intervalle est calculé à partir des dates du vêlage et des premières saillies enregistrées dans les plannings de reproduction. Il est exprimé en jours et calculé par rapport au nombre de vaches mises à la reproduction et par classes (inférieures à 40 jours, 40 à 70 jours, 70 à 90 jours et supérieure à 90 jours). Ces classes sont réparties en nombre et en pourcentage.

2.2.2.2 Intervalle vêlage – saillie fécondante (IV – SF) :

Il est exprimé en jours, cet intervalle représente le délai entre le vêlage et la fécondation. Il est calculé sur le nombre total des vaches confirmées gestantes et par classes (inférieure à 40 jours, 40 à 80 jours, 80 à 110 jours et supérieure à 110 jours) qui sont réparties en nombre et en pourcentage.

A partir de ces deux critères, nous avons pu estimer le niveau de fécondité du troupeau durant chaque campagne en nous basant sur les critères de LOISEL [1] (Figure n°2.10).

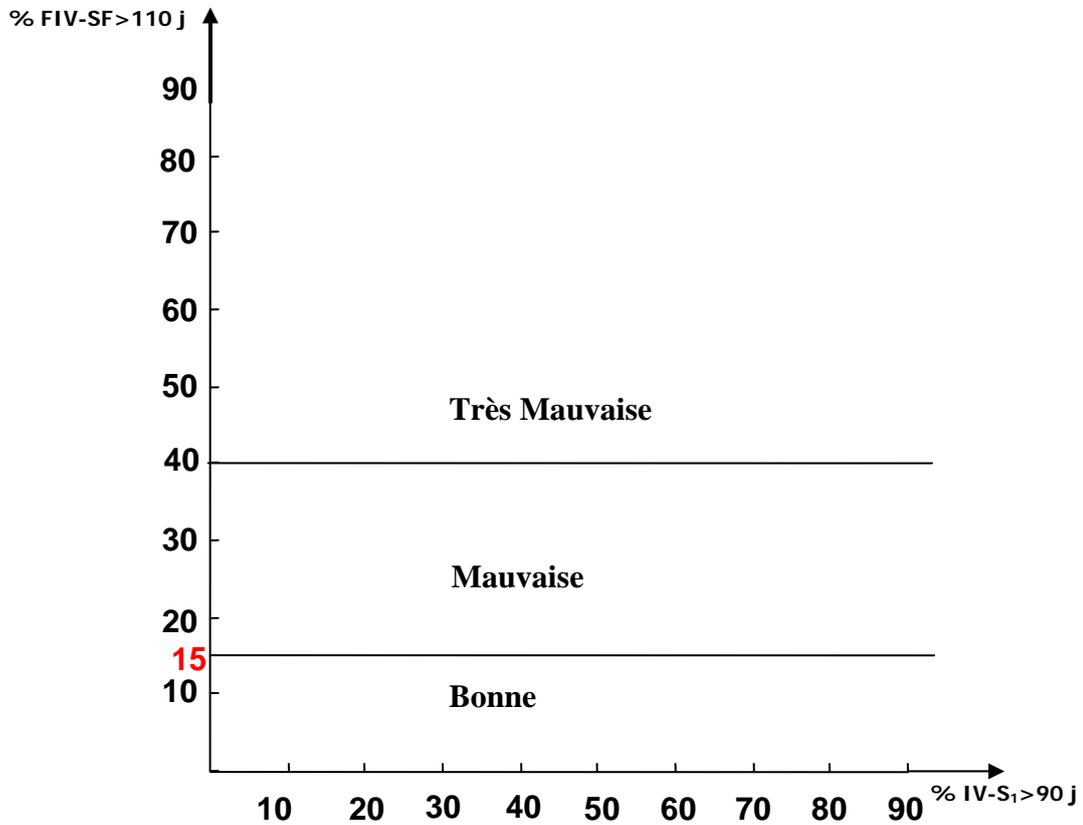


Figure 2.10 : Grille de fécondité [1]).

2.2.2.3 L'intervalle entre vêlages (IV-V) :

L'intervalle vêlage – vêlage désigne la période qui s'étale entre deux vêlages successifs. Il est exprimé en jours.

2.2.3. Critères de fertilité :

2.2.3.1 Taux de réussite en première saillie (TRS₁) :

Parmi les vaches mises à la reproduction, la proportion des vaches confirmées gestantes après une première saillie ou insémination, représente le taux de réussite en première saillie ou insémination.

2.2.3.2 Pourcentage des vaches nécessitant 3 saillies et plus (% VL à 3 S et +) :

Ce pourcentage représente le nombre de vaches qui ont nécessité 3 saillies et plus pour être fécondées.

A partir de ces deux critères de fertilité et en se basant sur la grille d'appréciation de la fertilité du troupeau laitier proposée par LOISEL [1] nous avons pu estimer le niveau de fertilité du troupeau durant chaque campagne (Figure n°2.8).

% VL à 3 S et +

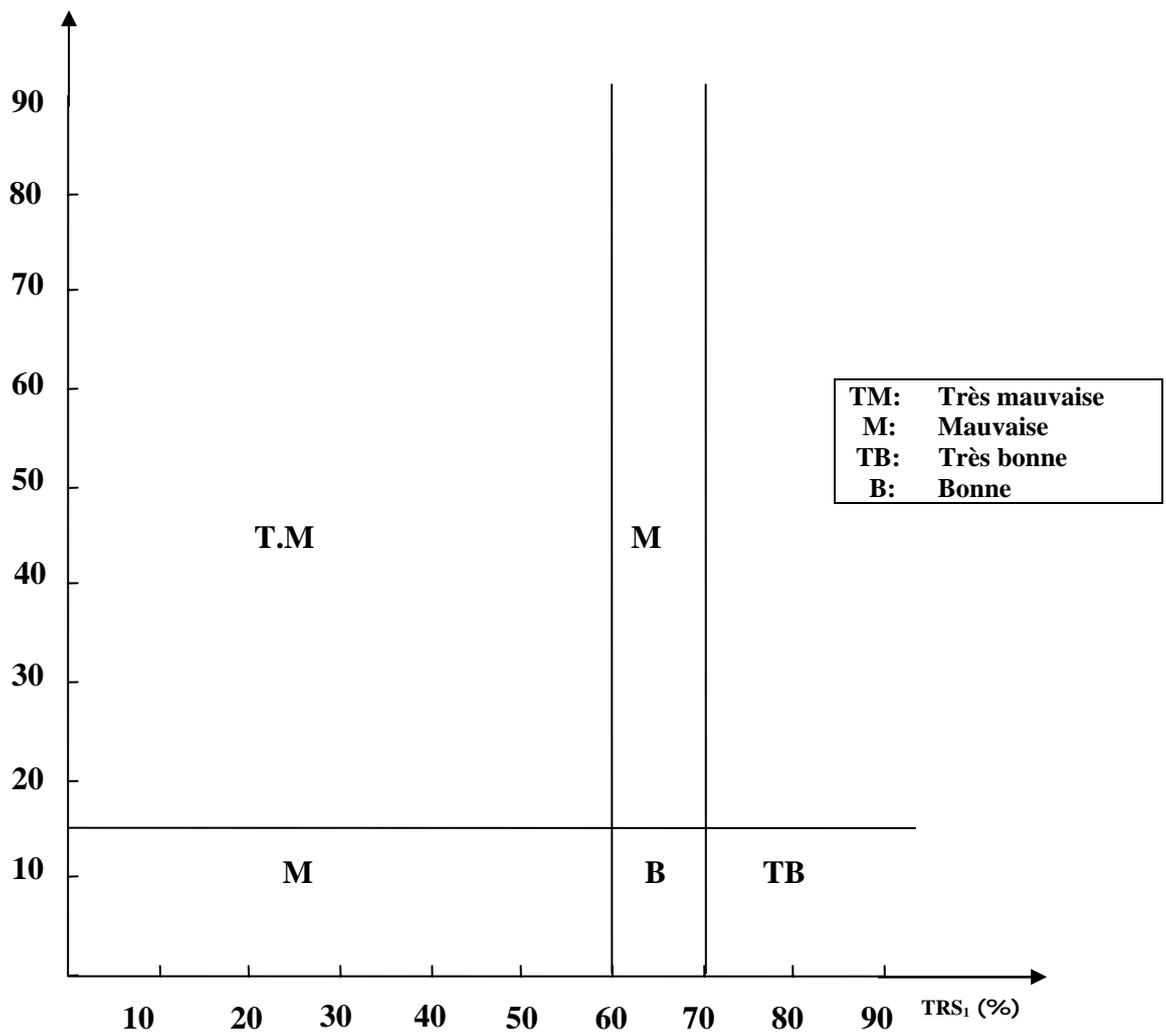


Figure 2.11 : Grille de fertilité [1])

2.3. Evaluation de la ration alimentaire :

2.3.1. L'analyse fourragère :

2.3.1.1 Les aliments :

Une analyse fourragère a été pratiquée pour les aliments distribués dans la période d'étude et qui sont les suivants :

- Un fourrage vert : sorgho fourrager ;
- Un fourrage sec : foin vesce-avoine ;
- Un ensilage d'orge ;
- Un concentré dont la composition est : 14% féverole, 40% orge ; 45% son gros du blé et du sel. Il est nommé concentré vache laitière 19 (V.L.19).

2.3.1.2 L'échantillonnage :

A partir de chaque type d'aliment, on a préparé un échantillon représentatif pour la réalisation de l'analyse fourragère.

Concentré : les échantillons ont été prélevés à partir de différents sacs de ce dernier ensuite mélangés et des prélèvements en divers points du mélange ont été récupérés (environ 1 Kg) pour l'obtention d'un échantillon global.

Foin : le même procédé que celui du concentré est suivi pour les prélèvements d'échantillon du foin vesce-avoine.

Sorgho fourrager : un échantillon représentatif a été préparé à partir de différents échantillons prélevés sur prairie. Celui-ci est transporté immédiatement au laboratoire dans un sac en plastique bien fermé.

Ensilage d'orge : les prélèvements des échantillons ont été réalisés à partir de différents endroits au fond de la fosse d'ensilage. Ils ont été mélangés pour obtenir un échantillon global qui est transporté immédiatement jusqu'au laboratoire d'analyse fourragère dans les mêmes conditions que pour le sorgho fourrager.

Les fourrages verts et ensilés sont séchés (à l'étuve pendant 4 heures à 90°C), puis réduits en poudre par un broyeur (0,8 mm), ensuite tous les échantillons sont conservés dans des flacons bien fermés jusqu'à la réalisation de l'analyse au laboratoire.

Le travail au laboratoire consiste à la détermination de la matière sèche, des cendres ou matières minérales, les matières azotées totales, de la matière grasse, de la cellulose brute, au dosage des minéraux et enfin à la détermination de la digestibilité.

Les différentes étapes sont résumées dans la figure (2.12)

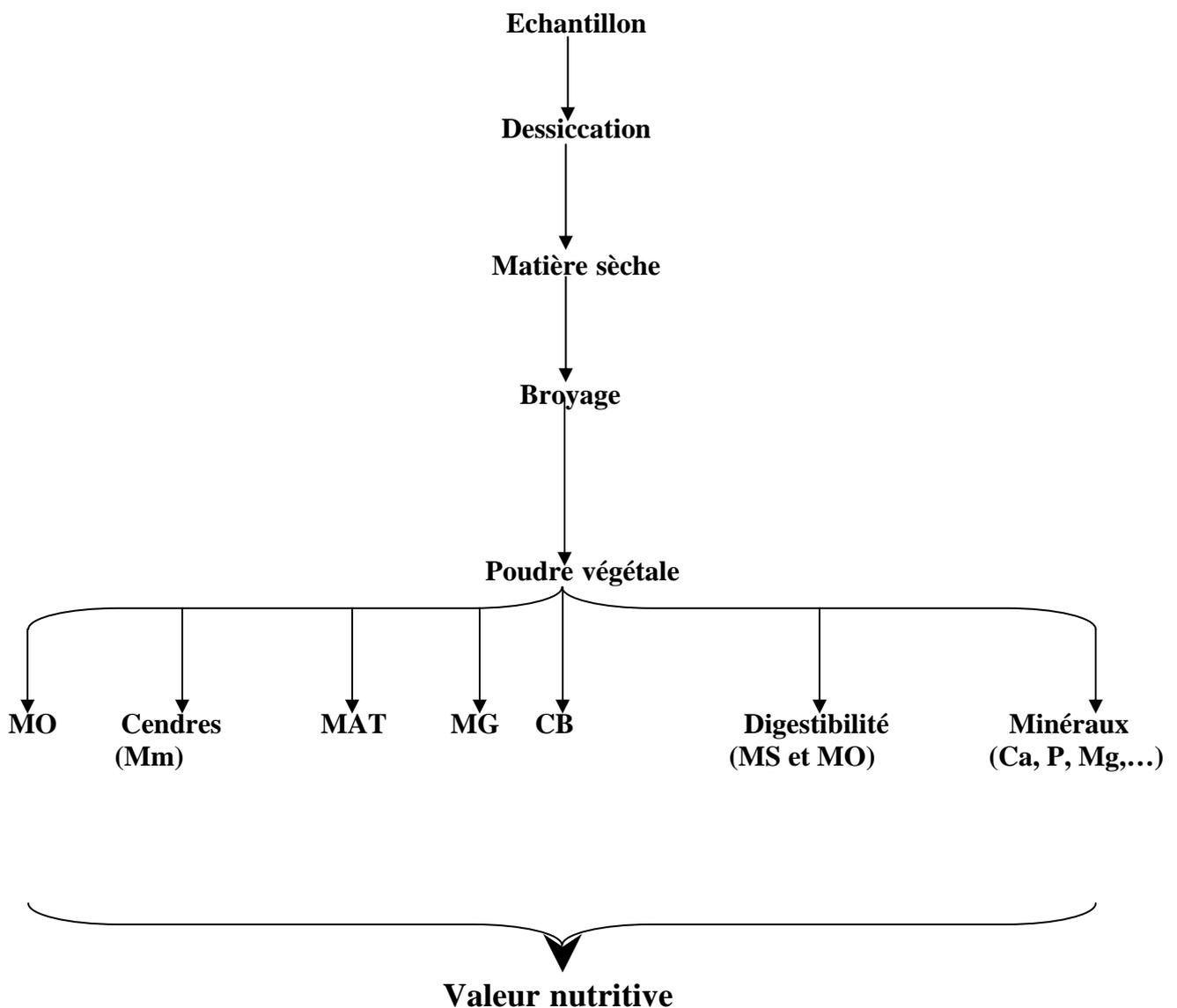


Figure 2.12 : Etapes de l'analyse fourragère au laboratoire

2.3.1.3 Analyse de la valeur nutritive des aliments :

2.3.1.3.1 Détermination de la matière sèche (MS)

Après dessiccation à l'étuve réglée à 90°C jusqu'à poids constant, on obtient la matière sèche. Elle est exprimée en pourcentage (%) du poids de l'échantillon brut selon la formule suivante :

$$H = (E - M) \frac{100}{E}$$

$$MS = 100 - H$$

H : humidité en %

E : Poids initial de la prise d'essai (en g)

M : poids de la prise d'essai séchée (en g).

MS : Taux de matière sèche (en %)

Les résultats obtenus pour le reste des constituants des différents types d'aliments sont tous ramenés à la matière sèche.

2.3.1.3.2 Détermination de la matière minérale (MM) :

- Pesez 5 g de la poudre végétale dans un creuset (capsule) préalablement taré.
- Placez le creuset dans l'étuve pendant 24 heures à 105°C
- Introduisez le creuset dans le four à moufle pendant 4 heures à 550°C pour incinération et obtention des cendres totales ou matière minérale. Celle-ci est déduite des expressions suivantes :

$$MO = \frac{(E - M)}{E} 100$$

$$MM = 100 - MO$$

MO : Matière organique (en %)

E : Poids initial de l'échantillon (matière sèche en g)

M : Poids de l'échantillon après incinération (en g)

MM : Matière minérale (en % de la MS)

2.3.1.3.3 Détermination de la matière grasse (MG) :

2 g de la poudre végétale sont mélangés avec 1 g de sulfate de sodium anhydre (NaSO₄; Pm=142,04), en présence de 50 ml de l'éther éthylique pendant une heure à 110°C.

La matière grasse est quantifiée par pesée après évaporation complète de l'éther à l'étuve.

Le calcul de la teneur en matière grasse se fait de la manière suivante :

$$MG = \frac{(P_1 - P_0)}{E} 100$$

P_0 : Poids de la capsule vide en g

P_1 : Poids de la capsule après l'extraction en g

E : Poids de la prise d'essai en g

MG : Matière grasse exprimée en % de la MS.

2.3.1.3.4 Détermination de la matière azotée totale (MAT) :

Elle est dosée selon la méthode classique de KJELDAHL qui se réalise en deux étapes et dont les principes sont les suivants :

- Minéralisation : En présence d'un catalyseur (1 g CuSO_4), l'échantillon (1g de poudre) est attaqué par l'acide sulfurique concentré (25 ml ; 96% densité $\approx 1,84$) à chaud dans un matras de minéralisation de 250 ml.

L'azote des composés organiques est transformé en sulfate d'ammonium.

- Distillation : en présence de lessive de soude, le sulfate d'ammonium libère de l'ammoniac (NH_3), celui-ci est entraîné par la vapeur d'eau et recueilli dans une solution d'acide sulfurique 0,1 N et 2 à 3 gouttes d'un indicateur coloré. L'ammoniac est titré en retour par une solution d'hydroxyde de sodium 0,1 N.

Le calcul de la matière azotée totale se fait selon la formule suivante :

$$\text{MAT} = \frac{(V_1 - V_2) \times 1,4 \times 6,25}{1000} \times 100$$

V_1 : Volume d' H_2SO_4 0,1 N (en ml)

V_2 : Volume de NaOH 0,1 N (en ml)

6,25 : 1 g d'azote correspond à 6,25g de MAT d'origine végétale.

MAT : Matière azotée totale exprimée en % de la MS.

2.3.1.3.5 Détermination de la cellulose brute (CB) :

La cellulose brute est déterminée selon la méthode de WEENDE. 2,5 g de la matière sèche sont soumis à deux hydrolyses successives, l'une acide 0,26 N (H_2SO_4), l'autre basique 0,23 N (KOH). Le pourcentage de matière organique insoluble, diminué du taux de matière minérale (calcination pendant 5 heures à 550°C) représente conventionnellement la cellulose brute.

Le résidu calculé représente une fraction de la cellulose vraie, de la lignine et des hémicelluloses.

La formule de calcul est la suivante :

$$\text{CB} = \frac{P_1 - P_2}{E} \times 100$$

P_1 : Poids de l'échantillon à la sortie de l'étuve en g

P_2 : Poids de l'échantillon à la sortie du four en g

E : Poids de la prise d'essai en g

CB : Cellulose brute exprimée en % de la MS.

2.3.1.4 Dosage des minéraux :

Avant de passer au dosage proprement dit, il faut préparer d'abord les échantillons (calcination ou minéralisation).

2.3.1.4.1 Minéralisation de l'échantillon :

a. Les macro-éléments :

Réactifs :

- Acide chlorhydrique concentré $d = 1,19$
- Acide fluorhydrique (HF)
- Eau déminéralisée

Mode opératoire :

- Homogénéiser la poudre végétale finement broyée et la sécher 16 heures à $70 - 80^\circ\text{C}$, refroidir 30 minutes au dessiccateur ;
- pesez 2 g d'échantillon en capsule de platine ;
- disposer la capsule au four froid, élever la température à 450°C en deux heures et la maintenir deux heures, refroidir
- humecter les cendres obtenus (qui sont généralement claires) par 2 à 3 ml d'eau et 1 ml d'acide chlorhydrique concentré, lentement ajouté ;
- chauffer sur la plaque chauffante jusqu'à l'apparition des premières vapeurs, ajouter quelques ml d'eau ;
- filtrer sur filtre sans cendre, dans une fiole jaugé de 100 ml rincer 3 ou 4 fois à l'eau tiède ;
- incinérer le papier filtre et son contenu pendant une demi-heure à 550°C au maximum ;
- reprendre par 5 ml : HF ;
- aller à sec sur plaque chauffante sans dépasser 100° ;
- reprendre par 1 ml de HCL concentré. Laver à l'eau tiède. Filtrer. Amener à 100 ml, compléter au trait de jauge après refroidissement.

La solution obtenue se prête aux dosages par spectrométrie d'absorption atomique des éléments Ca, Mg ; par émission de flamme des éléments K et Na, par colorimétrie du phosphore. [249] (Appendice C)

b. Les oligo-éléments :

- Laisser agir toute une nuit : 1 g de la poudre végétale + 10 ml d' HNO_3 dans un bécher
- chauffer jusqu'à cessation de fumées
- laisser refroidir et ajouter 3 ml d' HClO_4 (70%) ; chauffer et évaporer jusqu'à un volume faible
- transférer l'échantillon dans une fiole de 50 ml (filtration) et ajuster au volume final par de l'eau distillée
- conserver dans un flacon en plastique pour la réalisation des dosages [250] (voir Appendice C).

2.3.1.5 Digestibilité enzymatique :

Mode opératoire : La digestibilité a été déterminée selon la méthode enzymatique à la pepsine-cellulase proposée par J. Aufrere et B.M. Doreau (1983). Cette méthode consiste à attaquer les échantillons (0,5 g de poudre) par deux enzymes diluées dans des tampons appropriés.

La première attaque se fait par la pepsine :

a. Préparation de la première attaque avec de la pepsine :

- Prendre : 2 g de la pepsine, 8,6 ml d' HCl et 1 litre d'eau distillée ;
- chauffer pendant 15 minutes à 40°C ;
- ajouter 40 ml de cette préparation à 0,5 g de l'échantillon ;
- placer l'ensemble dans un bain marie à 40°C pendant 24 heures ;
- filtrer et rincer à l'eau distillée.

b. Préparation de la 2^{ème} attaque avec la cellulase :

- Prendre : 6,8 g d'acétate de sodium et 6 ml d'acide acétique
- chauffer le mélange pendant 15 minutes à 40°C .
- ajouter 1 g de la cellulase au mélange précédent.
- prendre 40 ml de cette préparation et les ajoutés au résidu de la première attaque.
- placer l'ensemble dans un bain marie à 40°C pendant 24 heures d'incubation.
- filtrer et rincer le résidu à l'eau distillée.
- placer les résidus dans des creusets préalablement tarés.
- sécher les creusets à l'étuve à 103°C pendant 48 heures. On obtient la matière sèche indigestible.

- peser après sortie étuve.
- placer le résidu au four à moufle pendant 4 heures à 500°C
- peser après sortie four. On obtient les cendres qui, défalquées de la matière sèche indigestible, permettent d'obtenir la matière organique indigestible.

2.3.1.5.1 Le calcul de la digestibilité :

2.3.1.5.1.1 Digestibilité de la MS :

$$D_{\text{cell MS}} = \frac{E(\text{MS}) - (P_1 - P_0)}{E(\text{MS})} \times 100$$

E(MS) : poids de la prise d'essai (en g)

P₀ : poids du creuset vide (en g)

P₁ : Poids « creuset + résidu après étuve » (en g).

D_{cell MS} : Digestibilité cellulasique de la MS (en %).

La digestibilité in vivo de la MS est calculée selon l'équation suivante :

$$\text{DMS} = 0,706 D_{\text{cell MS}} + \Delta_1 + \Delta_3 + 20.$$

2.3.1.5.1.2 Digestibilité de la matière organique (MO) :

$$D_{\text{cell MO}} = \frac{E(\text{MO}) - (P_1 - P_2)}{E(\text{MO})} \times 100$$

E(MO) : poids de la prise d'essai (MO en g)

P₁ : poids « creuset + résidu non digéré de matière sèche » (en g).

P₂ : Poids « creuset + cendres » (en g).

D_{cell MO} : Digestibilité cellulasique de la matière organique (en %).

La digestibilité in vivo de la MO est estimée par la formule suivante :

$$\text{DMO} = 0,656 D_{\text{cell MO}} + \Delta_2 + \Delta_4 + 24,6$$

DMO : digestibilité de la matière organique (en %).

Les valeurs de Δ sont les suivantes :

- Graminées et prairies naturelles : Δ₁ —————> + 2,15

Δ₃ —————> + 1,49

- Fourrages verts : Δ₂ —————> + 1,75

Δ₄ —————> + 1,76

Pour le détail des calculs de : MAD, UFL, PDIN et PDIE (voir Appendice D).

2.3.2. Le calcul de la ration :

Nous avons procédé au calcul de la ration distribuée aux vaches laitières durant la période d'étude. Ce calcul de la ration nous permet de voir si les apports nutritifs de la ration correspondent ou non aux besoins journaliers d'entretien et de production.

Pour le calcul des besoins d'entretien, nous avons utilisé les formules données par l'Institut National de Recherches Agronomiques (Inra, France 1988) et celles de SOLTNER [32] pour le calcul des besoins de production.

2.3.2.1 Les besoins d'entretien :

Les formules utilisées sont présentées ci-dessous :

	Formules
UFL (unité fourragère lait)	$1,4 + 0,6 \text{ poids vif en Kg} / 100$
MAD (matière azotée digestible)	$0,6 \times \text{poids vif en Kg}$
PDI (Protéine digestible dans l'intestin)	$95 + 0,5 \text{ poids vif en Kg}$
P (phosphore)	$4,5 \text{ g} / 100 \text{ Kg de poids vif}$
Ca (calcium)	$6 \text{ g} / 100 \text{ Kg de poids vif}$

2.3.2.2 Les besoins de production:

Les formules de calcul des besoins de production de lait sont présentées ci-dessous :

	Formules
UFL (unité fourragère lait)	$0,44 / \text{Kg de lait à } 4\% \text{ de matière grasse}$
MAD (matière azotée digestible)	$60\text{g} / \text{Kg de lait à } 4\% \text{ de matière grasse}$
PDI (Protéine digestible dans l'intestin)	$48 \text{ g} / \text{Kg de lait à } 4\% \text{ de matière grasse}$
P (phosphore)	$1,75 \text{ g} / \text{Kg de lait à matière grasse (de } 1,6 \text{ à } 1,8)$
Ca (calcium)	$4,15\text{g} / \text{Kg de lait à } 4\% \text{ de matière grasse (de } 3,5 \text{ à } 4,2)$

2.4. Biochimie sanguine :

2.4.1. Prélèvements du sang :

2.4.1.1 Choix des animaux :

Les prélèvements ont concerné les vaches laitières multipares de race Frisonne Française Pie Noire (F.F.P.N) choisies au hasard. Ces prélèvements ont été effectués à trois périodes : le jour du vêlage, 15 jours post-partum et 45 jours post-partum.

2.4.1.2 Technique du prélèvement :

Les prélèvements ont été effectués à l'aide des aiguilles de 1,2 mm de diamètre, sous vide, dans des tubes secs de type vacutainer en verre de 10 ml. Le prélèvement se fait après asepsie par ponction au niveau de la veine caudale. Le matériel utilisé est à usage unique.

Le jour du prélèvement, certains renseignements sont notés à savoir :

- Numéro d'identification du prélèvement ;
- numéro d'identification de la vache « numéro de la boucle » ;
- date et heure du prélèvement ;
- différentes observations concernant la vache : pathologies, accidents etc... ;
- poids de la vache en utilisant le « ruban mètre » : il nous indique le tour de la poitrine de la vache en mètre ainsi que son poids en Kg (ce n'est qu'une estimation du poids corporel).

Ensuite, les prélèvements sont transportés jusqu'au Laboratoire Régional Vétérinaire de Constantine qui n'est pas loin de la ferme, pour la centrifugation.



Figure n°2.13 : Prélèvement du sang au niveau de la veine caudale

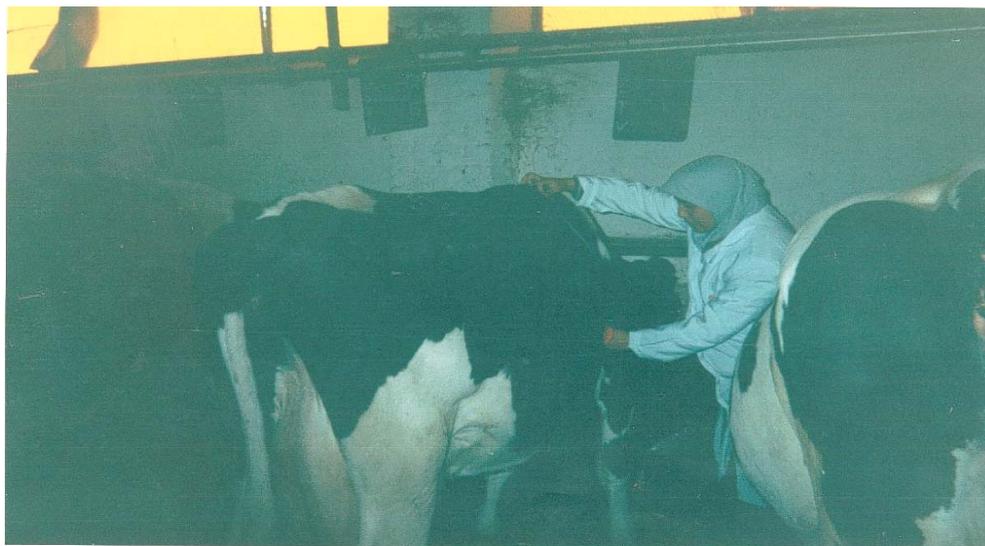


Figure n°2.14 : Utilisation du « ruban mètre »

2.4.1.3 Le travail au laboratoire :

Avant la récupération et la conservation des sérums certaines précautions sont prises en considération :

- Faire décoller le caillot des parois du tube à l'aide d'une tige en verre ;
- laisser reposer les tubes au frais pendant environ 1 heure.
- récupérer le sérum surnageant dans des tubes décalcifiés de 5 à 10 ml.
- congélation immédiate des sérums jusqu'à la réalisation des analyses biochimiques.

La plupart des analyses ont été effectuées au sein du service de Biochimie du Centre Hospitalo-Universitaire de Constantine (CHUC).



Figure n°2.15 : Centrifugation des échantillons du sang

2.4.2. Méthodes de dosage :

Les dosages ont été effectués par des auto-analyseurs de type Technicon RA- 1000 qui sont des auto-analyseurs séquentiels multiples, réglés avec un sérum étalon de bovin de valeur connue. Avant la réalisation du dosage, les sérums ont été décongelés.

Ces dosages ont concerné : le calcium, le phosphore, le magnésium, le sodium, le potassium, le fer, le glucose, l'urée, les protéines totales, la bilirubine totale, les lipides (cholestérol, triglycérides), la créatinine et les transaminases.

2.4.2.1 Dosage du glucose : méthode GOD/POD

Principe : Le D – glucose est transformé par la glucose – oxydase (GOD) en acide gluconique et peroxyde d'hydrogène, lequel oxyde, en présence de peroxydase (POD), le chromogène (amino – 4- phénazone/ phénol) en formant un composé coloré en rouge.

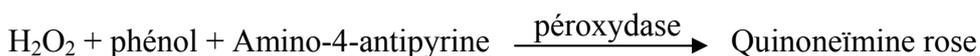
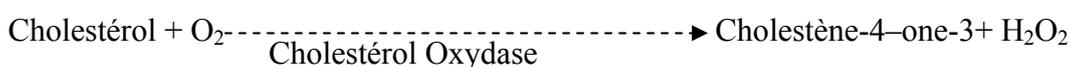
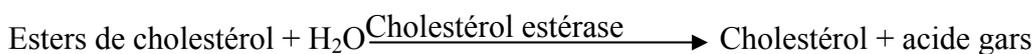
Réactif :

- Tampon/ enzymes/ chromogène
- A – Phénol

La lecture se fait à 505 nm (500 – 550nm).

2.4.2.2 Dosage du cholestérol : test enzymatique colorimétrique

Principe : le cholestérol est mesuré après hydrolyse enzymatique puis oxydation à partir du peroxyde d'hydrogène et du amino 4 antipyrine, et en présence de phénol et de peroxydase, il y a formation d'un indicateur quinoneïmine selon les réactions suivantes :



La lecture se fait à 500 nm (480 – 540 nm).

2.4.2.3 Dosage des triglycérides : méthode enzymatique colorimétrique

Principe : le glycérol libéré par hydrolyse des triglycérides par la lipoprotéine- lipase est transformé en glycérol – 3 – phosphate par la glycérolkinase.

Le glycérol -3- phosphate subit l'action de la glycérophosphate oxydase pour former la déhydroxyacétone- phosphate et du peroxyde d'hydrogène.

Celui-ci en présence de peroxydase oxyde le groupement chromogène amino-4phénazone/N-éthyl-N-(3-sulfopropyl)-m-anisidine pour former un composé coloré en violet.

La lecture se fait à : 540 nm (520 -560nm).

2.4.2.4 Dosage de l'urée : méthode UV en point fixe

Principe : en présence d'uréase, l'urée est hydrolysée en ammoniacque et anhydride carbonique. Sous l'action de la glutamate déshydrogénase, l'ammoniacque se combine à l' α - cétooglutarate et au NADH, pour produire le L- glutamate et du NAD. Dans ces conditions, la vitesse de disparition du NADH, correspond à une diminution de l'absorbance dans la zone UV, est proportionnelle à la concentration d'urée dans l'échantillon.

Réactifs :

- Enzymes/coenzyme/ substrat
- Tampon

La lecture se fait à 340, 334 ou 365 nm.

2.4.2.5 Dosage des protéines totales : méthode au BIURET :

Principe : en solution alcaline, les protéines forment avec les ions cuivriques un complexe coloré.

Réactifs :

- Réactif au Biuret
- Etalon

La lecture se fait à : 546 nm (530 – 570 nm).

2.4.2.6 Dosage du calcium :

Principe : dosage colorimétrique du calcium, sans déprotéinisation, avec l'indicateur bleu de méthylthymol. La présence de 8 hydroxyquinoléine évite l'interférence des ions Mg^{2+} jusqu'à la concentration de 4 mmol/l (100 mg/l).

Réactifs :

- Etalon
- Réactif de coloration : bleu de méthylthymol 80 mg/l
8 hydroxyquinoléine 1,6 g/l
- Réactif alcalin : PH > 11

2.4.2.7 Dosage du phosphore inorganique : méthode enzymatique colorimétrique

Principe : les ions phosphates, en présence d'une purine nucléotide phosphorylase (PNP, EC2.4.2.1), réagissent avec l'inosine pour donner du ribose -1 phosphate et de l'hypoxantine. Ce dernier est oxydé par une xanthine oxydase (XOD, EC1.1.3.22) en xanthine puis en acide urique avec formation de peroxyde d'hydrogène. En présence d'une peroxydase (POD), le peroxyde réagit avec un chromogène amino - 4 phénazone /N- éthyl -N - (méthyl- 3 phényl) - N - acéthyléthylène diamine (EMAE) en donnant une quinoneïmine colorée en rouge pourpre.

Réactifs :

- Tampon /EMAE
- XOD/POD
- Tampon /inosine
- inosine/ PNP/XOD/POD/Amino -4 phenazone.

La lecture se fait à 555 nm (540 – 560 nm).

2.4.2.8 Dosage du magnésium :

Principe : dosage colorimétrique du magnésium sans déprotéinisation par réaction avec la calmagite. La présence d'EGTA supprime l'interférence du calcium jusqu'à 3,8 mmol/l (150 mg/l).

La lecture se fait à : 520 nm.

Réactifs :

- Sulfate de magnésium 1,03 mmol/l ou 25 mg/l
- Réactif de coloration : calmagite : 160 mg/l
- réactif alcalin : PH ≥ 11 70 mg/l

EGTA

2.4.2.9 Dosage du sodium :

La teneur du sérum en sodium est déterminée par la lecture directe sur le spectrophotomètre à flamme.

2.4.2.10 Dosage du potassium :

La teneur du sérum en potassium est déterminée par lecture directe sur le spectrophotomètre à flamme.

2.4.2.11 Dosage du fer sérique : méthode au Ferene – S sans déprotéinisation

Principe : après libération du fer fixé sur la transferrine en milieu acétate à pH 4,8, l'ion ferrique est réduit à l'état ferreux par l'acide ascorbique. L'ion ferreux forme alors avec le ferene –S ou 3-(2-pyridyl)-5, 6-bis [2-(5-acide furylsulfonique)]-1, 2, 4 – triazine un complexe stable coloré en bleu.

Réactifs :

- Tampon
- Acide ascorbique
- Ferene –S
- Etalon

La lecture se fait à 593 nm (570 – 610 nm).

2.4.2.12 Dosage de la bilirubine totale :

Principe : la bilirubine totale (conjuguée et non conjuguée) réagit dans un milieu acide avec l'acide sulfanilique diazoïque en présence d'accélérateurs pour former un complexe coloré en bleu.

Réactifs :

- Nitrite de sodium
- Acide sulphanilique /HCl/ accélérateurs.

La lecture se fait à : 570 nm (560 – 580 nm).

2.4.2.13 Dosage de la créatinine : méthode au Picrate alcalin sans déprotéinisation, temps fixé.

Principe : en milieu alcalin, la créatinine forme avec le picrate un complexe rouge – orange (réaction de Jaffé) dont l'intensité est mesurée en deux points.

Réactifs :

- Picrate de sodium
- Hydroxyde de sodium

La lecture se fait à 510 nm (490 – 520 nm).

2.4.2.14 Dosage de ASAT (GOT) aspartate – aminotransférase méthode UV

Principe :



Réactifs :

- Tampon / substrat
- NADH / MDH/ LDH
- α -Cétoglutarate
- Pyridoxal – 5 – phosphate

Même longueur d'onde que ALAT (GPT).

2.4.2.15 Dosage de ALAT (GPT) alanine – aminotransférase, méthode UV

Principe :



Réactifs :

- Tampon / substrat
- NADH / LDH
- α - Cétoglutarate
- Pyridoxal – 5 – phosphate

La lecture se fait à : 340, 334 ou 365 nm.

Tableau n°3.28 : Ration distribuée aux vaches laitières durant les mois Avril, Mai, Juin 2002

Aliments	Composition des aliments KgMS (matière sèche)							Quantités consommées (Kg/V.L./J)	Apports nutritifs (VL/J)						
	MS (Kg)	UFL	MAD (g)	PDIN (g)	PDIE (g)	Ca (g)	P (g)		MS (Kg)	UFL	MAD (g)	PDIN (g)	PDIE (g)	Ca (g)	P (g)
Foin de vesce-avoine	0,90	0,54	37,54	48,48	60,81	7,7	0,098	13	11,7	6,32	439,57	567,21	711,48	90,09	1,15
Concentré V.L 19	0,92	0,90	91,13	80,80	95,78	3,2	0,75	6	5,52	4,97	503,03	446,01	528,7	17,66	4,14
Apports nutritifs totaux								19	17,22	11,29	942,6	1013,22	1240,18	107,75	5,29
Dédution des besoins journaliers d'entretien										-4,7	-330	-370	-370	-33	-24,75
Disponibilité pour la production laitière										6,59	612,6	643,22	870,18	74,75	-19,46
Besoins pour 1 Kg de lait à 4% de MG										÷0,4	÷60	÷48	÷48	÷3,5	÷1,8
Production de lait permise par la ration										14,97	10,21	13,40	18,12	21,35	-10,8

J : jour, VL : vache laitière, Concentré V.L.19 ; composé de : Féverole 14%, son gros du blé 45 %, orge 40%.

Tableau n° 3.27 : Ration distribuée aux vaches laitières durant les mois Décembre (2001), Janvier – février – Mars (2002) :

Aliments	Composition des aliments KgMS (matière sèche)							Quantités consommées (Kg/V.L./J)	Apports nutritifs (VL/J)						
	MS (Kg)	UFL	MAD (g)	PDIN (g)	PDIE (g)	Ca (g)	P (g)		MS (Kg)	UFL	MAD (g)	PDIN (g)	PDIE (g)	Ca (g)	P (g)
Foin de vesce-avoine	0,90	0,54	37,54	48,48	60,81	7,7	0,098	10	9	4,86	338,13	436,32	547,29	69,3	0,88
Ensilage d'orge	0,28	0,49	80,15	104,72	85,8	23,50	0,055	8	2,24	1,09	179,53	234,57	192,19	58,8	0,12
Concentré V.L 19	0,92	0,90	91,13	80,80	95,78	3,2	0,75	6	5,52	4,97	503,03	446,01	528,7	17,66	4,14
Apports nutritifs totaux								24	16,76	10,92	1020,69	1116,90	1268,18	145,76	5,14
Dédution des besoins journaliers d'entretien										-4,7	-330	-370	-370	-33	-24,75
Disponibilité pour la production laitière										6,22	690,69	746,9	898,18	112,76	-19,61
Besoins pour 1 Kg de lait à 4% de MG										÷0,44	÷60	÷48	÷48	÷3,5	÷1,8
Production de lait permise par la ration										14,13	11,51	15,56	18,71	32,21	-10,89

J : jour, VL : vache laitière , Concentré V.L.19 : la même composition durant toute l'année.

Tableau n°3. 26 : Ration distribuée aux vaches laitières durant le mois de Novembre (2001) :

Aliments	Composition des aliments KgMS (matière sèche)							Quantités consommées (Kg/V.L/J)	Apports nutritifs (VL/J)						
	MS (Kg)	UFL	MAD (g)	PDIN (g)	PDIE (g)	Ca (g)	P (g)		MS (Kg)	UFL	MAD (g)	PDIN (g)	PDIE (g)	Ca (g)	P (g)
Foin de vesce- avoine	0,90	0,54	37,54	48,48	60,81	7,7	0,098	10	9	4,86	338,13	436,32	547,29	69,3	0,88
Sorgho en vert	0,15	0,58	88,78	106,65	92,42	4,6	1,3	3	0,45	0,26	39,95	47,99	41,59	2,07	0,58
Ensilage d'orge	0,28	0,49	80,15	104,72	85,8	26,25	0,055	8	2,24	1,09	179,53	234,57	192,19	58,8	0,12
Concentré V.L 19	0,92	0,90	91,13	80,80	95,78	3,2	0,75	6	5,52	4,97	503,03	446,01	528,7	17,66	4,14
Apports nutritifs totaux								27	17,21	11,18	1060,64	1164,85	1309,77	147,83	5,72
Dédution des besoins journaliers d'entretien										-4,7	-330	-370	-370	-33	-24,75
Disponibilité pour la production laitière										6,48	730,64	794,85	939,77	114,83	-19,03
Besoins pour 1 Kg de lait à 4% de MG										÷0,44	÷60	÷48	÷48	÷3,5	÷1,8
Production de lait permise par la ration										14,72	12,17	16,55	19,57	32,80	-11,19

J : jour ; VL : vache laitière ; concentré V.L.19 : même composition.

Tableau n°3. 25 : Ration distribuée aux vaches durant le mois d'Octobre 2001

Aliments	Composition des aliments KgMS (matière sèche)							Quantités consommées (Kg/V.L./J)	Apports nutritifs (VL/J)						
	MS (Kg)	UFL	MAD (g)	PDIN (g)	PDIE (g)	Ca (g)	P (g)		MS (Kg)	UFL	MAD (g)	PDIN (g)	PDIE (g)	Ca (g)	P (g)
Foin de vesce-avoine	0,90	0,54	37,54	48,48	60,81	7,7	0,098	13	11,7	7,02	488,41	630,24	790,53	100,1	1,27
Sorgho en vert	0,15	0,58	88,78	106,65	92,42	4,6	1,3	3	0,45	0,26	39,95	47,99	41,59	2,07	0,58
Concentré V.L 19	0,92	0,90	91,13	80,80	95,78	3,2	0,75	6	5,52	5,4	503,03	446	528,7	4,14	4,14
Apports nutritifs totaux								22	17,67	11,55	982,55	1061,22	1281,76	109,82	5,86
Dédution des besoins journaliers d'entretien										-4,7	-330	-370	-370	-33	-24,75
Disponibilité pour la production laitière										6,85	652,55	691,22	911,76	76,82	-18,89
Besoins pour 1 Kg de lait à 4% de MG										÷0,4	÷60	÷48	÷48	÷3,5	÷1,7
Production de lait permise par la ration										15,56	10,87	14,40	18,99	21,94	-11,11

J : jour , VL : vache laitière, Concentré V.L.19 ; composé de : Fevrole 14 %, son gros du blé 45 %, orge 40 %

CHAPITRE 3 RESULTATS

3.1. Alimentation des vaches laitières :

3.1.1. Les analyses fourragères :

3.1.1.1 Composition chimique et valeur nutritive des aliments :

La composition chimique ainsi que la valeur nutritive des aliments distribués durant la période d'étude sont présentés dans le tableau n°1.22.

Tableau n°3.22 : Composition chimique et valeur nutritive des aliments distribués durant la campagne (2001-2002) :

Aliment	MS%	% MS					g /kg MS						
		MO	Cendres	MG	MAT	CB	dMO%	UFL	UFV	MAD	PDIN	PDIE	PDIA
Sorgho fourrager	15	88,8	11,2	1	16,5	35	53,81	0,58	0,48	88,78	106,65	92,42	56,30
Foin (vesce-avoine)	90,6	93	7	0,5	7,5	34,5	50,10	0,54	0,43	37,57	48,48	60,81	25,59
Concentré V.L.19	92,2	96,4	3,6	1,0	12,5	25	72,91	0,90	0,84	91,13	80,80	95,78	42,65
Ensilage D'orge	28,7	81,6	18,4	1	16,2	29,5	49,48	0,49	0,39	80,15	104,72	85,8	55,28

Selon le tableau ci-dessus, la teneur en matière sèche est plus élevée dans l'aliment concentré et dans le foin et est respectivement de 92,2% et 90,6%.

L'ensilage présente une teneur plus faible par rapport aux précédents par contre le sorgho fourrager a une teneur de loin inférieure à tous les aliments.

Pour les cendres, la plus forte teneur de l'ordre de 18,4% est à l'actif de l'ensilage dont la valeur est supérieure à celle du fourrage vert ; le concentré et le foin présentant des teneurs plus faibles respectivement de 3,6 et 7%.

Pour les matières grasses, les teneurs sont similaires dans tous les aliments et varient de 0,5 à 1%. Pour les matières azotées totales, le fourrage vert et l'ensilage comprennent des taux

similaires respectivement de 16,5% et 16,2% ; l'aliment concentré a un taux beaucoup moins élevé (12,5%) et le fourrage sec présente un taux encore plus faible (7,5%).

Le taux de la cellulose brute, moins élevé que celui du concentré et de l'ensilage respectivement de l'ordre de 25 et 29,5% montre des valeurs sensiblement identiques pour le fourrage vert et le fourrage sec (35 et 34,5%) .

Pour les matières azotées digestibles, la teneur la plus forte caractérise le concentré avec une valeur de 91g/Kg MS non loin de celle du fourrage vert (88,78g/Kg MS).

L'ensilage montre un taux appréciable en MAD avec 80,15 g/Kg MS, la teneur la plus basse restant à l'actif du fourrage sec (37,57g/Kg MS).

3.1.1.2 Teneur en minéraux :

Les teneurs en macro et oligo-élément des différents aliments distribués durant la période d'étude sont exprimés dans le tableau n°3.23.

Tableau n°3.23 : Teneurs en macro et oligo- éléments des aliments
(campagne 2001-2002)

		Macro-éléments (g/kg MS)					Oligo-éléments (mg/kg MS)			
		Ca	P	Mg	Na	K	Cu	Zn	Mn	Co
Aliments	Sorgho fourrager	4,6	1,3	4,5	1,5	52,1	8	24,25	44	3,8
	Foin (vesce- avoine)	7,7	0,098	2,4	5,7	17,8	6	5,5	14	3,8
	Concentré V.L.19	3,2	0,75	4,4	2,4	13,8	26,07	71,59	93,75	4,55
	Ensilage d'orge	26,25	0,055	3,45	3,38	11,88	8,29	18,18	72,92	4,55

3.1.1.2.1 Macro-éléments :

Le tableau n°3.23 montre que l'aliment le plus riche en calcium est l'ensilage d'orge avec une teneur de 26g/Kg MS, l'aliment le moins riche reste le concentré avec la teneur la plus faible (3,2g/Kg MS).

Les valeurs du phosphore indiquent que tous les aliments ont des valeurs faibles avec une teneur plus élevée pour le fourrage vert (1,3 g) par rapport aux autres types d'aliments. Le taux du phosphore dans l'ensilage est de 0,055g /kg MS.

Le taux du magnésium varie de 2,4 à 4,5g , la valeur la plus élevée est celle rencontrée dans le fourrage vert (4,5) et dans le concentré (4,4 g).

Les taux du magnésium dans le fourrage sec et l'ensilage sont respectivement de 2,4 et de 3,4g.

Pour le sodium, Les résultats montrent que les teneurs du fourrage sec et de l'ensilage sont respectivement de 5,7g et de 3,38g ; les teneurs des autres aliments en cet élément sont moins élevées que les précédentes : 1,5 g pour le fourrage vert et 2,4 g pour l'aliment concentré.

Pour le potassium, le fourrage vert comprend la plus forte teneur (52g /kg MS), les autres aliments ont des taux un peu rapprochés mais qui restent toujours différents de celui de fourrage vert.

3.3.1.2.2 Oligo-éléments :

Concernant le cuivre, l'aliment le plus riche reste largement le concentré avec une teneur de 26 mg/kg MS. Les autres aliments présentent des valeurs respectives de 8 , 6 et 8,29 mg/kg MS dans le fourrage vert, le fourrage sec et l'ensilage.

Pour le zinc, la teneur du fourrage sec en cet oligo-élément est la plus faible et est de l'ordre de 5,5 mg/kg MS tandis que les autres aliments présentent des valeurs plus élevées dont la plus forte teneur(71,59 mg/ kg MS) est enregistrée dans le concentré.

Pour le manganèse, le taux le plus élevé a été noté dans l'aliment concentré (93mg/ kg MS) .Le fourrage vert et l'ensilage présentent des taux un peu moins élevés par contre le fourrage sec présente la teneur la plus faible et est de 14mg/kg MS.

Pour le cobalt, tous les aliments présentent des taux plus ou moins rapprochés variant de 3,8 à 4,55mg/kg MS.

3.1.2 Calcul de la ration :

3.1.2.1 Calcul des besoins :

Le calcul des besoins d'entretien et de production a été fait pour une vache de 550 Kg.

Tableau n° 3.24 : Les besoins d'entretien et de production

	UFL	MAD (g)	PDI (g)	P (g)	Ca (g)
Besoins d'entretien	4,7	330	370	24,75	33
Besoins de production	5.38	734,40	587,52	21,42	50,79
Besoins totaux	10,08	1064,40	1327,52	46,17	83,79

3.3.2.2 Calcul du rationnement :

Il a été procédé au calcul de la ration distribuée aux vaches de l'exploitation en fonction des différents mois et en fonction des différentes campagnes. La moyenne de la production laitière observée de toutes les vaches a été prise en considération.

3.2.2.2.1 Ration du mois d'octobre (2001) :

Le tableau n°3.25 montre que la quantité ingérée quotidiennement par les vaches est de 22 Kg, soit 17,67 Kg de MS. Celle-ci fournit 11,55 UFL ; 982,55 g de MAD ; 1061,22 g de PDIN et 1281,76 g de PDIE. Après déduction des besoins journaliers d'entretien, les UFL permettent de produire 15,56 Kg de lait et les PDI 14,40 Kg de lait/j (pour les PDI, la quantité du lait effectivement permise est la plus petite des deux valeurs PDIN ou PDIE (INRAP [39]). On note que la ration distribuée est déficitaire en azote et en phosphore.

Notons que la moyenne de la production laitière observée de toutes les vaches durant cette période est d'environ 12,24 Kg de lait /jour.

3.1.2.2.1.1 Appréciation de la ration distribuée durant le mois d'octobre :

Pramètres d'appréciation de la ration	Valeurs
Ingestibilité	3,2
Encombrement	1,52
Equilibre protidoénergétique	85,07
Equilibre (PDIE – PDIN)/UFL	19,09
Rapport phosphocalcique Ca / P	18,74
Le pourcentage de concentré dans la ration	27%
Le pourcentage d'aliments grossiers dans la ration	73%

3.1.2.2.2 Ration distribuée durant le mois de Novembre (2001):

Les résultats obtenus montrent que les vaches ingèrent quotidiennement 27 Kg de fourrages et de concentré, soit 17,21 Kg MS. La quantité de Matière sèche consommée donne 11,18 UFL, 1060,64 g MAD, 1164,85 g PDIN et 1309,77 g PDIE. La production de lait permise par les UFL est de 14,72 Kg de lait, celle permise par les PDI est de 16,55 Kg de lait. La ration est déficitaire en énergie et en phosphore (Tableau n°3.26)

3.1.2.2.1 Appréciation de la ration distribuée durant le mois de Novembre :

Pramètres d'appréciation de la ration	Valeurs
Ingestibilité	3,12
Encombrement	1,53
Equilibre protidoénergétique	94,86
Equilibre (PDIE – PDIN)/UFL	12,96
Rapport phosphocalcique Ca / P	25,84
Le pourcentage de concentré dans la ration	22,22%
Le pourcentage d'aliments grossiers dans la ration	77,77%

3.1.2.2.3 Ration distribuée durant les mois de Décembre (2001) à Mars(2002) :

Les résultats obtenus montrent que la quantité ingérée quotidiennement par les vaches est 24 kg, soit 16,76 Kg de MS. Cette dernière donne 10,92 UFL, 1020,69 g MAD, 1116,90 g PDIN, 1268,18 g PDIE. Les UFL permettent une production journalière de 14,13 Kg de lait tandis que les PDI permettent 15,56 Kg de lait/jour (Tableau n°3.27).

La ration est déficitaire en énergie et en phosphore.

3.1.2.2.3.1 Appréciation de la ration distribuée durant le mois Décembre (2001) à Mars (2002):

Paramètres d'appréciation	Valeurs
Ingestibilité	3,04
Encombrement	1,53
Equilibre protidoénergétique	93,46
Equilibre (PDIE – PDIN)/UFL	13,85
Rapport phosphocalcique Ca / P	28,35
Pourcentage de concentré dans la ration	25%
Pourcentage d'aliments grossiers dans la ration	75%

3.1.2.2.4 Ration distribuée les mois d' Avril, Mai et Juin (2002) :

Le tableau ci-dessus montre que les vaches ingèrent 19 Kg de fourrages et de concentré quotidiennement, soit 17,22 Kg de MS. Celle-ci fournit 11,29 UFL, 942,6 g de MAD, 1013,22 g PDIN, 1240,18 g PDIE. Les productions permises par les UFL et les PDI de la ration sont respectivement 14,97 et 13,40 Kg de lait. La ration est déficitaire en azote et en phosphore (Tableau n°3.28).

3.1.2.2.4.1 Appréciation de la ration distribuée durant les mois d'Avril, Mai, Juin (2002):

Paramètres d'appréciation	Valeurs
Ingestibilité	3,1
Encombrement	1,52
Equilibre protidoénergétique	83,48
Equilibre (PDIE – PDIN)/UFL	20,10
Rapport phosphocalcique Ca / P	20,36
Pourcentage de concentré dans la ration	31,6%
Pourcentage d'aliments grossiers dans la ration	68,4%

Du mois de Juillet à Septembre, les animaux reçoivent la même ration que celle du mois d'octobre avec les mêmes quantités distribuées.

3.2. Etat d'engraissement :

3.2.1. La note d'état corporel : le BSC (Body Scoring Condition)

Les résultats présentés dans le tableau n°3.29 montrent une diminution du BSC chez 100 % des vaches durant la période allant de j_0 : le jour du vêlage à j_{45} après le vêlage. La diminution de la valeur du BSC montre que les animaux ont mobilisé leurs réserves corporelles après le vêlage et que le degré de mobilisation a été différent d'une vache à une autre. La perte d'état corporel a dépassé 0,5 point chez 55,55% des vaches, alors qu'elle est de 0,5 point chez 44,44 % des autres.

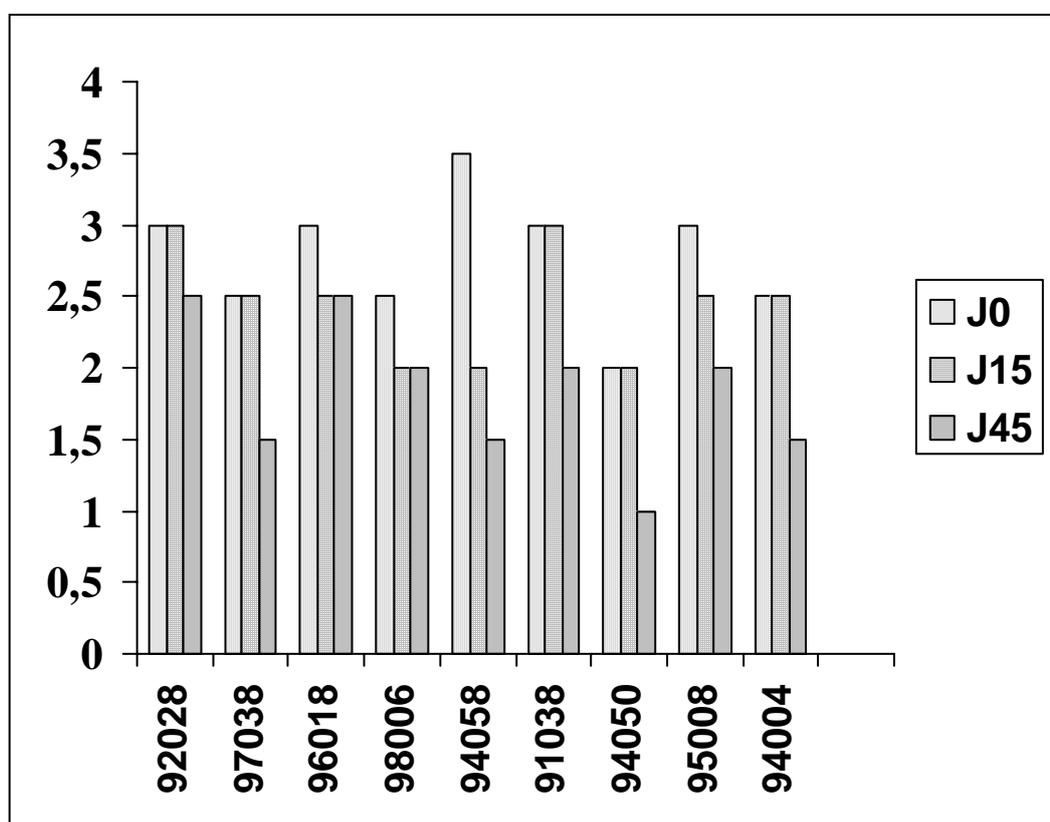


Figure n°3.16 : Vache en période de lactation

Tableau n°3.29 : Variations de la note d'état corporel (BSC) durant le post-partum
(j₀ ; j₁₅ ; j₄₅) (campagne 2001 – 2002) :

n° vache	92028	97038	96018	98006	94058	91038	94050	95008	94004
Jour PP									
j₀	3	2,5	3	2,5	3,5	3	2	3	2,5
j₁₅	3	2,5	2,5	2	2	3	2	2,5	2,5
j₄₅	2,5	1,5	2,5	2	1,5	2	1	2	1,5

PP : Post-partum



Graphique n° 3.2 : Note d'état corporel durant le post-partum

3.3. Profil biochimique :

3.3.1. Résultats du dosage des paramètres biochimiques :

3.3.1.1 Glycémie : valeur normale 0,50 – 0,70 g/l

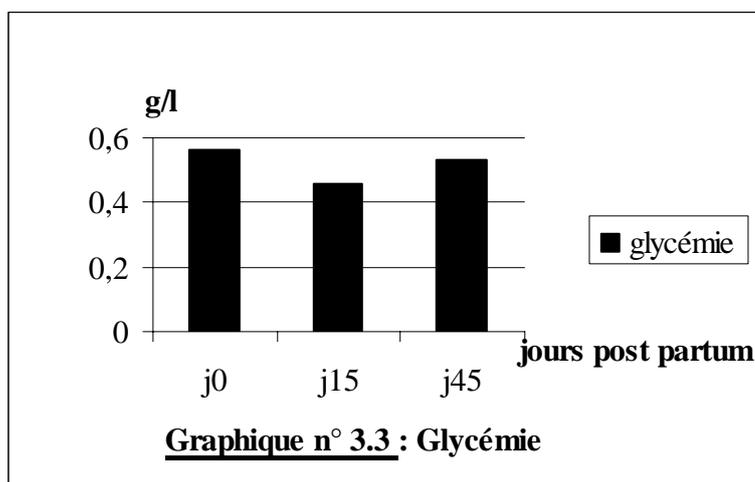
N° de vache	92028	97038	96018	98006	94058	91038	94050	95008	94004	Moyenne ± écart-type
j₀	0,52	0,49	0,59	0,37	0,39	0,45	0,6	0,83	0,85	0,56 ± 0,174
j₁₅	0,42	0,38	0,56	0,45	0,4	0,56	0,52	0,51	0,38	0,464 ± 0,074
j₄₅	0,44	0,64	0,65	0,66	0,54	0,34	0,4	0,73	0,4	0,533 ± 0,142

Le tableau ci-dessus montre que :

Aj₀ : 4 vaches ont une glycémie inférieure à la normale.

Aj₁₅ : 4 vaches ont une glycémie normale.

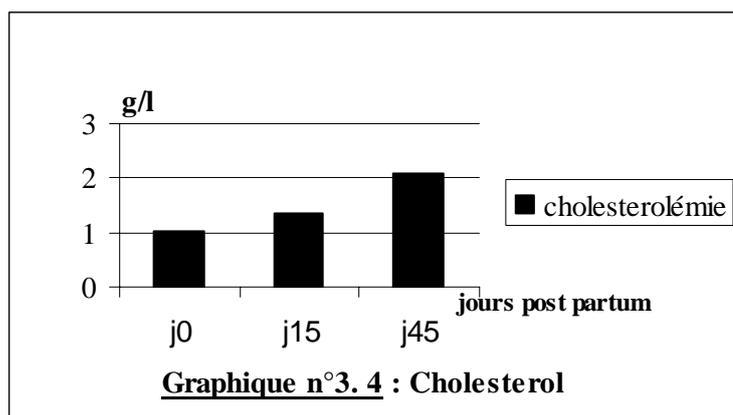
Aj₄₅ : 4 vaches ont une glycémie normale.



3.3.1.2 Cholestérolémie : valeur normale : 0,77 – 2,50 g/l [216]

n° vache	92028	97038	96018	98006	94058	91038	94050	95008	94004	MOY	Ecart type
j₀	1,43	1,09	0,95	0,96	0,96	0,9	1,1	0,94	0,95	1,03	0,16
j₁₅	1,43	1,32	1,02	1,28	1,37	1,39	1,71	1,2	1,62	1,37	0,21
j₄₅	2,23	2,1	1,53	2,19	2,04	2,49	1,99	1,76	2,54	2,097	0,321

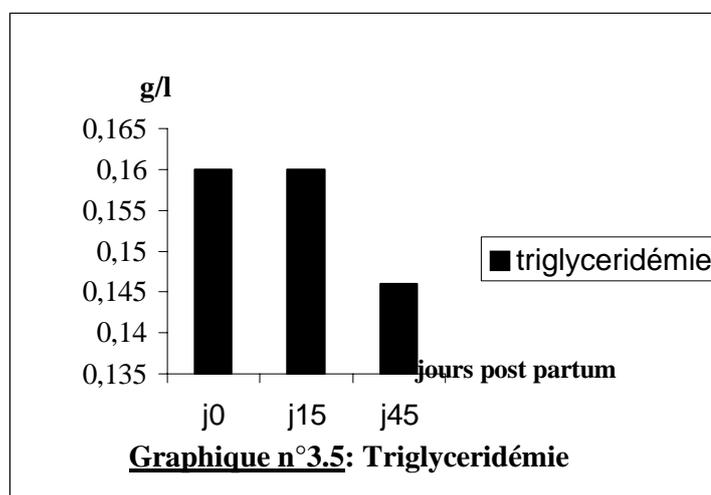
Selon les résultats présentés ci-dessus, on note que le taux du cholestérol augmente progressivement de j₀ à j₄₅ où la valeur la plus élevée observée est de 2,54 g/l et la plus faible est de 1,53 g/l.



3.3.1.3 Triglycéridémie : valeur normale : 0,44 – 1,05 g/l [216]

n° vache	92028	97038	96018	98006	94058	91038	94050	95008	94004	MOY	Ecart type
j₀	0,21	0,09	0,16	0,16	0,22	0,15	0,13	0,16	0,12	0,16	0,04
j₁₅	0,26	0,14	0,16	0,17	0,2	0,08	0,14	0,19	0,11	0,16	0,05
j₄₅	0,21	0,13	0,17	0,12	0,14	0,12	0,12	0,19	0,11	0,146	0,036

Le tableau ci-dessus montre que la triglycéridémie est identique à j₀ et à j₁₅ et elle diminue légèrement à j₄₅.



3.3.1.4 Urémie : valeur normale : 0,20 – 0,35 g/l [199]

n° vache	92028	97038	96018	98006	94058	91038	94050	95008	94004	MOY	Ecart type
j₀	0,18	0,18	0,19	0,38	0,30	0,26	0,18	0,20	0,20	0,23	0,07
j₁₅	0,33	0,25	0,20	0,40	0,36	0,28	0,28	0,34	0,38	0,31	0,06
j₄₅	0,24	0,36	0,29	0,41	0,34	0,31	0,34	0,40	0,27	0,33	0,05

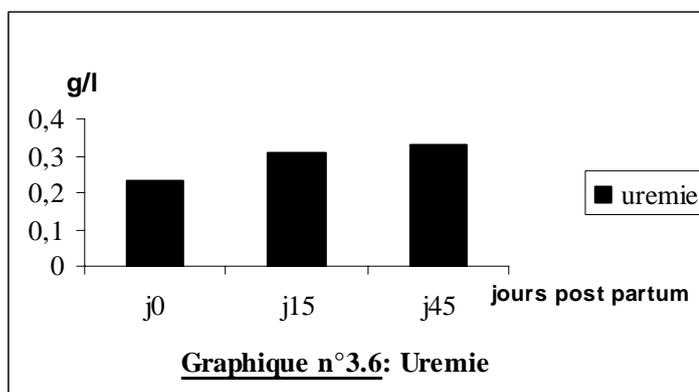
Selon le tableau ci-dessus ; on note que :

A_{j₀} : un seul cas d'hyperurémie avec 4 autres qui présentent des taux normaux.

A_{j₁₅} : augmentation de l'urémie chez toutes les vaches.

A_{j₄₅} : tendance à l'augmentation avec hyperurémie chez 2 vaches.

D'une façon générale, la moyenne de l'urémie observée à j₄₅ est supérieure à celle notée à j₀ et à j₁₅.



3.3.1.5 Protéïnémie : valeur normale : 65 -80g/l [199]

n° vache	92028	97038	96018	98006	94058	91038	94050	95008	94004	MOY	Ecart type
j₀	75	61	60	71	80	73	75	72	69	70,66	6,53
j₁₅	81	74	71	80	91	90	82	93	78	82,22	7,67
j₄₅	72	79	63	81	95	84	83	90	85	81,33	9,44

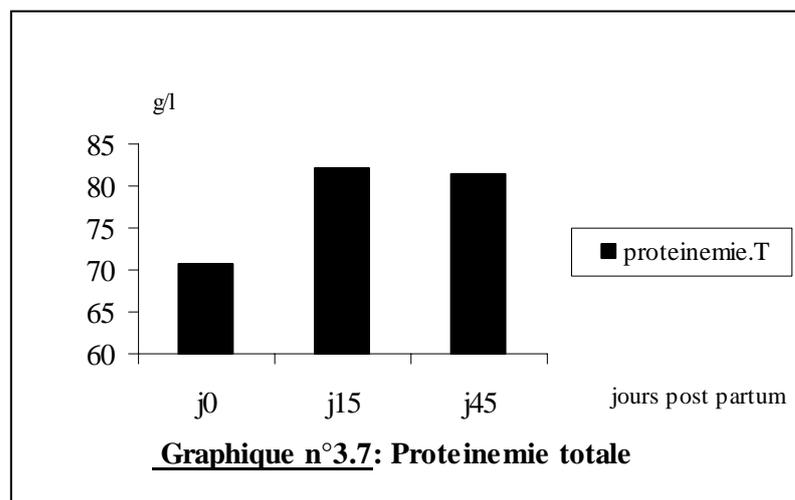
Le tableau ci-dessus montre que :

Le taux moyen de la protéïnémie est normal à j₀, mais il dépasse légèrement le maximum de la valeur normale (80g/l) à j₁₅ et à j₄₅.

A_{j₀} : La protéïnémie est normale chez 77,77 % des vaches, les autres sont en hypoprotéïnémie.

Aj₁₅ : le taux sérique des protéines totales augmente chez toutes les vaches dont on observe une hyperprotéinémie chez 55,55 % des vaches, et 44,44 % des vaches avec un taux normal.

Aj₄₅ : Une hyperprotéinémie est observé chez 66,66 % des vaches, 22,22 % des vaches ont une valeur normale et 11,11 % avec une hypoprotéinémie.



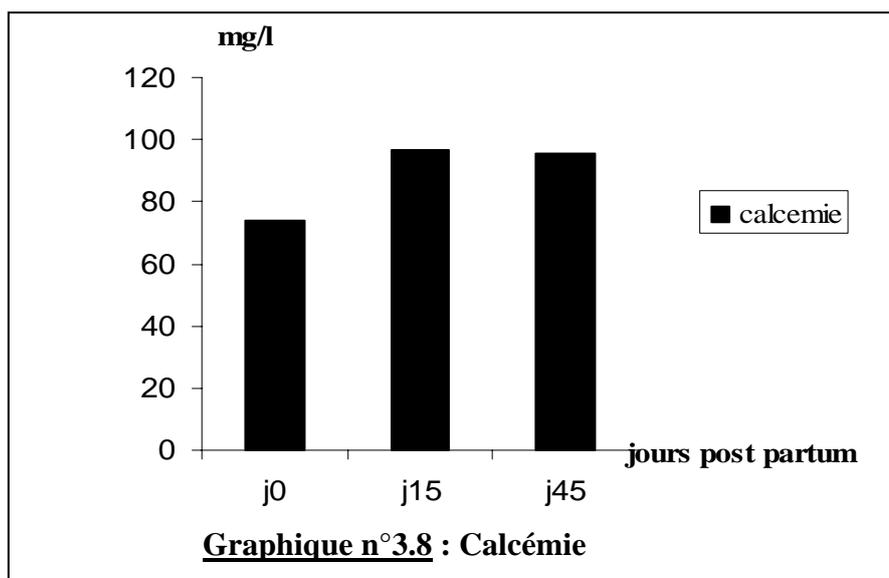
3.3.1.6 Calcémie : la valeur normale : 80-120 g/l [199]

n° vache	92028	97038	96018	98006	94058	91038	94050	95008	94004	MOY	Ecart type
j ₀	71	69	70	90	76	72	79	76	63	74	7,61
j ₁₅	90	87	89	119	88	112	89	85	111	96,7	13,3
j ₄₅	86	86	88	117	107	106	83	82	104	95,4	13

On note selon le tableau ci-dessus que :

Aj₀ : Presque toutes les vaches sont en hypocalcémie.

Aj₁₅ et j₄₅ : la calcémie est normale avec une valeur inférieure à j₄₅.



3.3.1.7 Phosphorémie : la valeur normale : 40 – 86 mg/l [199]

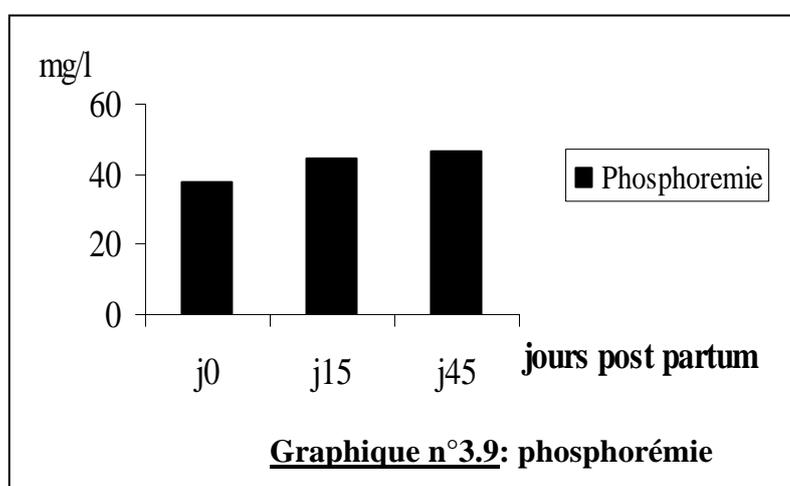
n° vache	92028	97038	96018	98006	94058	91038	94050	95008	94004	MOY	Ecart type
j₀	50	50	51	46	26	38	40	29	10	37,78	13,85
j₁₅	40	48	51	40	51	42	33	43	55	44,8	6,96
j₄₅	10	41	45	39	63	59	39	52	72	46,7	18

Le tableau ci-dessus montre que:

Aj₀ : 55,55 % des vaches ont une phosphorémie normale, 44,44 % des vaches sont en hypophosphorémie dont le taux le plus faible est de 10mg/l.

Aj₁₅ : la phosphorémie est normale.

Aj₄₅ : la phosphorémie est normale chez presque toutes les vaches.



3.3.1.8 Magnésémie : valeur normale : 18 – 30 mg/l [199].

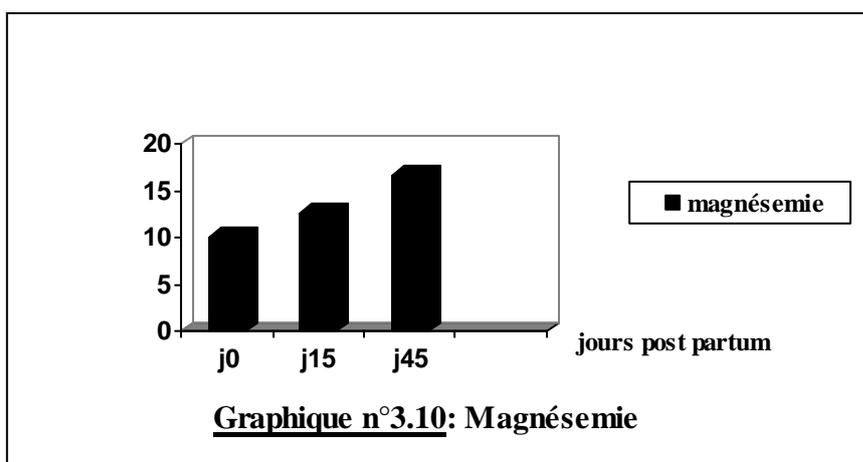
N° vache	92028	97038	96018	98006	94058	91038	94050	95008	94004	MOY	Ecart type
j₀	10,23	16,56	8,8	9,13	7,96	7,96	7,7	8,9	14,05	10,14	3,08
j₁₅	11,47	20,07	9,83	11,08	8,43	16	8,19	8,9	20	12,66	4,79
j₄₅	12,41	17,56	13,01	23	17	20	13,58	11,47	22	16,67	4,31

Le tableau ci-dessus montre que :

Aj₀ : toutes les vaches sont en hypomagnésémie dont la valeur maximale est de 16,56 mg/l

Aj₁₅ : une augmentation du taux du magnésium est observée chez presque toutes les vaches (88,88 %) mais il reste toujours inférieur à la valeur normale ; le reste des vaches présentant un taux normal.

Aj₄₅ : les taux sont beaucoup plus élevés qu'à j₀ et j₁₅ mais seulement 33 % des vaches présentent des valeurs normales, les autres sont toujours en hypomagnésémie.

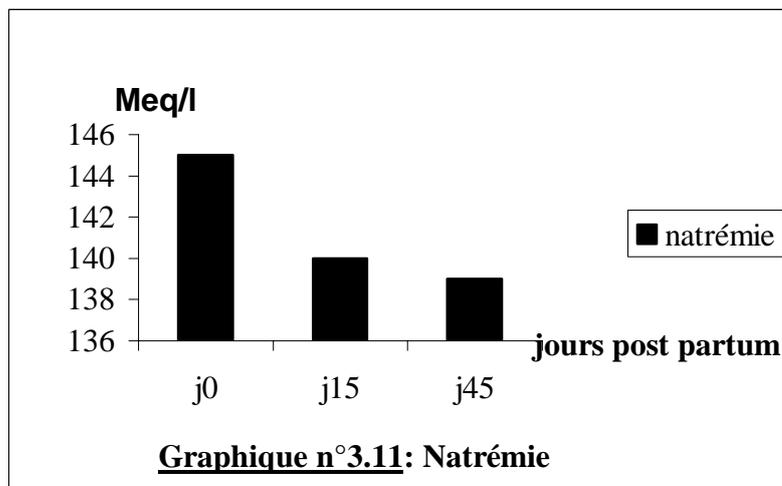


3.3.1.9 Natrémie : valeur normale : 132 – 152 Meq/litre [214]

n° vache	92028	97038	96018	98006	94058	91038	94050	95008	94004	MOY	Ecart type
j₀	138	148	153	142	147	142	143	145	144	145	4,3
j₁₅	137	140	142	140	148	141	141	137	133	140	4,14
j₄₅	145	142	150	131	134	132	144	138	131	139	7

Les résultats présentés dans le tableau ci-dessus, montre que : de j₀ à j₄₅ le taux sérique du sodium a diminué chez 77,77 % des vaches, tandis qu'il a augmenté chez 22,22 % des

vaches ; mais d'une façon générale, le taux moyen chez toutes les vaches durant les périodes j₀, j₁₅ et j₄₅ est acceptable.

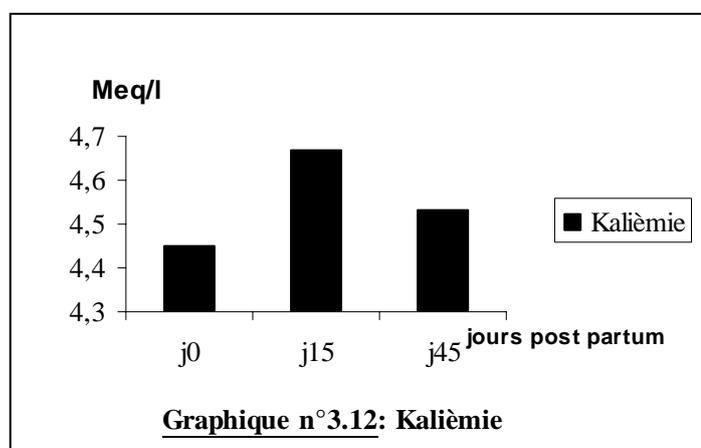


3.3.1.10 Kaliémie : valeur normale : 3,9 – 5,8 Meq/litre [214]

n° vache	92028	97038	96018	98006	94058	91038	94050	95008	94004	MOY	Ecart type
j ₀	4	4,1	4,28	5,5	4,2	4,3	4	4,8	4,9	4,45	0,51
j ₁₅	4,5	4,5	4,8	5,2	5,4	5,03	4,2	4,0	4,38	4,67	0,47
j ₄₅	4,5	5,2	4,4	4,81	4,32	4,31	4,7	4,2	4,3	4,53	0,32

Selon le tableau ci-dessus, on note que :

Aj₀, j₁₅ et j₄₅, le taux sérique du potassium est considéré comme normal chez toutes les vaches mais il faut noter que les valeurs enregistrées à j₀ sont un peu inférieures à celles observées à j₁₅ et à j₄₅.



3.3.1.11 Fer sérique : valeur normale : 1,2 – 1,8 mg/l [54]. (120 – 180 Meq/dl)

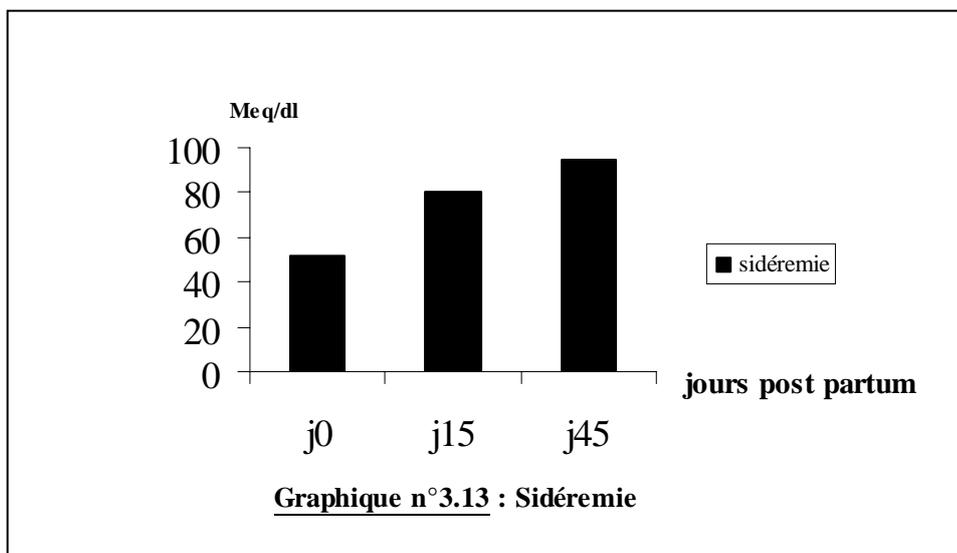
n° vache	92028	97038	96018	98006	94058	91038	94050	95008	94004	MOY	Ecart type
j₀	40	60	50	78	60	59	42	17	63	52	17
j₁₅	47	48	79	92	93	119	67	60	117	80	27
j₄₅	105	76	58	115	75	130	86	71	135	95	28

On observe selon le tableau ci-dessus :

Aj₀ : Les valeurs du fer sérique sont très loin de la valeur normale et ceci chez toutes les vaches (100 %).

Aj₁₅ : Les taux sont supérieurs à ceux notés à j₀ mais ils restent toujours inférieurs aux normes.

Aj₄₅ : Les taux enregistrés sont élevés par rapport à ceux observés à j₀ et à j₁₅ mais ils restent toujours loin de la valeur normale sauf 22,22 % des vaches qui présentent un taux acceptable.



3.3.1.12 Bilirubinémie : valeur normale : 0,7 – 3 mg/l [199]

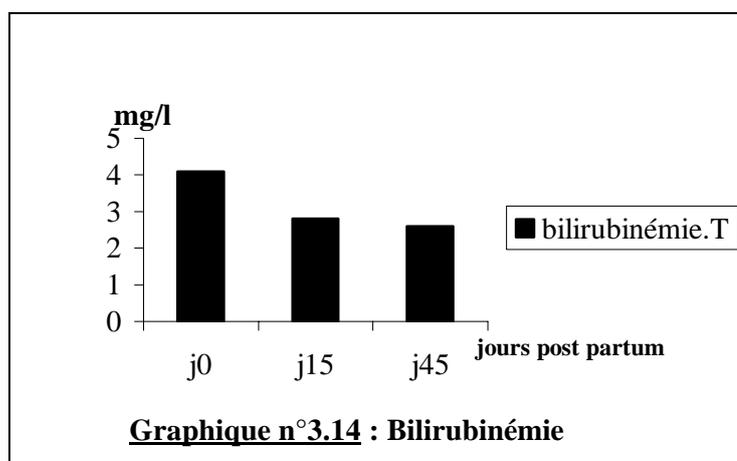
n° vache	92028	97038	96018	98006	94058	91038	94050	95008	94004	MOY	Ecart type
j₀	4	4	4	2	8	3	5	5	2	4,1	1,8
j₁₅	1	4	3	1	5	1	4	4	2	2,8	1,6
j₄₅	3	4	2	2	3	2	3	2	2	2,6	0,7

Les résultats présentés dans le tableau ci-dessus montre que :

Aj₀ : 33,33 % des vaches présentent une valeur normale de la bilirubinémie, les autres (66,66%) sont avec un taux élevé par rapport à la normale dont la valeur maximale était de 8 mg/l.

Aj₁₅ : Les taux sont inférieurs à ceux observés à j₀ mais ils restent élevés chez 44,44 % des vaches, les autres sont normaux.

Aj₄₅ : Toutes les vaches gagnent un taux normal de la bilirubine dont le taux plus bas est de 2 mg/l, sauf un seul cas d'hyperbilirubinémie qui est noté à cette période.



3.3.1.13 Créatininémie : valeur normale : 10 – 20 mg/l [214]

N° vache	92028	97038	96018	98006	94058	91038	94050	95008	94004	MOY	Ecart type
j ₀	15	18	18	14	16	10	15	14	16	15,1	2,42
j ₁₅	17	14	27	17	12	10	12	10	14	15	5,3
j ₄₅	11	15	12	11	14	12	11	13	9	12	1,8

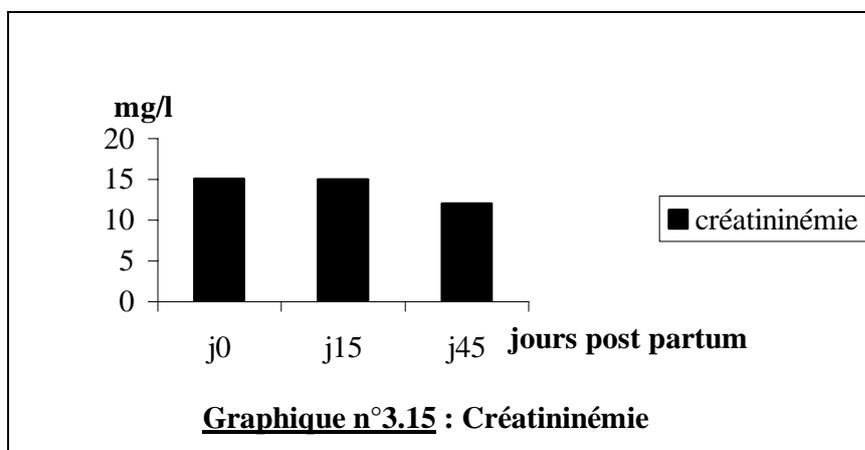
Le tableau ci-dessus montre que :

Aj₀ : La créatininémie est normale chez 100 % des vaches.

Aj₁₅ : Les valeurs de la créatinine ont augmenté chez 33,33 % dont le taux le plus élevé est de 27mg/l et elles ont diminué chez 55,55 % des vaches ; elles sont stables chez 11,11 % des vaches, mais toutes les valeurs sont dans les normes à l'exception d'une seule vache dont le taux de la créatinine était supérieur à la valeur normale.

Aj₄₅ : Le taux de la créatinine a diminué chez 55,55 % des vaches, il a augmenté chez 44,44 % des vaches mais les taux restent toujours normaux avec un seul cas d'hypocréatininémie.

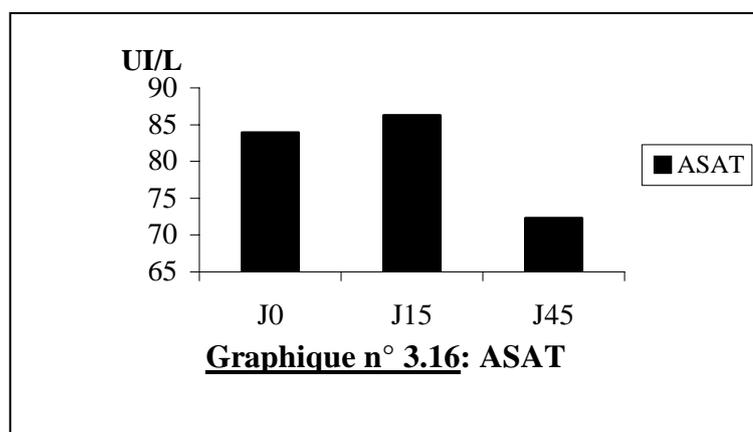
D'une façon générale, les valeurs de la créatinine enregistrées à j₄₅ sont moins élevées à celles observées à j₀.



3.3.1.14 ASAT (Aspartate amino-transférase) : valeur normale : 50-150 UI/l [199]

n° vache	92028	97038	96018	98006	94058	91038	94050	95008	94004	MOY	Ecart type
j₀	68	116	95	66	69	86	87	76	72	83,9	16,17
j₁₅	75	107	85	95	98	70	115	56	76	86,3	18,99
j₄₅	93	66	40	42	50	101	103	75	81	72,3	24,43

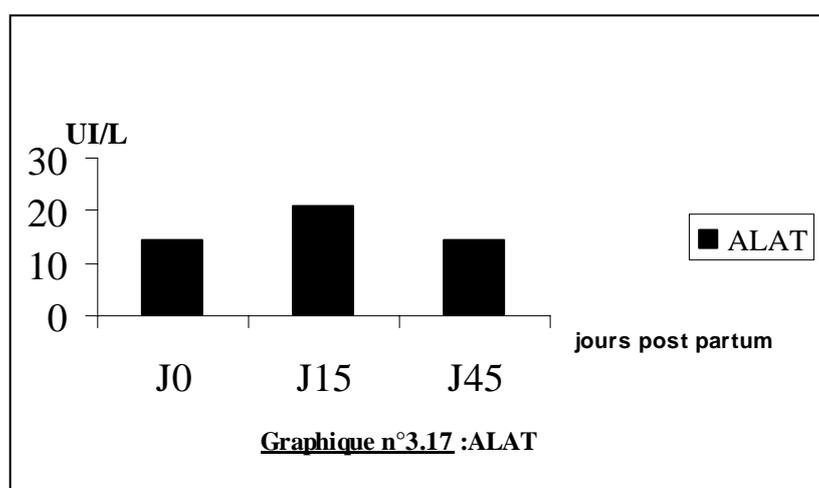
Les valeurs de l'ASAT sont dans les normes durant toute la période allant de j₀ à j₄₅ exception faite pour les vaches (96018) et (98006) où leurs taux à j₄₅ sont inférieurs à la valeur normale. La moyenne enregistrée à j₁₅ est supérieure à celles observées à j₀ et à j₄₅.



3.3.1.15 ALAT (Alanine amino-transférase) : valeur normale : 5 -20 UI/l

n° vache	92028	97038	96018	98006	94058	91038	94050	95008	94004	MOY	Ecart type
j₀	16	7	9	32	19	28	10	2	8	14,56	10,1
j₁₅	23	29	18	15	21	17	25	19	21	20,89	4,31
j₄₅	8	2	23	5	25	23	30	8	5	14,33	10,7

D'une façon générale, les moyennes d'ALAT observées à j₀, j₁₅, j₄₅ sont aux normes. On note une augmentation de la valeur moyenne des vaches à j₁₅ et une diminution à j₄₅.



3.4. La reproduction :

3.4.1. Bilan de la fécondité :

L'évolution des résultats de la reproduction au cours des 5 campagnes par rapport aux objectifs montre certains faits.

3.4.1.1 Les délais de mise à la reproduction (intervalle V-S₁) au cours des cinq campagnes :

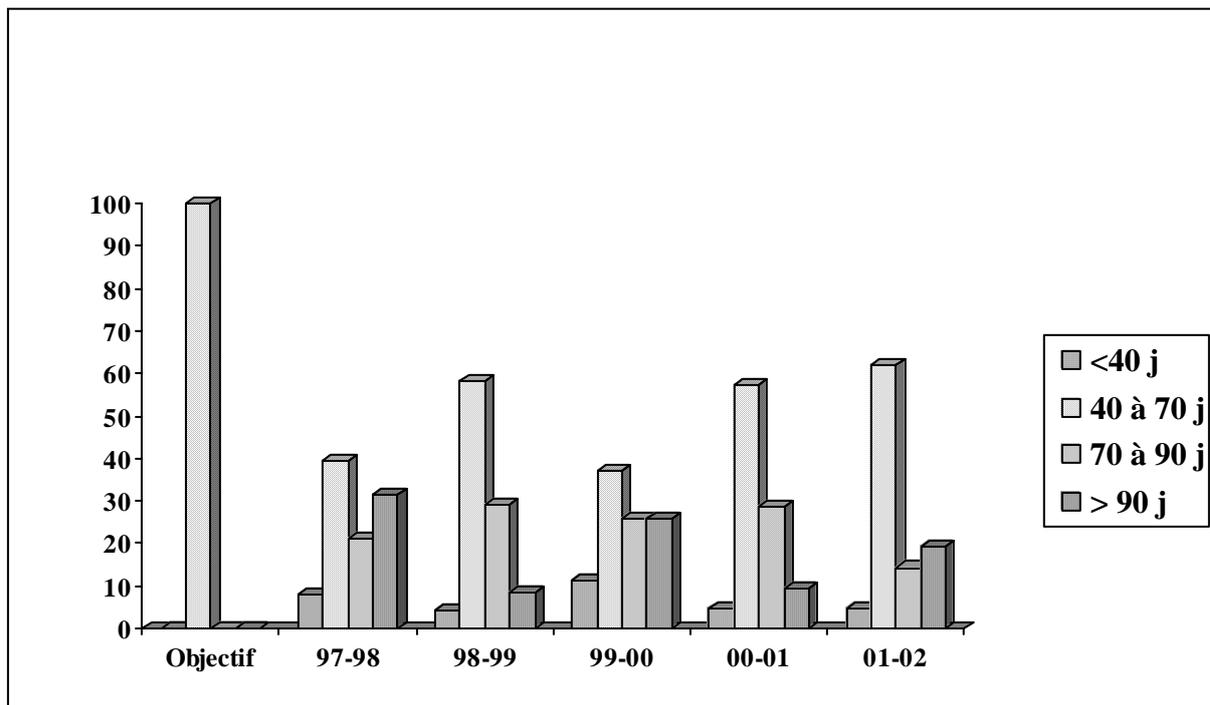
L'intervalle moyen V-S₁ pour les cinq campagnes étudiées dans cette exploitation est de l'ordre de 72 jours, ce qui n'est pas loin de l'objectif souhaité qui est de 70 jours (tableau n° 30 et figure 25). Cela nous permet de dire que la mise en reproduction des vaches est dans les normes. On note aussi que seulement 50% des vaches ont été saillies pour la première fois entre 40 et 70 jours ; un pourcentage qui reste toujours au dessous de l'objectif (100 %). Le taux le plus élevé est celui noté dans la dernière campagne (01-02) qui est de 61,90 %.

La moyenne des vaches qui sont mis à la reproduction 90 jours après vêlage est de l'ordre de 18,88%.

Tableau n° 3.30 : Evolution des délais de mise à la reproduction
(intervalle V-S₁) au cours des cinq campagnes

	n=38		n=24		n=27		n=21		n = 21		Moyenne (Jours)	Objectifs
	97-98		98-99		99-00		00-01		01-02			
Intervalle V-S₁ moyen en jour	77,78		65,79		75,07		68		77		72,72	70
Répartition	Nb	%	Moyenne %	%								
< 40 j	3	7,89	1	4,16	3	11,11	1	4,76	1	4,76	6,54	0
40 à 70 j	15	39,47	14	58,33	10	37,03	12	57,14	13	61,90	50,77	100
70 à 90 j	8	21,05	7	29,16	7	25,92	6	28,57	3	14,28	23,80	0
> 90 j	12	31,57	2	8,33	7	25,92	2	9,52	4	19,04	18,88	0

Nb : nombre de vaches saillies pour la première fois chaque classe.



Graphique n°3.18: Evolution des intervalles vêlage première Saillie (IV-S1) au cours des cinq campagnes

3.4.1.2 Evolution des intervalles vêlage- saillie fécondante (V-SF)

L'intervalle moyen V-SF au cours des cinq campagnes est trop long (113 jour) par rapport à l'objectif souhaité qui est de 85 jours. On note une certaine amélioration dans cet intervalle entre la campagne (00-01) et la campagne (01-02) dont l'intervalle vêlage – fécondation est passé de 124 jours à 108 jours.

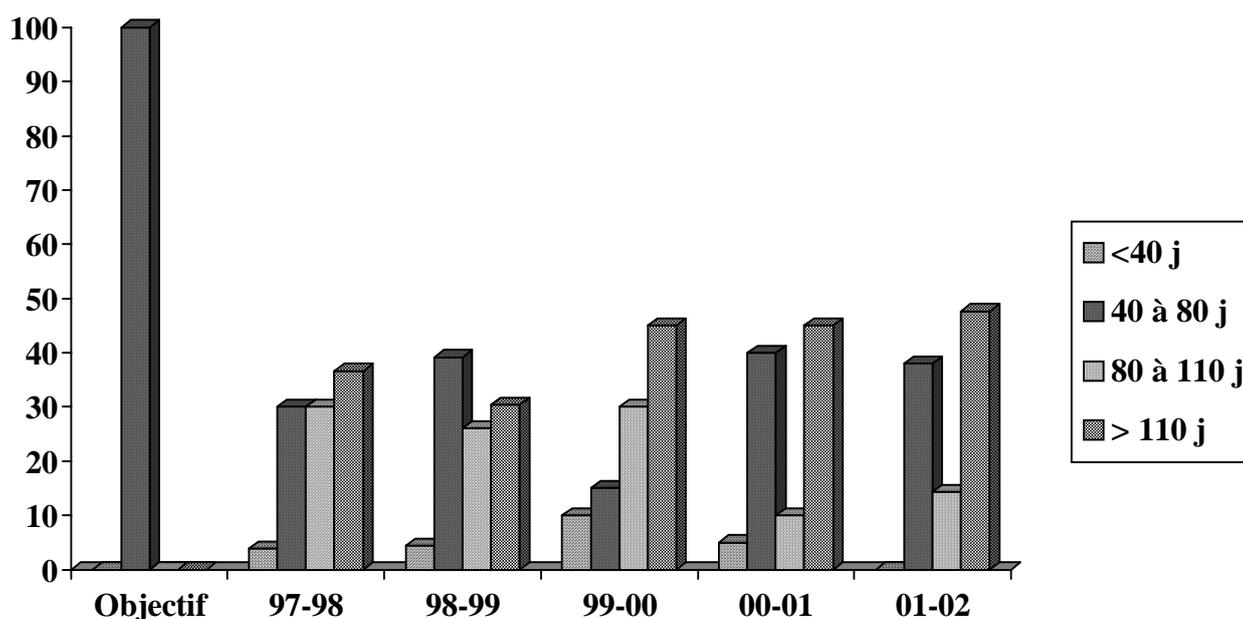
Le pourcentage moyen des vaches fécondées entre 40 à 110 jours est de 54 % alors que l'objectif visé est de 100 % (tableau 3.31, graphique 3.19). Par ailleurs, le pourcentage des vaches fécondées dans un délai supérieur à 110 jours est de l'ordre de 41 % ce qui dépasse largement les normes (< 15 %). Durant la dernière campagne (2001-2002), ce pourcentage est de 47,61%.

Tableau n°3.31 : Evolution des intervalles V-SF au cours des cinq campagnes :

	n = 30		n = 23		n = 20		n = 20		n = 21		Moyenne (J)	Objectifs
	97-98		98-99		99-00		00-01		01-02			
Intervalle V-SF moyen en jours	123		102,52		111,6		124		108		113,82	85
Répartition	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Moyenne (%)	%
< 40 j	1	3,33	1	4,34	2	10	1	5	0	0	4,53	0
40 à 80 j	9	30	9	39,13	3	15	8	40	8	38	32,43	100
80 à 110 j	9	30	6	26,08	6	30	2	10	3	14,28	22,07	100
> 110 j	11	36,66	7	30,43	9	45	9	45	10	47,61	40,94	< 15

Nb : Nombre de vaches fécondées pour chaque classe.

Figure 26: Evolution des intervalles vêlage- fécondation (IV-IF) au cours des cinq campagnes agricoles



Graphique n°3.19: Evolution des intervalles vêlage- fécondation (IV-IF) au cours des cinq campagnes agricoles

3.4.1.3 Taux de réussite en première saillie et pourcentage des vaches à trois saillies et plus (TRS₁ et % V.L à 3 S et +) au cours des cinq campagnes:

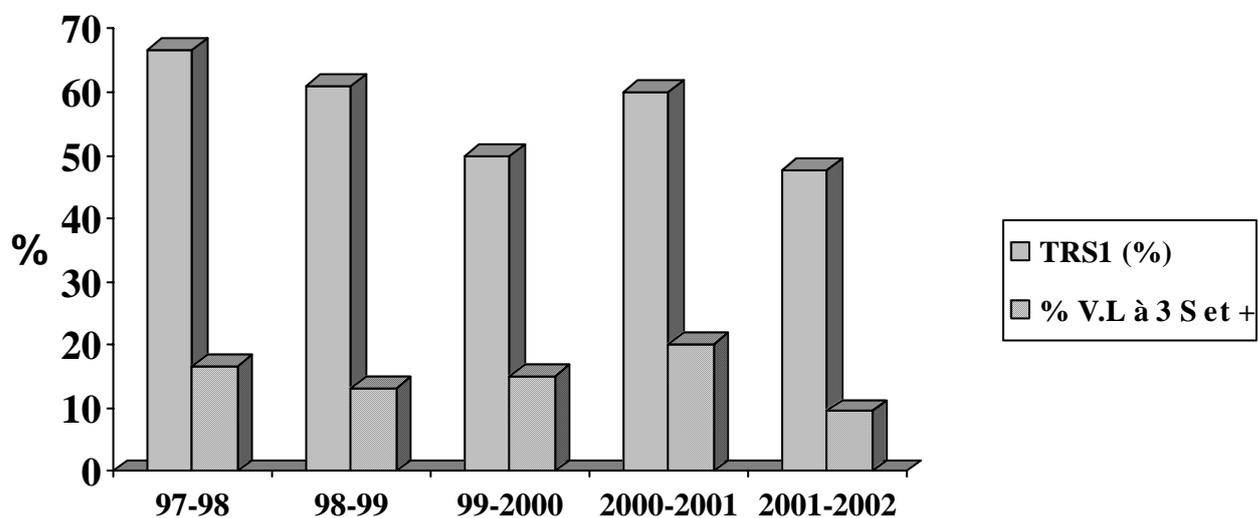
Le taux moyen de réussite à la première insémination au cours des cinq campagnes n'atteint pas l'objectif de 60 % ; il est légèrement inférieur (57 %) et le taux de vaches

ayant nécessité 3 inséminations et plus est de 14,84 qui est légèrement inférieur à 15 % (tableau n° 3.32, graphique 3.20).

Tableau n°3.32 : Evolution des résultats des fertilités
(TRS₁ et % V.L à 3 S et +) aux cours de cinq campagnes :

Répartition	n = 30		n = 23		n = 20		n = 20		n = 21		Moyenne (%)	Objectifs (%)
	97-98		98-99		99-00		00-01		01-02			
	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%		
Taux de réussite en 1 ^{ère} insémination (TRI ₁)	20	66,66	14	60,86	10	50	12	60	10	47,66	57,02	> 60
% des vaches laitières à 3 inséminations et plus (% V.L à 3 I et +)	5	16,66	3	13,04	3	15	4	20	2	9,52	14,84	< 15

Figure27: Evolution des résultats des fertilité (TRS₁ et % V.L à 3 S et +) aux cours des cinq campagnes



Graphique n°3.20: Evolution des résultats des fertilités (TRS₁ et % V.L à 3 S et+) aux cours des cinq campagnes

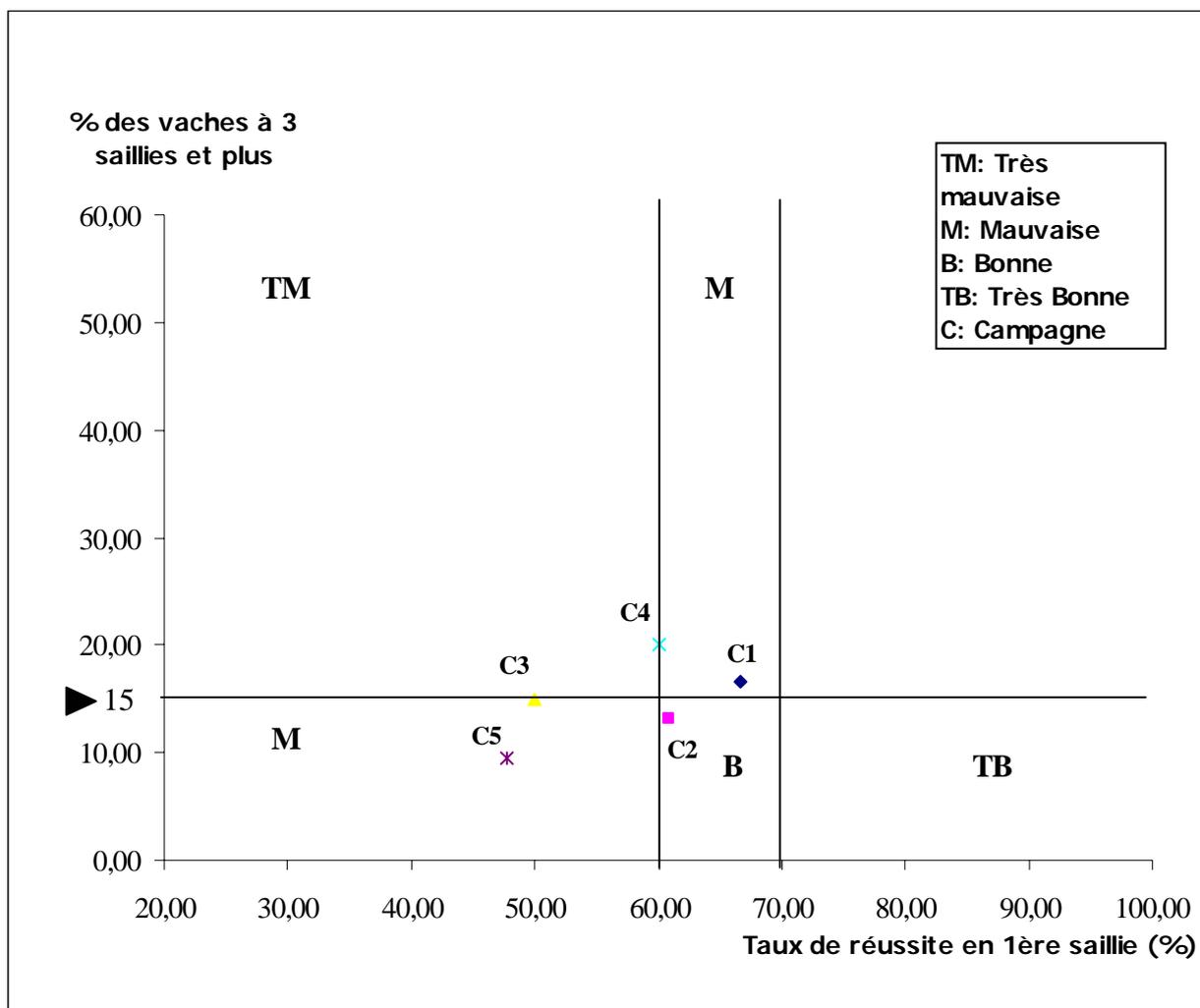
3.4.1.4 Taux de fertilité :

La projection sur la grille d'estimation du taux de fertilité qui regroupe les deux critères : taux de réussite en première saillie et pourcentage des vaches laitières à trois saillies et plus montre que la fertilité n'est bonne que durant la campagne C₂ où le taux de réussite à la première saillie est de 60,9 % avec un pourcentage des vaches à 3 saillies et plus de 13,04 % comme le montre le graphique (3.21)

Pour les campagnes C₃ et C₄, la fertilité est très détériorée où un pourcentage des vaches à 3 saillies et plus est passé de 15 à 20 % dépassant largement l'objectif souhaité (< à 15 %).

La fertilité durant la première campagne (1) est estimée mauvaise (graphique n° 3.21).

Quant à la campagne (5), on note une certaine amélioration pour ce même critère par rapport aux deux campagnes précédentes avec un taux de 9,52 % mais la fertilité reste toujours mauvaise.



Graphique n°3.21: Taux de fertilité du troupeau durant les cinq campagnes

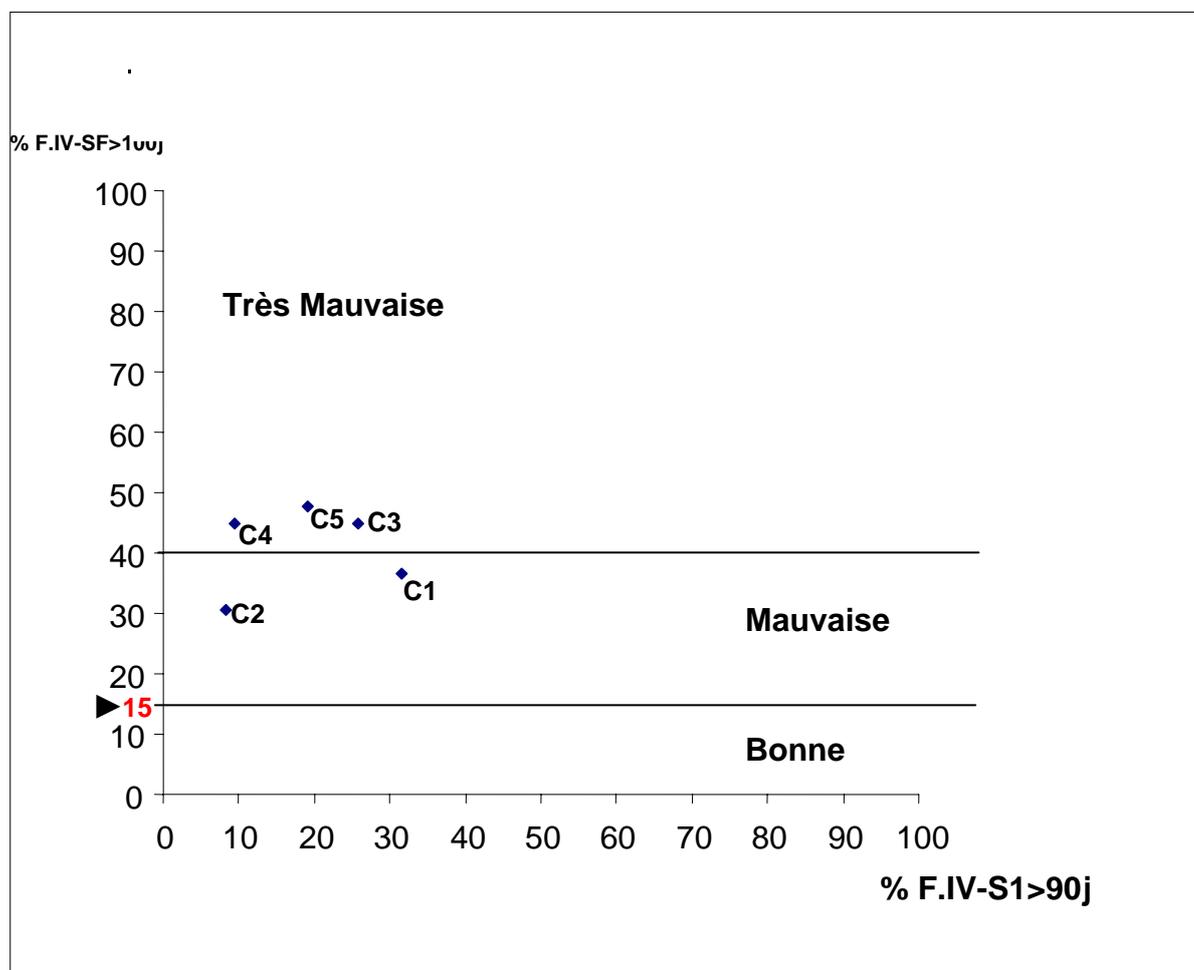
3.4.1.5 Taux de fécondité :

Les résultats enregistrés durant les 5 campagnes dévoilent un sérieux problème au niveau de la fécondité (tableau n° 3.33, graphique n°3.22).

Tableau n°3.33 : taux de fécondité durant les 5 campagnes

(% F.IV – SF > 110j et % F.IV – S₁ > 90 j):

% des femelles	Campagnes				
	Campagne 1 (97-98)	Campagne 2 (98-99)	Campagne 3 (99-2000)	Campagne 4 (2000-2001)	Campagne 5 (2001-2002)
% F.IV – SF < 110j	63,33	69,56	55	55	52,38
% F.IV – SF > 110j	36,66	30,43	45	45	47,61
% F.IV – S ₁ > 90 j	31,57	8,33	25,92	9,52	19,04



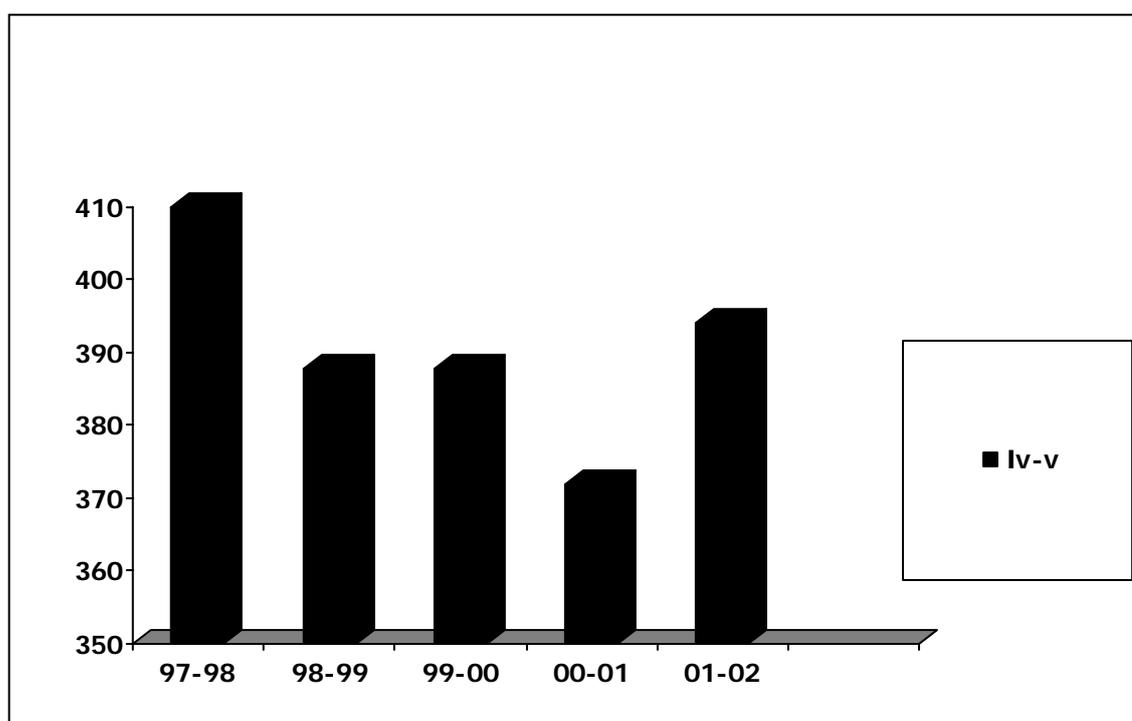
Graphique n°3.22 : Taux de fécondité du troupeau durant les cinq campagnes

3.4.1.6 Les intervalles vêlage-vêlage (V-V) au cours des cinq campagnes :

L'intervalle vêlage-vêlage moyen de toutes les campagnes est de l'ordre de 390 jours. Il est légèrement au dessus de l'objectif (380 jours). L'intervalle le plus long est noté durant la C1 (409,94 ± 85,25 jours) et le plus court est observé durant la C4 (371,86 ± 48,59 jours) (Tableau n° 3.34, graphique n°3. 23).

Tableau n°3.34 : Evolution des intervalles vêlage-vêlage (V-V) au cours des cinq campagnes

	Objectif	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	Moyenne (j)
Intervalle Vêlage-vêlage Moyen en jours (V-V)	330-380 jours	409,94± 85,25	387,9±70,71	387,85± 71,02	371,86±48,59	394±92,9	390,31± 13,70



Graphique n°3.23: Evolution de l'I (V-V) au cours des cinq campagnes.

CHAPITRE 4

DISCUSSION DES RESULTATS

4.1. Alimentation des vaches laitières :

4.1.1. Analyse des aliments constituant la ration :

Durant la période d'étude, nous avons procédé à l'analyse des différents aliments qui ont été distribués aux vaches laitières et ceci depuis les mois d'Octobre 2001 jusqu'au mois de Septembre 2002 c'est-à-dire durant toute une campagne.

Selon les résultats présentés dans le tableau n° 3.22, il apparaît que :

La teneur en matière sèche (MS) du fourrage sec se situe dans les normes [41]. Celle du concentré est un peu élevée au maximum indiqué par SOLTNER [252] (85%). Tandis que les taux de matière sèche du fourrage vert et de l'ensilage sont dans les normes ([253], [252]). DEMARQUILLY [254] tolère un taux de matière sèche d'environ 35% dans l'ensilage. Les valeurs de matière sèche du fourrage vert et du fourrage sec sont proches de celles citées par l'ITEBO à BABA-ALI [255] (18% et 92% respectivement).

Le taux de matières azotées totales (MAT) dans le fourrage sec se situe dans la fourchette rapportée par ANDRIEU [256] 5 à 24 % de MS. Concernant le sorgho fourrager, nos résultats sont très éloignés de ceux trouvés par ITEBO à BABA-ALI qui sont de 8 % et différents de ceux de l'Inra France (1988) (12 %). Par contre, ils se situent dans la fourchette citée par MARTIN et al [257] (9% à 19% de matière sèche).

L'ensilage présente un taux de MAT très éloigné de celui indiqué par Inra France (1988) (même stade de coupe (8%)) mais se situe dans la fourchette citée par MARTIN [257]

Pour la matière grasse (MG), les teneurs en matière grasse sont similaires dans tous les aliments et elles varient de 0,5 à 1%.

Pour les fourrages, MORAND – FEHR [258] rapportent une teneur comprise entre 2 et 12 %.

Nos résultats concernant le concentré se trouvent rapprochés de ceux cités par MORAND – FEHR [258]. D'une façon générale, la fraction lipidique est peu importante dans la ration des ruminants ([259], [177]) et le dosage de la matière grasse est surtout nécessaire pour les aliments concentrés et les produits d'origine animale [37].

Pour les matières minérales ou cendres (MM), l'ensilage comprend la plus forte teneur qui est de 18,4 % tandis que le fourrage vert et le fourrage sec présentent des teneurs plus basses qui sont respectivement (11 % et 7 %) mais qui sont similaires à celles rapportés par JARRIGE [260]. ANDRIEU et DEMARQUILLY [256] rapportent une teneur de 8% de MS des cendres dans une étude faite sur 520 types de fourrage sec.

Cette variation de la teneur en matière minérale totale des fourrages dépend de plusieurs facteurs à savoir : le stade de végétation de la plante, son appartenance botanique, les conditions de la récolte, de conservation et les conditions de milieu.

L'aliment concentré comprend le taux le plus faible (3,6 %). La composition minérale du concentré se trouve beaucoup moins variable que celle des fourrages et peu sensibles aux facteurs de milieu et de fertilisation dans le cas des grains et des graines, mais pour les sous-produits de transformation agro-industrielles, elle est liée à la composition du produit de départ et aux techniques utilisées [260].

Pour la cellulose brute (CB), le taux est semblable pour le fourrage vert et le fourrage sec (35% et 34,5 % respectivement) mais il est moins élevé dans le concentré et l'ensilage (25 % et 29,5 % respectivement).

Les résultats de notre étude concernant le fourrage sec sont proches de ceux trouvés par [256]

Les teneurs du fourrage vert et du fourrage sec en cellulose brute sont un peu élevés par rapport au maximum rapporté par MARTIN [257] (30 %).

Pour les fourrages, WOLTER [54] préconise un taux de cellulose brute supérieur ou égale à 15 -17% dans la matière sèche puisque les fourrages trop celluloses dépriment triplement les apports énergétiques par les baisses cumulées de l'ingestibilité, de la digestibilité et ceci survenant surtout en début de lactation. La digestibilité d'un fourrage est d'autant plus faible que son taux de cellulose brute est élevé, donc que la plante est plus âgée ([30], [253], [252]).

Les résultats de notre étude concernant le fourrage vert (sorgho au même stade de coupe : début épiaison) sont supérieurs à ceux trouvés par ITEBO à BABA – ALI en Algérie (29,7g/Kg MS) et à ceux de l'INRA, France (1988) (30,4 g/Kg de MS).

Pour l'ensilage, nos résultats sont élevés par rapport à ceux indiqués dans les tables de l'INRA (1988) (20 g/Kg de MS).

Pour la teneur en minéraux :

a. Les macro-éléments :

Le calcium (Ca) :

L'ensilage présente la teneur la plus forte en Ca qui est de 26,25g/Kg MS. Celle-ci est très élevée comparativement à celles trouvées dans les autres types d'aliments. La teneur en calcium des fourrages présente une plage de variation très vaste : 0,4 à 71g/Kg MS [261]. Les valeurs trouvées dans notre étude sont dans l'intervalle cité par LITTLE [261] ; elles varient de 4 à 26g/Kg MS.

L'aliment concentré présente une teneur en calcium de 3g/Kg MS qui est dû à sa composition. Il contient les grains de céréales et les graines oléoprotéagineuses ; ces derniers présentent en général une teneur qui varie de 1,5 à 3g/Kg MS tandis que les grains de céréales présentent moins de 1 g/Kg MS. [260].

Le phosphore (P) :

Dans le fourrage sec, la teneur en phosphore est très basse dans notre échantillon. Elle est très loin de celle rapportée par SOLTNER [32] qui cite un taux de 1,7 g/Kg MS. Les valeurs trouvées par ITEBO à BABA – ALI, varient entre 0,86 et 1,6 g/Kg MS. Cependant Gueguen, 1974 (cité par SOLTNER [252]) indique que des teneurs en phosphore inférieures à 1,5g/Kg MS caractérisent les foins très mauvais.

Dans le fourrage vert, nos résultats concernant cet élément sont proches de ceux rapportés par FARDEAU [166], inférieurs à ceux cités par l'Inra- France (1988) : 3g/Kg MS et de ceux cités par l'ITEBO à BABA – ALI : 2,9g/Kg MS (même stade de coupe : début épiaison) mais ils sont dans la moyenne rapportée par JARRIGE [260]). Ils indiquent que la teneur en phosphore des fourrages varie de 0,2 à 7g/Kg de matière sèche.

Dans l'ensilage, la teneur en phosphore est très loin de celle indiquée dans les tables de l'Inra (1988) et est inférieure à celle citée par JARRIGE et al [260].

Le magnésium (Mg) :

D'une façon générale, les taux obtenus sont dans la moyenne rapportée par LITTLE [261]. Les fourrages ont une fourchette de variation de 0,3 à 10g de magnésium par Kg de matière sèche.

Le potassium (K) :

Nos résultats montrent que le potassium est présent dans tous les fourrages avec une quantité suffisante. JARRIGE [260] donne une teneur qui varie de 10 à 60g/Kg MS. En général, les fourrages sont bien pourvus en potassium. Il faut noter que l'ensilage présente la teneur la plus faible (11,88 g/Kg MS)

Le sodium (Na) :

Les fourrages présentent des teneurs normales comme il est indiqué par LITTLE [261]. La concentration minimale recommandée pour le taux du sodium dans les fourrages est de 1,3 – 1,8g/Kg MS ([262], [263])

b. Les oligo-éléments :

Le cuivre (Cu) :

La teneur en cuivre dans le fourrage sec se trouve inférieure à la limite de carence indiquée par LAMAND [264] et apparemment la digestibilité et la rétention en Cu se trouvent fortement diminués par le broyage des aliments [265] ; dans les autres fourrages elle est

dans les normes. SOLTNER [32] indique une fourchette de 6,6 – 14,7 ppm du cuivre dans le sorgho fourrager. Les foins sont généralement pauvres en cuivre [30].

L'aliment concentré présente une teneur supérieure à celle trouvée dans les fourrages du fait de sa composition dont il contient 14% de la Féverole ; ce dernier est très riche en cuivre [32].

Le Zinc (Zn) :

Dans le fourrage vert, le taux du zinc se trouve un peu élevé à la limite inférieure citée par SOLTNER [32]

Nos résultats montrent que tous les fourrages sont carencés en zinc, selon les données de LAMAND [264] qui fixe la limite de carence à 45 ppm, surtout pour le fourrage sec qui présente une teneur très faible (5,5 ppm). Le broyage diminue la digestibilité et la rétention du zinc [165].

Le concentré est plus riche en cet élément par rapport aux fourrages comme il est indiqué par RIVIERE [40].

Le Manganèse (Mn) :

On note toujours une faible teneur du fourrage sec en manganèse. Les autres aliments présentent des valeurs qui sont dans les normes citées par LAMAND [265]. Les teneurs en cet élément dans les fourrages et les grains selon RIVIERE [40] sont respectivement de 50 à 150 mg/Kg de MS et 15 à 50 mg/Kg de MS.

Le cobalt (Co) :

Les taux du cobalt trouvés dans les fourrages et le concentré sont différents de ceux de LAMAND [264] mais ils se trouvent dans les normes sachant que la limite de carence est de : 0,07 mg/Kg MS, et la limite de toxicité est de : 100 mg/Kg MS.

4.1.2. La ration alimentaire :

4.1.2.1. La ration distribuée aux vaches laitières durant le mois d'Octobre :

Selon les résultats présentés dans le tableau n°3.25, on note qu'il existe un déficit en azote de 2,72 Kg de lait qu'il faut corriger.

Le correcteur proposé est le Tourteaux d'Arachide 48 (T.A.48) (appendice F) dont la quantité à ajouter est de 0,593 Kg de MS ou 673,8 g de produit brut pour combler un déficit de 2,72 Kg de lait.

La quantité ajoutée va assurer une production supplémentaire de 1,52 Kg de lait pour les UFL et 4,26 Kg de lait pour les PDIN. Les quantités de lait permises par la rations corrigée sont de 18,64 Kg de lait pour les UFL et 18,66 Kg de lait pour les PDIN.

L'apport recommandé en Ca et P (g/j) selon la production de lait permise par les UFL de la ration corrigé est de 55 g pour le P et 100 g pour le Ca pour une production de lait supérieure à 15 Kg.

Selon nos résultats, la ration corrigée apporte 9,77g de P et 110,88g de Ca. La ration corrigée est déficitaire en phosphore. Il faut ajouter un complément minéralo-vitaminique adéquat.

L'ingestibilité (3,2) est dans les normes, l'encombrement est un peu élevé : il est de 1,52 ; l'équilibre protidoénergétique (85,07), l'équilibre (PDIE – PDIN)/UFL (19,09) et le rapport phosphocalcique (18,74) sont loin de la valeur normale indiquée par WOLTER [54]. On note aussi que le pourcentage du concentré est très faible, il est de 27%.

4.1.2.2 La ration distribuée aux vaches laitières durant le mois de Novembre (2001) :

Le tableau n°3.26 montre que la ration est déficitaire en énergie et ce déficit est de 1,83 Kg de lait qu'il faut le combler.

Nous avons proposer comme correcteur le maïs en grain (appendice B) dont la quantité à ajouter est de 1,55 Kg de matière sèche ou 1802,32 g de produit brut.

La quantité supplémentaire permettra de produire 4,47 Kg de lait pour les UFL et 2,65 Kg de lait pour les PDIN. Cependant, les quantités de lait permises par la ration après correction sont de 19,19 Kg de lait pour les UFL et 19,2 Kg de lait pour les PDI.

L'ingestibilité (3,12) est dans les normes. L'encombrement (1,53) et l'équilibre (PDIE-PDIN)/UFL (85,07) sont un peu supérieurs aux maximums tolérés. L'équilibre protido-

énergétique (19,09) est inférieur aux normes [38]. Le rapport phosphocalcique (18,74) est très loin de la valeur souhaitée indiquée par le même auteur.

4.1.2.3 La ration distribuée aux vaches laitières durant les mois de Décembre (2001), Janvier, Février et Mars (2002) :

Les résultats obtenus (Tableau n°3.27) montrent qu'il existe un déficit en énergie de 1,43 Kg de lait.

Le correcteur que nous avons proposé est le maïs en grain (pour la méthode de correction voir appendice F). Il faut ajouter 1,21 Kg de MS de maïs en grain pour combler un déficit en énergie de 1,43 Kg de lait, cette quantité va apporter une production supplémentaire de 3,5

Kg de lait pour les UFL et 2,06 Kg de lait pour les PDIN.

Ainsi les productions permises par la ration corrigée sont de 17,63 Kg de lait pour les UFL et 17,62 Kg de lait pour les PDIN.

L'apport recommandé en Ca et P (g/j) selon la production de lait permise par les UFL de la ration corrigée est de 55g pour le P et 100g pour le Ca pour une production de lait supérieure à 15 Kg. La ration corrigée apporte 146,12g de calcium et 9,37 g de phosphore ; on note qu'elle est toujours déficitaire en phosphore et il faut ajouter un complément minéralo- vitaminique (CMV) convenable.

L'ingestibilité (3,04) est dans les normes, l'encombrement (1,53) est un peu supérieur au maximum souhaité, l'équilibre protido-énergétique (93,46) est inférieur à la valeur normale définie par WOLTER [54], l'équilibre (PDIE – PDIN)/ UFL (13,85) et le rapport phosphocalcique (Ca/P) (28,35) sont très élevés par rapport aux normes.

4.1.2.4 La ration distribuée durant les mois d'Avril, Mai et Juin (2002) :

Selon le tableau n°1.28, on note qu'il y a un déficit en matières azotées de la ration de 1,57 Kg de lait (UFL – PDIN = 14,97 – 13,40 = 1,57 Kg de lait). Il est nécessaire donc de corriger cette ration pour ajuster les productions permises par les UFL et les PDI. Nous avons proposé un correcteur azoté qui est le Tourteaux d'Arachide 48 (appendice F). Il faut

apporter 0,342 Kg de MS de T.A.48, soit 388,6 g de produit brut, pour combler un déficit de 1,57 Kg de lait. Cette quantité ajoutée va permettre une production supplémentaire de 0,88 Kg de lait pour les UFL et 2,46 Kg de lait par les PDIN, ajoutées aux quantités de lait produit par la ration distribuée, on aura une production de lait de la ration corrigée de 15,85 Kg de lait pour les UFL et 15,86 Kg de lait pour les PDIN. On note que la ration corrigée reste toujours déficitaire en phosphore. Il faut ajouter un complément minéralo-vitaminique adéquat.

Les paramètres d'appréciation de la ration durant cette période montrent que l'ingestibilité (3,1) est dans les normes ; l'encombrement (1,52) est un peu élevé au maximum accepté qui est de 1,3. L'équilibre protido-énergétique (83,48), l'équilibre (PDIE – PDIN)/ UFL (20,10) et le rapport phosphocalcique (Ca/P) (20,36) se trouvent loin de la valeur normale citée par WOLTER [54]. On note aussi que la proportion du concentré dans la ration est d'environ de 32% et est inférieure à la limite tolérée qui est de 45% [54].

On a aussi noté que la quantité de lait réellement produite (12,24 Kg/VL/j) durant cette période est différente de celle permise par la ration (14,97 Kg/j/ VL), pour les UFL.

4.2. Paramètres biochimiques :

4.2.1. Glycémie :

La moyenne de la glycémie est de $0,56 \pm 0,174$ g/l à j_0 , $0,46 \pm 0,074$ g/l à j_{15} et $0,53 \pm 0,142$ g/l à j_{45} . Elle a diminué de j_0 à j_{15} , ensuite elle a retrouvé un taux normal à j_{45} .

En comparant nos résultats avec ceux des autres auteurs, il ressort que la moyenne de la glycémie est :

- Inférieure à celle rapportée par PELLETIER [194] : 0,62 – 0,63 g/l, et un peu élevée par rapport à celle obtenue par BELKHIRI [266] qui est de $0,495 \pm 0,07$ g/l et ceci à j_0 .
- Similaire à celle observée par BENMAKHLOUF [267] : $0,47 \pm 0,03$ g/l, à j_{15} .
- Proche à celle enregistrée par SAHRAOUI [268] : $0,56 \pm 0,11$ g/l et par WOLTER ([38]4 et [54]) : 0,5 – 0,6 g/l ; et ceci à j_{45} .

La valeur de la glycémie est le reflet du déficit énergétique. Cependant VAGNEUR [62] indique qu'en début de lactation, cette valeur doit être comprise entre 0,50 à 0,55 g/l ce qui est le cas dans notre étude.

L'hyperglycémie observée au moment du vêlage et plus particulièrement chez certaines vaches (0,85 g/l et 0,83 g/l) pourrait être dû au stress lors des prélèvements.

4.2.2. Cholestérolémie :

La valeur moyenne du cholestérol est de : $1,03 \pm 16$ g/l à j_0 , $1,37 \pm 0,21$ g/l, j_{15} et de $2,097 \pm 0,321$ g/l à j_{45} .

Le taux moyen du cholestérol à j_{45} est proche de ceux obtenus par KAYOUECHE [269] et SAFSAF [270] par contre les taux notés à j_{15} sont en accord avec ceux cités par BURGÈRE- PICOUX [89] : 0,5 à 1,5 g/l.

4.2.3. Triglycéridémie :

Elle est de $0,16 \pm 0,04$ g/l à j_0 , de $0,16 \pm 0,05$ g/l à j_{15} de $0,14 \pm 0,036$ g/l à J_{45} . Nos résultats durant toutes les périodes sont plus faibles que ceux cités par RICO et al cité par RUCKEBUSCH [217], ROSENBERGER [210], De la FARGE [216], BELKHIRI [265]; KAYOUECHE [269] et SAFSAF [270].

On pourrait expliquer cette hypotriglycéridémie par une diminution du taux d'oestrogènes durant cette période du moment que les vaches n'expriment pas ou expriment mal leurs chaleurs (déficit en phosphore) parce que TURNWALD et WILLARD [271] estiment que les oestrogènes provoquent une augmentation du taux des triglycérides.

D'un autre côté, les triglycérides sont utilisés pour la synthèse des acides gras du lait dont ils constituent 98% de la matière grasse du lait [100] ce qui peut expliquer l'hypotriglycéridémie.

4.2.4. Urémie :

L'urée plasmatique provient soit de l'ammoniac ruminal soit du catabolisme des acides aminés [149].

L'urémie augmente de 0,23 g/l à 0,33 g/l de j_0 à j_{45} .

Nos résultats à j_0 sont :

- Proches de ceux obtenus par : GUEDON [207] = $0,22 \pm 0,10$ g/l dans le cas des vaches en stabulation ; [269] : $0,21 \pm 0,10$ g/l ; [268] : $0,21 \pm 0,07$ g/l ; [191] : 0,24 g/l ; [89] : 0,25g/l.
- Supérieurs à ceux rapportés par ROWLANDS [272] : 0,14 g/l

La moyenne de l'urémie enregistrée à j₁₅ et j₄₅ se situe dans la fourchette indiquée par VERRIELE [199] : 0,20 – 0,35 g/l.

4.2.5. Protéïnémie :

La protéïnémie augmente progressivement de j₀ à j₁₅. A j₄₅, le taux des protéines totales est légèrement inférieur à celui observé à j₁₅.

La protéïnémie moyenne à j₀ s'accorde avec celle rapportée par PAYNE [190] : 71,1g/l. A j₁₅ et j₄₅, elle est proche de celle notée par BELKHIRI [266] mais est supérieure à celle de SAUVANT [273] : 76,3g/l.

L'hypoprotéïnémie peut être dûe à une sous-nutrition azotée ou encore lors de maladies parasitaires [165]. Celle observée en début de lactation est toujours associée à une diminution du taux d'albumine [232] et elle est observée aussi lors de dysfonctionnement hépatique (stéatose hépatique modérée) [245].

L'augmentation de la protéïnémie chez les vaches est la conséquence d'un processus inflammatoire [274].

4.2.6. Calcémie :

La valeur moyenne de la calcémie enregistrée à j₀: $74 \pm 7,61$ mg/l est en dessous de la limite inférieure indiquée par VERRIELE et BEDOUE [199], tandis que celle observée de j₁₅ à j₄₅ se situe dans l'intervalle rapporté par plusieurs auteurs: PAYNE [190], MICHEL [191] ROWLANDS [272], MANSTON,[275], BRUGERE-PICOUX [89], WOLTER [54]. Nous avons noté que la ration distribuée est toujours excédentaire en calcium. A la mise bas les taux du Ca et P tombent habituellement jusqu'à des valeurs de l'ordre de 70 mg/l de sérum (l'hypocalcémie et l'hyposphosphatémie physiologiques) pour revenir à la normale au cours de 2 à 4 semaines suivant le vêlage [210], c'est le cas de notre étude.

4.2.7. Phosphorémie :

La phosphorémie à j_0 de 37,77 mg/l est beaucoup plus faible que celle obtenue par BELKHIRI [266] à la même période qui est de : 68 ± 8 mg/l mais elle se situe dans la fourchette indiquée par MICHEL [192] : 37 à 61 mg/l et WOLTER [54]: 36 à 72 mg/l.

Nos résultats à j_{15} et j_{45} sont plus bas que ceux de SAHRAOUI [170]: $69,30 \pm 14,2$ mg/l. Cette baisse de la phosphorémie pourrait être expliquée par le fort déficit en phosphore de la ration distribuée et même par manque de la pierre à lécher durant la période d'étude.

4.2.8. Magnésémie :

Nos résultats concernant cet analyte montrent que les vaches souffrent d'une hypomagnésémie de j_0 à j_{45} : $10,14 \pm 3,08$ mg/l à j_0 , $12,66 \pm 4,79$ à j_{15} , $16,67 \pm 4,31$ mg/l à j_{45} . Les taux du magnésium sont loin de la valeur normale (18-30mg/l) [199]. Mais on a noté une augmentation progressive des taux de j_0 à j_{45} .

Du moment que le magnésium n'est que peu disponible dans l'organisme et que sa mobilisation à partir des os est très limitée, l'hypomagnésémie semble être due à une carence en cet élément dans l'alimentation ou encore par une diminution de l'absorption de cet élément [210].

4.2.9. Natrémie, Kaliémie :

Les moyennes de la natrémie observées sont de $145 \pm 4,3$ Meg/Litre à j_0 , $140 \pm 4,14$ Meg/l à j_{15} et 139 ± 7 à j_{45} . Elles sont identiques à celles obtenues par BELKHIRI [266] aux mêmes périodes.

Le taux moyen du potassium noté à j_0 , j_{15} et à j_{45} se situe dans la fourchette indiquée par [240].

4.2.10. Fer sérique :

Les taux moyens de fers sériques enregistrés à j_0 , j_{15} et j_{45} sont inférieurs aux normes physiologiques [54].

4.2.11. Bilirubinémie totale :

La bilirubinémie est supérieure au taux cité par VERRIELE et BEDOUET [199] à j_0 , et normal à j_{15} et à j_{45} . Nos résultats sont inférieurs à ceux observés par BELKHIRI [266] aux mêmes périodes (j_0 , j_{15} , j_{45}).

Lors d'hyperbilirubinémie, le taux peut être supérieur à 4 mg/l, ce phénomène est rencontré lors d'une carence alimentaire ou encore dans les semaines autour du part. [210].

4.2.12. Créatininémie et Transaminases :

La valeur moyenne de la créatininémie est de : $15,1 \pm 2,42$ mg/l à j_0 , $15 \pm 5,3$ mg/l à j_{15} et $12 \pm 1,8$ mg/l à j_{45} .

A j_0 elle est proche de celle indiquée par BELKHIRI [266] et similaire à j_{15} et à j_{45} à celle de BRUGERE-PICOUX [89]

D'une manière générale, la créatininémie est considérée comme normale [214].

Pour les transaminases, les valeurs moyennes de l'ASAT et de l'ALAT se situent dans les fourchettes indiquées par VERRIELE [199]; BRUGERE-PICOUX [235].

4.3. Evaluation des bilans de la reproduction :

4.3.1. Fécondité :

4.3.1.1 L'intervalle vêlage – première saillie (IV – S₁) :

D'une manière générale, et durant toutes les campagnes la mise en reproduction des vaches dans ce troupeau est dans les normes dont l'intervalle vêlage – première saillie moyen est de 72,72 jours. Comparée aux moyennes des autres auteurs, cette valeur apparaît proche de celle citée par LAKHIDISSI [276] de 89,5 jours au Maroc, FRANCOIS et MAYER [277] de 74 à 79 jours et celle de CHARRON [278] qui est de 81,7 jours.

Nos résultats concernant cet intervalle se trouvent très loin de ceux rapportés par ABBACI [279] dans la région d'Annaba et BELKHIRI [266] dans la région de Sétif qui sont de 122 jours et 166,78 jours respectivement.

La mise en reproduction des vaches, dans cette ferme était toujours précoce et cette précocité s'explique par le suivi régulier des vaches laitières après le vêlage pour mieux

détecter les premières chaleurs et donc pour une mise en reproduction au moment opportun.

Traité par campagne, le pourcentage des vaches avec un intervalle V-S₁ supérieur à 90 jours durant la dernière campagne (2001 – 2002) est plus élevé que celui observé durant la campagne précédente (2000 – 2001) ; il est de 19,04%.

Ce pourcentage élevé pourrait être expliqué par la qualité de la ration distribuée aux vaches laitières durant la dernière campagne, dont elle est déficitaire en phosphore et en énergie.

4.3.1.2 L'intervalle vêlage – saillie fécondante (IV-SF) :

L'intervalle V-SF moyen enregistré pour toutes les campagnes est très loin de l'objectif souhaité, il est environ 114 jours.

Nos résultats montrent que la valeur moyenne de l'intervalle vêlage – saillie fécondante est proche à celle trouvée par CHEVALLIER et CHAMPION [280] qui sont de 105 jours. Elle est inférieure à celle obtenue par KAYOUECHE [269] ; BELKHIRI [266] et SAHRAOUI [268] ; 164,70 jours ; 182,62 et 184,21 jours respectivement.

De plus, on a observé que le pourcentage des vaches fécondées dans un délai supérieur à 110 jours durant les cinq campagnes dépasse largement les normes ; il est de l'ordre de 41% et que ce pourcentage est le plus élevé durant la dernière campagne (2001-2002) où il est de 47,61 % (l'objectif souhaité est de 15%). Un intervalle V-SF allongé pourrait s'expliquer soit par :

- Des chaleurs silencieuses, un oestrus anovulatoire [37];
- Une mauvaise détection des chaleurs [281] ;
- Une absence de fécondation ou une mortalité embryonnaire [124].

4.3.1.3 L'intervalle vêlage – vêlage : (IV-V)

L'intervalle V-V moyen obtenu pour toutes les campagnes est de 390,31 jours.

La moyenne de l'intervalle vêlage – vêlage enregistrée à la dernière campagne est plus élevée que celles des trois campagnes précédentes. Elle est de 394 jours qui dépasse les normes de SOLTNER [11] de + 14 jours.

Nos résultats pour cette campagne (2001 – 2002) $394 \pm 92,9$ jours sont proches de ceux obtenus par BANAICH [282], KAYOUECHE [269], SRAIRI et KESSAB [283] qui sont de $397,6 \pm 4,7$ jours et $391 \pm 79,67$ jours et 391 ± 19 jours respectivement. Ils sont inférieurs de ceux rapportés par SAHRAOUI [268] et JANDAL [284] qui sont respectivement de 487,87 j et 480 jours.

L'intervalle vêlage–vêlage est directement lié à l'intervalle vêlage–saillie fécondante.

4.3.2. Fertilité :

4.3.2.1 Taux de réussite en première saillie : (TRS_1) :

Le taux moyen de réussite à la première saillie est de l'ordre de 57 % durant toutes les campagnes confondues ; il est inférieur aux normes.

Ce taux est de l'ordre de 66,6 % pour la campagne (97 – 98) ; 60,86% pour la campagne (98 -99) et 60% pour la campagne (00-01) est dans les normes zootechniques : 60% ([1], [285]).

Un taux de l'ordre de 50 % et de 47,6 % enregistré respectivement dans les campagnes (99 -00) et (2001 – 2002), est inférieur aux normes zootechniques requises (>60%).

Le taux enregistré durant la campagne (99-00) est proche de ceux cités par : LAKHDISSI [276] au Maroc HAFIANE et LARFAOUI [286] dans la région d'Annaba ; BENABDELAZIZ [287] dans la région de Sidi Bel Abbes, BELKHIRI [266] dans la région de Sétif qui sont de 55,6% ; 51,31% ; 50% ; 54,54% respectivement.

On a noté une diminution de 12,4% de ce taux et ceci de la campagne (2000-2001) à (2001-2002). Celui noté durant la dernière campagne (2001-2002) : 47,6% est proche de celui indiqué par BENABDELAZIZ [287] : 49% dans la région de BLIDA (Baba-Ali : ORLAC). Un faible taux de réussite était toujours associé au déficit énergétique. Ce dernier est inévitable chez la vache laitière au début de la lactation mais lorsqu'il dure longtemps il est souvent associé à la mortalité embryonnaire tardive [160] et ceci par manque de la progestérone en quantité suffisante durant les cycles oestriques [97], [124], [109]).

4.3.2.2 Pourcentage de vaches nécessitant 3 saillies et plus :

Ce taux variant de 9,52 % à 20% avec une moyenne de 14,84 pour toutes les campagnes confondues, semble dans les normes.

Durant les campagnes (97-98) et (99-00), ce pourcentage (16,66% et 15% respectivement) est légèrement supérieur aux normes zootechniques : < 15% (LOISEL [1] ; BARTELET [285]) par contre celui enregistré durant la campagne (00-01) dépasse largement l'objectif ; il est de 20%. Ce taux est proche de celui rapporté par SAHRAOUI [268] qui est de 20,38%.

Le meilleur taux observé durant les cinq campagnes est celui de la dernière campagne (2001-2002) ; il est de 9,52% ; et proche de celui observé par BELKHIRI (266] qui est de 9,59%.

DENIS [288, 289] considère comme inévitable un certain nombre de cas de mortalité embryonnaire précoce, et comme normale quelques inséminations réalisées à un mauvais moment ; ce qui laisse tolérer un taux maximal de 15% de vaches inséminées 3 fois et plus. D'autres auteurs ont rapporté des variations du pourcentage des vaches nécessitant 3 saillies et plus de 10 à 18% ([225], [290]).

Durant la période d'étude on a noté une diminution de plus de 0,5 point de l'état corporel chez plus de la moitié des vaches (55,55 %) et ceci de j_0 : le jour du vêlage à j_{45} post-partum. Cette diminution du BSC (Body Scoring Condition) est le reflet de la mobilisation des réserves corporelles et donc du déficit énergétique qui a été observé durant cette période en faisant l'étude de la ration distribuée. BENAICH [282] ont constaté que, dans de telles conditions, les intervalles vêlage-conception et vêlage-vêlage ont tendance à être augmenté. Ce qui est le cas dans notre étude.

CONCLUSION

Notre travail réalisé au niveau de la ferme pilote KADRI BRAHIM, commune d'EL KHROUB et ayant porté sur l'étude de ressources fourragères accompagnée de l'analyse alimentaire et du calcul de la ration, des paramètres de reproduction et du profil métabolique a permis d'apporter les renseignements suivants :

1. Par rapport à l'alimentation :

- La ration est déficitaire en énergie et en azote en fonction des périodes de l'année.
- Un déséquilibre du rapport phospho-calcique avec un fort déficit en phosphore confirmé par une hypophosphatémie.

2. Par rapport à la reproduction :

- La fertilité et la fécondité diffèrent d'une campagne à une autre mais restent tout de même en de ça des normes.
- La fertilité n'est bonne que durant la 2eme campagne (C2).
- La fécondité est très mauvaise durant les campagnes C3 , C4 et C5.
- L'intervalle vêlage-vêlage est moyen.
- L'intervalle vêlage-première saillie est dans les normes, d'une façon générale.
- L'intervalle vêlage-saillie fécondante est très loin de l'objectif visé.
- Le pourcentage des femelles nécessitant trois saillies et plus est meilleure durant la dernière campagne (C5).
- Le taux de réussite à la première saillie est en de ça des normes surtout au cours de la C5.

3. Par rapport au profil métabolique :

- Une hypocalcémie et une hypophosphatémie associée à une hypomagnésémie durant le post-partum.
- La sidérémie est inférieure à la valeur normale chez toutes les vaches.

RECOMMANDATIONS

Les performances de la ferme en nature d'élevage bovin pourraient connaître un développement considérable si les dispositions suivantes sont prises :

- Utilisation rationnelle de la surface agricole
- Production d'espèces fourragères appropriées compatible avec l'analyse du sol de l'exploitation
- Appliquer correctement le rationnement pour répondre strictement aux besoins des vaches selon leur stade physiologique
- Réaliser la bonne conservation des fourrages (foin et ensilage) pour éviter les variations de la composition chimique et la valeur nutritive des aliments.
- Séparer les vaches selon leur stade physiologique et leur potentiel génétique évitant le régime du « plat unique » et proposer la création d'étables spécifiques.
- Application des techniques modernes de gestion de reproduction à savoir : l'emploi de Biotechnologie dans le domaine vétérinaire tels que la synchronisation des chaleurs, la maîtrise des cycles, l'insémination artificielle et le transfert d'embryons.

APPENDICE A
PROPHYLAXIE SANITAIRE

OPERATIONS	VACCINS ET PRODUITS	MALADIES	PERIODE DE TRAITEMENT
Tuberculisation dépistage	test	Tuberculose	1 fois /an
dépistage	Prélèvement	Brucellose	1 fois/an
Vaccination	Anti-aphteux	Fièvre aphteuse	MARS - AVRIL
Vaccination	Anti-charbonneux	Charbon	MARS - AVRIL
Déparasitage interne et externe	IVOMEK	Parasitaires	Mai et OCT
Pulvérisation	Sébacil	Parasitaires	Mai et SEP
Désinfection	Chaulage	Etables	Mai et JUIN
Désinfection	Diphatrexe	Etables	Mai et SEP

APPENDICE B
LES CATEGORIES D'ANIMAUX : COMPAGNE (2001 – 2002)

	Velles		Génisses		V	Veaux		Taurillons		Taureaux	Total
	0/3	3/6	6/12	12/18	L	0/3	3/6	6/12	12/18		
30-09-01	04	02	03	22	28	02	01	05	05	02	74
30-09-02	02	03	10	15	39	02	04	12	11	02	100

VL : vache laitière

APPENDICE C

DOSAGE DES MACRO-ELEMENTS

1. Dosage du phosphore :

Le dosage du phosphore s'effectue par spectrométrie d'absorption atomique

1.1 Principe : En solution acide, en présence d'ions V^{5+} et MO^{6+} , l'acide phosphorique donne un complexe phosphovanadomolybdique jaune, dont la densité optique est mesurée spectrophotométriquement à 430 m μ

1.2 Réactifs :

Réactif nitrovanadomolybdique préparé en mélangeant :

- a. 100 ml de molybdate d'ammonium à 5%
- b. 100 ml de vanadate d'ammonium à 2,5% : dissoudre 25 g de vanadate d'ammonium dans 500 ml d'eau chaude, ajouter 20 ml NO_3H ($d = 1,33$). Après refroidissement, amener à 1l.
- c. 67 ml de NO_3H ($d = 1,33$).
- d. Eau, quantité suffisante pour faire 500 ml :

Solution étalon de phosphore à 1 mg P/ml : Peser 0,439 g de phosphate monopotassique pur « pour analyse » (PO_4H_2K) et le dissoudre dans 100 ml d'eau.

Solution à 20 mg P/ml ; diluer 50 fois la solution précédente.

1.3 Mode opératoire :

- Introduire une prise d'essai de 5 à 10 ml dans un ballon jaugé de 25 ml.
- Ajouter 5 ml de réactif nitrovanadomolybdique.
- Compléter le volume avec de l'eau déminéralisée.
- Attendre 1 heure avant de passer au spectrophotomètre.
- Mesurer la densité optique à 430 m μ .

La coloration reste stable pendant plusieurs heures.

1.4 Etalonnage :

Les lectures sont comparées à celles données par une gamme étalon de phosphore traité dans les mêmes conditions et qui comprend généralement les teneurs suivantes :

$$0 - 2 - 4 - 6 - 8 - 10 - 12 \mu\text{g P/ ml.}$$

1.5 Calcul des résultats :

Soit :

P la prise d'essai en grammes

V le volume de solution minéralisée

n la concentration de P en $\mu\text{g/ml}$ dans la solution photométrée .

La teneur de phosphore en % de matière sèche est donnée par :

$$P\% = \frac{nx25xV}{10^5 xP}$$

2. Dosage du calcium :

2.1 Réactifs :

- Acide chlorhydrique concentré $d = 1,19$
- Solution mère de calcium : elle est préparée à partir de CaCO_3 et titre $1000 \mu\text{g Ca/ml}$; dissoudre $2,497\text{g CaCO}_3$ avec $50 \text{ ml d'H}_2\text{O}$ et 25 ml d' HCl , ajouter de l'eau déminéralisée, jauger à 1000 ml ;
- solution calcium à $100 \mu\text{g/ml}$: diluer 10 fois à l'eau déminéralisée la solution Ca $1000 \mu\text{g/ml}$;
- Solution mère de Lanthane : elle est préparée à partir de La 203 pour titrer à $15\% \text{ La}$; dissoudre $175,5\text{g}$ de La_2O_3 dans 185 ml HCl et de l'eau déminéralisée, jauger à 1000ml ;
- solution de Lanthane à 3% : diluer 200 ml de solution La 15% à 1000 ml à l'eau déminéralisée.

2.2 Etalonnage :

A partir des solutions précédentes, préparer la gamme selon les indications du tableau ci-dessous.

Ca g/ml	0	2,5	5	7,5	10
ml Ca $100 \mu\text{g/ml}$	0	2,5	5	7,5	10
ml HCl concentré	2	2	2	2	2
ml La 3%	10	10	10	10	10
	Eau déminéralisée pour faire 100 ml				

Longueur d'onde : 422,67 nm.

Exécuter la mesure spectrométrique en quatre répétitions.

Faire un essai à blanc.

3. Dosage du magnésium :

3.1 Réactifs :

- Acide chlorhydrique concentré $d = 1,19$;
- Solution mère de magnésium : ($Mg = 1000 \mu g/ml$) : dissoudre 1g de magnésium pur en ruban dans 10 ml HCl et 50 ml d'eau, ajouter de l'eau déminéralisée et jauger à 1000 ml ;
- solution magnésium à $100 \mu g/ml$: diluer 10 fois à l'eau déminéralisée la solution à $1000 \mu g/ml$.

3.2 Etalonnage :

Préparer une gamme de solutions selon les indications du tableau ci-dessous :

Mg $\mu g/ml$	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
ml Mg $100 \mu g/ml$	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
ml HCl concentré	2	2	2	2	2	2	2
	Eau déminéralisée pour faire 100 ml						

Longueur d'onde : 285,2 nm

Exécuter la mesure spectrométrique en quatre répétitions

Faire un essai à blanc.

4. Dosage du potassium et du sodium :

Le dosage de potassium s'effectue par spectrométrie de flamme.

4.1 Principe :

Les émissions spectrales du potassium et du sodium résultant de l'introduction de la solution de centres végétaux dans une flamme sont comparées à celles obtenues à partir de solutions synthétiques d'étalonnage.

4.2 Pour le potassium :

4.2.1 Réactifs :

- Acide chlorhydrique $d = 1,19$;

- acide chlorhydrique à 2%
- eau distillée
- solution étalon de base de potassium à 1 mg K/ml ; dissoudre 1,907g de KCl pur et séché 1 heure à 400°C dans un litre d'acide chlorhydrique à 2%.

(K = 1000 µg/ml).

Solutions d'étalonnage de potassium : préparer à partir de la solution précédente une gamme contenant :

0-50-75-100-125-150-175 et 200 µg K/ml en milieu HCl 2%.

4.3 Pour le sodium:

Solution de base de sodium à 1 mg Na/ml : dissoudre 2,5413g de NaCl chimiquement pur, sec dans un litre d'acide chlorhydrique à 1%.

Solutions d'étalonnage de sodium : préparer à partir de la solution précédente une gamme contenant : 0 – 10 – 25 – 50 – 75 – 100 Mg Na/ml en milieu HCl à 1% .

4.3 Mode opératoire :

Mesure spectrophotométrique du potassium :

- Diluer la solution de l'échantillon convenablement (2 à 10 fois) pour avoir K entre 50 et 200 µg/ml en milieu HCl à 2%.
- Régler la sensibilité du spectrophotomètre sur l'émission K 760 mµ pour avoir toute l'étendue de l'échelle avec la solution étalon à 200 µg K/ml et le zéro de l'échelle avec l'eau distillée ou l'étalon à 50 µg K/ml.

Mesure spectrophotométrique du sodium :

- Utiliser la solution de l'échantillon sans dilution,
- Régler la sensibilité du spectrophotomètre sur la raie Na 590 mµ pour avoir toute l'étendue de l'échelle avec la solution étalon Na à 100 µg/ml et le zéro de l'eau distillée.
- Photométrer successivement les solutions étalons, les solutions d'analyses et à nouveau les solutions étalons.

4.4 Calcul des résultats :

- Tracer la courbe d'étalonnage et déterminer la concentration en potassium de solutions inconnues soit : $n \mu\text{g/ml}$ la valeur trouvée.

P : poids de la prise d'essai en g, V le volume de la solution des cendres en ml, D la dilution de la solution à photométer.

La teneur en potassium (ou en sodium) en % de matière sèche est donnée par :

$$K\% = \frac{n \times DV}{10^4 \times P}$$

B. Dosage des oligo-éléments:

Le dosage du Mn, Cu, Zn et du Co est réalisé par spectrophotométrie d'absorption atomique.

Après la préparation de la gamme d'étalonnage dont la concentration varie de 0,1 ; 0,5 ; 1 ; 2 et 5, On effectue les lectures et on trace la courbe d'étalonnage. Ces éléments minéraux sont calculés en ppm de la matière sèche (MS) et selon les formules suivantes :

Pour le cuivre : $y = 0,0422 X + 0,0022$; $R^2 = 0,9998$

Pour le manganèse : $y = 0,0716 X + 0,0036$; $R^2 = 0,9995$

Pour le cobalt : $y = 0,0331 X + 0,0044$; $R^2 = 0,9995$

Pour le zinc : $y = 0,217 X - 0,0028$; $R^2 = 0,9999$

Soit : y : la concentration en ppm

X : Absorbance

R : coefficient de régression

APPENDICE D

CALCUL DE LA VALEUR NUTRITIVE

Les formules utilisées sont celles de l'INRA (1978).

1. Ancien système :

➤ valeur énergétique : UF

$$UF = \frac{2,36 \text{ MOD} - 1,2 \text{ MOND}}{1650}$$

$$\text{MOD} = \text{MOD} \times \text{DMO}$$

$$\text{MOND} = \text{MO} - \text{MOD}$$

UF : unité fourragère

MOD : matière organique digestible (en g)

MOND : matière organique non digestible (en g)

DMO : digestibilité de la matière organique (en %)

➤ valeur azotée : MAD

$$\text{MAD} = \text{MAT} \times \text{DMO}$$

MAD : matière azotée digestible

MAT : matière azotée totale

2. Nouveau système

➤ valeur énergétique : UFL

$$UFL = \frac{EM \times K1}{1700}, \quad UFV = \frac{EM \times KmF}{1820}$$

$$EM = 3,4 \text{ MOD} + 1,7 \text{ MAD}$$

$$K1 = 0,6 + 0,24(q - 0,57)$$

$$KmF = \frac{Km \times KF \times 1,5}{KF + 0,5Km}$$

$$Km = 0,287q + 0,554$$

$$KF = 0,78q + 0,006$$

$$q = EM/EB; EB = ED/dE$$

$$dE = 1,0087 DMO - 0,0377$$

$$ED = \frac{EM}{\frac{EM}{ED}}$$

$$\frac{EM}{ED} = 0,8286 - 0,0000877 CB - 0,000174 MAT + 0,0243 NA$$

UFL: unité fourragère lait par Kg de MS

UFV : unité fourragère Viande par Kg de MS

EM : énergie métabolisable en Kcal par Kg de MS

Kl : rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette pour la production laitière

KmF : rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette pour l'entretien et la production de viande

Km : rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette pour l'entretien

Kf : rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette pour la production de viande (ou engraissement)

q: rendement de l'énergie brute en énergie métabolisable

EB : énergie brute (Kcal/ Kg MS)

ED : énergie digestible (Kcal/ Kg MS)

dE : digestibilité de l'énergie

NA : niveau d'alimentation qui est égal à 1,7 pour les fourrages verts (INRA 1978)

➤ Valeur azotée :

$$PDIA = 0,65 \times MAT \times (1-S) \times dr$$

$$PDIN = PDIA + PDIMN$$

$$PDIE = PDIA + PDIME$$

$$PDIMN = MAT \times (0,196 + 0,364 S)$$

$$PDIME = 135 \times 0,8 \times 0,7 \times MOD$$

APPENDICE E
GRILLE DE NOTATION DE L'ETAT CORPOREL

Note						
Critère De note arrière	5	4	3	2	1	0
Base de la queue	Queue noyée dans rond de tissu gras	Absence de rond, masses graisseuses débordant largement la pointe des fesses	Queue bien dégagée Pointe des fesses couvertes mais non noyées	Pointe des fesses sans couverture	Ensemble de la tubérosité ischiatique perceptible	Le bassin est parfaitement visible
Ligament sacro-tubéral	Invisible noyé	A peine visible	Bien visible couvert, d'aspect épais et arrondi	Bien isolé légèrement couvert	Aspect en lame sec	Très sec
Note	5	4	3	2	1	0
Critère de note flanc						
Pointe de la hanche	Localisation précise de l'os impossible	Ilium apparent angle couvert	Ilium fait saillie, reste couvert	La crête n'est pas apparente angle bien vif	La crête devient visible	La crête est très visible
Apophyse transverse	Aucune structure repérable, creux du flanc comblé	Colonne vertébrée repérable	Bordure des apophyses transverses nette, angle non vif	Fait un angle vif on commence à pouvoir les compter	On peut les compter facilement	Bien individualisées

APPENDICE F
CORRECTION DE LA RATION

1. Ration d'Octobre (2001) Juillet, Août, Septembre (2002) :

Les quantités de lait permises par les UFL et les PDIN de la ration, exprimées en Kg sont différentes et sont désignées par (1) :

(1) : UFL = 15,56 Kg de lait ;

PDIN = 14,40 Kg de lait

UFL – PDIN = 15,56 – 14,40 = 1,16 Kg de lait

Il y a un déficit azoté de 1,16 Kg de lait.

Nous avons proposé comme correcteur le Tourteau d'Arachide 48 (T.A.48).

Un Kg de matière sèche de Tourteau d'Arachide 48 nous apporte :

UFL= 1,14 ; PDIN = 345 g ; Ca= 1,8 g ; P= 6,6 g.

La quantité de lait produite par les UFL est de 2,59 Kg ; et 7,18 Kg par les PDIN

Un Kg de MS de T.A.48	Comble un déficit	→	4,59 Kg de lait	} x = 0,25 Kg de MS ou 284,09 g de produit brut
x		→	1,16 Kg de lait	

Les 0,25 Kg de MS de T.A.48 apportent :

0,25 x 1,14 = 0,28 UFL et 0,25 x 345 = 86,25 g PDIN

Les 0,28 UFL permettent une production de lait de : 0,28/0,44 = 0,64 Kg de lait.

Les 86,25 g PDIN permettent une production de lait de : 86,25/48 = 1,79 Kg de lait.

On désigne par (2) les quantités de lait permises par le correcteur :

(2) : UFL:0,64 Kg de lait ; PDIN : 1,79 Kg de lait

La quantité de lait permise par la ration corrigée (1) + (2) est de :

UFL (1+2)= 15,56 + 0,64 = 16,2 Kg de lait

PDIN (1+2) = 14,40 + 1,79 = 16,19 Kg de lait

La ration corrigée apporte 7,51 g de P et 110,27 g de Ca

La ration corrigée est déficitaire en phosphore.

2. Ration du mois de Novembre :

La ration distribuée durant cette période permet une production de lait de 14,72 Kg de lait pour les UFL et 16,55 Kg de lait pour les PDIN.

Les productions de lait permises par la ration sont désignées par (A)

UFL – PDIN = 14,72 – 16,55 = -1,83 soit en valeur absolue 1,83

Il y a donc un déficit en énergie de 1,83 Kg de lait.

Le correcteur que nous avons proposé pour combler ce déficit est le maïs en grain.

Un Kg de matière sèche de maïs en grain donne :

UFL = 1,27 ; PDIN = 82 g ; Ca = 0,3g ; P = 3,5g

La quantité de lait produite par les UFL est de 1,27/0,44 = 2,88 Kg de lait

La quantité de lait produite par les PDIN est de 82/48 = 1,70 Kg de lait

Un Kg de matière sèche de maïs en grain comble un déficit de (UFL– PDIN) 1,18 Kg de lait.

Un Kg de MS de maïs en grain	Comble un déficit	→	1,18 Kg de lait	}	x = 1,55 Kg de MS ou 1802,32 g de produit brut
x	→		1,83 Kg de lait		

Les 1,55 Kg de MS de maïs en grain apportent :

1,55 x 1,27 = 1,97 UFL et 1,55 x 82 = 127,1 g PDIN.

Les 1,97 UFL permettent de produire : 1,97/0,44 = 4,47 Kg de lait

Les 127,1 g PDIN permettent de produire : 127,1/48 = 2,65 Kg de lait

On désigne par (B) les quantités de lait permises par le correcteur

(B) : UFL: 4,47 Kg de lait ; PDIN : 2,65 Kg de lait

(A) + (B) : représente la quantité de lait permise par la ration corrigée

On aura donc : (A) + (B) : UFL : 14,72 + 4,47 = 19,19 Kg de lait

PDIN : 16,55 + 2,65 = 19,2 Kg de lait

La quantité du correcteur proposé est de 1,55 Kg de MS ou 1802,32 g de maïs en grain.

Cette dernière apporte donc : 0,46 g de calcium et 5,43 g de phosphore. La ration corrigée reste toujours déséquilibrée en calcium et en phosphore.

3. Ration des mois de Décembre, Janvier, Février et Mars (2002):

Les productions du lait permise par les UFL et les PDIN de la ration de base sont désignées par (1) : UFL = 14,13 Kg de lait ; PDIN = 15,56 Kg Kg de lait.

Il y a un déficit en énergie de 1,43 Kg de lait, pour combler ce déficit nous avons proposé comme correcteur le maïs en grain.

Un Kg de matière sèche de maïs en grain donne :

UFL = 1,27 ; PDIN = 82 g ; Ca = 0,3g ; P = 3,5g

La quantité de lait produite par les UFL est de $1,27/0,44 = 2,88$ Kg de lait

La quantité de lait produite par les PDIN est de $82/48 = 1,70$ Kg de lait

Un Kg de matière sèche de maïs en grain comble un déficit de (UFL– PDIN) 1,18 Kg de lait.

Un Kg de MS de maïs en grain	$\xrightarrow{\text{Comble un déficit}}$	1,18 Kg de lait	}	x = 1,21 Kg de MS ou 1406,9 g de produit brut
x	\longrightarrow	1,43 Kg de lait		

Les 1,21 Kg de MS de maïs en grain apportent :

$1,21 \times 1,27 = 1,54$ UFL et $1,21 \times 82 = 99,22$ g PDIN

Les 1,54 UFL permettent une production de lait de $1,54/0,44 = 3,5$ Kg de lait

Les 99,22 g PDIN permettent une production du lait $99,22/48 = 2,06$ Kg de lait

On désigne par (2) la quantité de lait permise par 1,21 Kg MS de maïs en grain

(2) : UFL : 3,50 Kg de lait ; PDIN = 2,06 Kg de lait

La ration corrigée permet donc une production de lait de

(1) + (2) : UFL : $14,13 + 3,5 = 17,63$ Kg de lait

PDIN : $15,56 + 2,06 = 17,62$ kg de lait

La quantité du correcteur à ajouter est de : 1,21 Kg MS ou 1406,9 g de maïs en grain, celle-ci apporte 0,36 g de Ca et 4,23 g de P.

4. Ration des mois : Avril, Mai et Juin (2002) :

Les productions du lait permises par la ration distribuée sont désignées par (1), par les UFL et les PDIN sont :

UFL = 14,97, PDIN = 13,40

Il y a un déficit en azote de :

UFL – PDIN = $14,97 - 13,40 = 1,57$ Kg de lait

Le correcteur proposé est le Tourteau d'Arachide 48 pour combler ce déficit

Un Kg de matière sèche de T.A.48 nous apporte

UFL = 1,14 ; PDIN = 345g ; Ca = 1,8g ; P = 6,6g

La quantité du lait produite par les UFL est de 2,59 Kg, et 7,18 Kg par les PDIN

$$\begin{array}{l}
 1 \text{ Kg MS de T.A.48} \xrightarrow{\text{Comble un déficit de}} 4,59 \text{ Kg de lait} \\
 x \xrightarrow{\hspace{10em}} 1,57 \text{ Kg de lait}
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} 1 \text{ Kg MS de T.A.48} \\ x \end{array}} \right\} x = 0,342 \text{ Kg de MS}$$

Les 0.342 Kg de MS de T.A.48 apportent :

$1,14 \times 0,342 = 0,39$ UFL et $345 \times 0,342 = 117,99$ g PDIN .

Les 0,39 UFL permettent une production du lait de $0,39/0,44 = 0,88$ Kg de lait

Les 117,99 g PDIN permettent une production du lait de $117,99/48 = 2,46$ Kg de lait

Donc, on désigne par (2) les quantités de lait permises par le correcteur.

UFL : 0,88 Kg de lait ; PDIN : 2,46 Kg de lait.

(1) + (2) : représente la quantité du lait permise par la ration de base corrigé

On aura donc : (1) + (2) : UFL = $14,97 + 0,88 = 15,85$ Kg de lait

PDIN = $13,40 + 2,46 = 15,86$ Kg de lait

La quantité du correcteur proposé est de : 0,342 Kg de MS ou 388,6 g de produit brut (T.A.48). Cette dernière apporte donc : 0,61g de Ca et 2,25g de P.

La ration corrigée apporte donc 108,36 g de Ca et 7,54 g de P.

APPENDICE G
LISTE DES ABREVIATION

AGNE	: acides gras non estérifiés
BSC	: body scoring condition
C	: campagne
CB	: cellulose brute
EOP	: peptides endogènes opiacés
FSH	: hormone folliculo-stimulante
GH	: growth hormone (hormone de croissance)
GnRH	: gonadotropin-releasing hormone
GOT	: oxalo-acétate transaminase
GPT	: glutamate pyruvate transaminase
GSH-Px	: glutathion peroxydase
IA	: insémination artificielle
IGF ₁	: insuline like growth factor1
IV-I1	: intervalle vêlage – première insémination
IV-IF	: intervalle vêlage- insémination fécondante
IV-V	: intervalle vêlage-vêlage
LH	: hormone luteïnisante
MAD	: matière azotée digestible
MAT	: matière azotée totale
MG	: matière grasse
Mm	: matière minérale
MO	: matière organique
MS	: matière sèche
Nb	: nombre
NH ₃	: ammoniac

PDI	: protéines digestibles dans l'intestin
PDIA	: protéines digestibles au niveau de l'intestin d'origine alimentaire
PDIE	: protéines digestibles dans l'intestin permises par l'énergie
PDIN	: protéines digestibles dans l'intestin permises par l'azote
PDIM	: protéines digestibles au niveau de l'intestin d'origine microbienne
PGF ₂ α	: prostaglandines f ₂ alpha
PMSG	: pregnant mare serum gonadotropin
PP	: post-partum
SOD	: superoxyde – dismutase
TRI ₁	: taux de réussite en première insemination
UFL	: unité fourragère lait
VC ₁	: intervalle vêlage première chaleur
Vit A	: vitamine A
Vit D	: vitamine D
Vit E	: vitamine E
% VL à 3 S et plus	: pourcentage des vaches à 3 saillies et plus

REFERENCES

1. Loisel., “Ingénieur à l’EDE de la Mayenne. Séminaire algéro-canadien (Elevage, agriculture, santé publique), (1976)
2. Philipotj. M., “Vêlage et infécondité des vaches laitières”, centre d’eco-pathologique animal, (1994), 30-42
3. Tefera. M., Humblot. P., Chaffaux. ST et Thier. M., “Epidémiologie et thérapeutique de l’infécondité de la vache laitière”, Reueil, Médecine vétérinaire, V.167, n°3, (1991), 335-347
4. Trichot, P.R., “Alimentation et fertilité chez la vache laitière: importance du niveau énergétique et azoté de la ration”, Thèse. Doct. Vét. (France), (1978),126.
5. Coulon. S., “Fertilité et alimentation pendant le tarissement une enquête épidémiologique en troupeau bovin laitier, thèse pour le doctorat Vétérinaire”, Ecole Nationale d’Alfort, (1989).
6. Mialot, J.P et Grimard, B., “Alimentation énergétique et fécondité chez la vache allaitante”, Journées nationales des G.T.V. Pathologie et Nutrition, Ed. S.N.G.T.V. 22. 23 et 24 mai (1996), p233 – 241.
7. Enjalbert, F., “Nutrition et immunité chez les bovins”, Pathologie et nutrition journée nationale des G.T.V. 22. 23 et 24 Mai (1996), 271 – 281.
8. Enjalbert, F., “Relations alimentation–reproduction chez la vache laitière”, Point .Vét. 25. n° 158, (1994), pp : 77 – 84.
9. Enjalbert, F., “Alimentation et reproduction chez les bovins”, Ecole Nationale vétérinaire de Toulouse, (1998), 19p.
10. Ferguson J.D., “Diet, production and reproduction in dairy cows”, Anim. Feed. Sci. Techn n° 59, (1996), 173-184.
11. Soltner. D., “la reproduction des animaux d’élevage” 2ème Edition, (1993), 232 p
12. Derivaux, J., Beckers J.F et Ectors F., “L’anoestrus du post-partum”, Vlaams diergeneeskundig Tudschrift, (1984), Jg. 53-Nr.3-215-229.
13. Hanzen, CH., “Etude des facteurs de risque de l’infertilité et des pathologies puerpérales et du post-partum chez la vache laitière et la vache viandeuse”, Thèse d’agrégation. Université de Liège, (1994), 287.

14. Badinand, F., "Relations : fertilité – niveau de production – alimentation", Bulletin technique. C.R.Z.V. Thereix, Institut National de la Recherche Agronomique, S3, (1983), 73 – 83.
15. Williamson, N.B., "The interpretation of herd records and clinical findings for identifying and solving problems of infertility", *Compend. Contin. Educat. Pract. Vet.*, n°1, (1987), F14 – F24
16. Raheja, K.L., Brunside, E.B et Shaffer, L.R., "Heifer fertility and its relationship with cow and production traits in Holstein dairy cattle", *J. dairy. Sci* n°72, (1989), 2665–2669
17. Moorerk., Kennedy, B.W., Shaeffer, L.R et Moxley, J.E., "Relationships between reproduction traits, age and body weight at calving and days in first lactation Ayrshires and Holsteins", *J. Dairy. Sci.* n°73, (1990), 835 – 842.
18. Weaver, L. D., "Evolution of reproductive performance in dairy herds", *Compend. Contin. Educat. Pract. Vet.* n° 8, (1996), 247 – 253.
19. Esslemont, R. J., "Measuring dairy herd fertility", *Vet. Rec* n°131, (1992), 209 – 212.
20. Williamson, N.B., "The economic efficiency of a veterinarian preventive medicine and management program in Victorian dairy herds", *Aust. Vet. J.*, n°56, (1980), 1 – 9.
21. Faust M.A, Lcdaniel bt et Robinson O.W, Britt J.H., "Environmental and yield effects on reproduction in primiparous Holsteins", *J.dairy. Sci* n°71, (1988), 3092 – 3099.
22. Gregory, K.E., Echterkamp, S.E., Dickerson, G.E., Cundiff, L.V., Koch, R.M et Vanvlek, L.D., "Twinning in cattle: III. Effects of twinning on dystico-reproductive traits, calf survival, calf growth and cow productivity" *J. Anim. Sci.*n° 68, (1990), 3133 -3144.
23. Hillers, K.K., Senger, P.L., Darlington, R.L et Flemming, W.N, "Effects of production, season, age of cow, days dry and days in milk on conception to first service in large commercial dairy herds", *J. dairy. Sci.* n° 67, (1984), 861 – 867
24. Weller, J.I Ron, M., "Genetic analysis of fertility in Israeli Holsteins by and threshold models", *J. Dairy. Sci.* n° 75, (1992), 2541 – 2548.
25. Barr, H.L., "Influence of oestrus detection days open in dairy herds", *Journal of dairy Science*, n° 58, (1975), 246 – 247.
26. Badinand, F., Bedouet., Cosson., Hanzen, Ch et Vallet, A., "Lexique des termes de physiologie et pathologie et performances de reproduction chez les bovins" *Annales de médecine. Vétérinaire*, V. 144, (2000), 289 – 301.
27. Humblot, P et Thibier, MS., "Anomalies fonctionnelles de la reproduction chez la vache. In: Journée d'information", ITEB – UNICEIA (France), (1977), 66 – 88.

28. Fidon, P.M.R., “La réforme de la vache laitière”, Thèse. Doct. Vet. Ecole. Nat. Vet d’Alfort, (1982), 79pp.
29. Serieys, F., “Le tarissement des vaches laitières”, Editions France Agricole, (1997), 224p.
30. I.N.R.A., “Pratique de l’alimentation des bovins : nouvelles recommandations alimentaires de l’I.N.R.A”, 2ème édition, (1984), 160p.
31. INRA P., “Alimentation des bovins”, Edition. I.T.E.B, (1981), 440p
32. Soltner, D., “Tables de calcul des rations : besoins alimentaires des bovins (lait et viande), des ovins, caprins, porcs – Valeurs des aliments”, 25ème édition, (2000) 80 pages.
33. INRA., “Alimentation des ruminants : principes de la nutrition et de l’alimentation des ruminants, besoins alimentaires des animaux, valeur nutritive des aliments”.INRA. Publications, (1978), 590 p.
34. Craplet. C., Thibier. M et Duplan. J. M., “La vache laitière”, Edition . Vigot Frères, Paris, (1973), 726 p.
35. Wolter, R., “Les profils biochimiques en vue du diagnostic des déséquilibres en minéraux et vitamines”, Documents du CAAA, (1988).
36. Jarrige, R., “Principes de la nutrition et de l’alimentation des ruminants. Besoins alimentaires des animaux, Valeur nutritive des aliments”, INRA, (1980)
37. Barret, J. P., “Zootechnie générale”, édition Tec et Doc, Lavoisier (1992), 252p.
38. Wolter, R., “Alimentation de la vache laitière. 2ème édition”, Ed. France agricole, (1994), 255 p.
39. INRA P (Institut national de la recherche appliquée., “Nutrition et alimentation des animaux d’élevage”, Editions Foucher, (1992), Tome1: 286p ; Tome2: 222p.
40. Riviere. R. In : “Manuel d’alimentation des ruminants domestiques au milieu tropical”, Paris : la documentation française, 1991
41. Jarrige, R., “Alimentation des Bovins, ovins et caprins”, (1988), 471 p.
42. Journet, M et Remond B., “Physiological factors affecting the voluntary intake of feed by cows”, Livest. Prod. Sci. n° 3, (1976), 129 – 146.
43. Petit M., “Effet du niveau d’alimentation à la fin de la gestation sur le poids à la naissance des veaux et leur devenir”, Ann. Biol. Anim. Biophs, V. 19 n°1B, (1979), 277 – 287.
44. Troccon, J.L., “Croissance des génisses de renouvellement et performances ultérieures”, I.N.R.A. Prod. Anim. V.2 n°1, (1989), 55 – 64.

45. Reidj, T., Tyrrell, H.F et Moe, P.W., "Energy and protein requirements of milk production" J. Dairy. Sci n° 49, (1996), 215.
46. Paccard. P., "Enquête concernant l'infertilité bovine", Elevage et insémination, n°161, (1977), 3-4.
47. Arnett, D.W., Hollend, G.L. et Totusek R., "Some effects of obesity in beef females". Journal of Animal Science, n° 33, (1971),1129 – 1136.
48. Fromageot, D., "Abord zootechnique de l'infertilité chez les bovins laitiers", Rec. Méd. Vét. V.154, n°3, (1978), 207-213.
49. Amirs., Kali. Jet Volcani. R., "Influence of growth rate on reproduction and lactation in diary cattle", in lodge G.A et lamming G.F: Growth and development of mammals, 234-263
50. Amirs., Kali. J., "You can breed your heifers to calve at a younger age" Hoard's dairyman, in Troccon et lasel, (1980)
51. Little. Wet Kay. R.M., "The effects of rapid growths and early calving of the subsequent performance of Holstein heifers Animal", Production n°29, (1979), 131-142.
52. Lallemand, J.C., "Elevage des génisses en groupement de producteurs", Thèse pour le doctorat vétérinaire d'Alfort. Edition Copedith, (1980), 70 p.
53. Vansaun, R.J., "Dry cow nutrition : the key to improving fresh cow performance" Vet. Clin. North. Am: Food Anim. Pract, V.7, n°2, (1991), 599 – 620
54. Wolter, R., "Alimentation de la vache laitière", Edition INRA, (1997).
55. Meissonnier, E., "Tarisement modulé, conséquences sur la production, la reproduction et la santé des vaches laitières", Point. Vét.V. 26.n°163, (1994)
56. Arzul, Ph., "Les vaches taries : conduite alimentaire", Journées nationales des Groupements Techniques Vétérinaires (22, 23 et 24 mai 1996), 97 – 100.
57. Mazur. A., Ay Rault – Jarrier, M., Chilliard, Y et Rayssiguier, Y., "Lipoprotein metabolism in fatty liver dairy. Cows", Diabète et métabolisme, n° 18, (1992), 145 – 149.
58. Louvard, G., "L'alimentation des vaches laitières spécialisées limite le déficit du début de la lactation à 1 mois", Elev. Bov. N° 103, (1981), 59 – 60.
59. Bisson ., "Dossier alimentation : la conduite des vaches taries", Production laitière moderne. n°113, (1983), p 59.
60. Lavor., "Relations entre alimentation et maladies métaboliques", Bull des GTV,(1978.) septembre. 1 – 11.

61. Grummer, R.R., "Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows", *J. Dairy Sci* n° 76, (1993), 3882-3896.
62. Vagneur, M., "Relation entre la nutrition et la fertilité de la vache laitière. Le point de vue du vétérinaire praticien", Journées nationales des G.T.V pathologie et nutrition, S.N.G.T.V. 22-24 Mai (1996), 105-110.
63. Wolter, R., "Indications pratiques des profils biochimiques en élevage", Document du CAAA, (1980), 214 –218.
64. Paragon, B.M., "Qualité alimentaire et fécondité chez la génisse et la vache adulte : importance et place des nutriments non énergétiques", *Bull. G.T.V.4B*, (1991), 39 –52.
65. Bruyas. J.F., Fieni.F., Battut. I et Tainturier. D., "Repeat breeding: un signal d’alerte pour l’éleveur, un casse-tête pour le clinicien", *Point vétérinaire V.28* numéro spécial, (1996), 137-151.
66. Randel, R.D., "Nutrition and post-partum rebreeding in cattle", *J. anim. Sci* n°68, (1990), 853 – 862.
67. Vallet, M., Paccard, P et Champy, R., "Pour une meilleure maîtrise de la reproduction", *Rev. Elev. Bovin.* n°98, (1980), 41-42.
68. Delatang. F., "Fécondité : la conduite à tenir", *Elevage Bovin*, n°130, (1983), 44-46
69. Wiltbank, N.J., Rowden, W.W et Ingalls, J.E., et coll., "Effect of energy level on reproductive phenomena of mature Hereford cows", *J.Anim.Sci*, n°21, (1962), 219-225.
70. Wiltbank, J.N., Rowden, W.W., Ingalls, J.E., Zimmerman, D.R., "Influence of post-partum energy level on reproductive performance of Herford cows restricted in energy intake prior to calving", *J. Anim. Sci* V.23 n° 4, (1964), 1049 – 1053.
71. Reynolds. W.L., Deroven. T.M., High. J.W., Wiltbank. J.N., Warwick. E.J et Temple. R.S" Evaluation of pastures in terms of reproduction in beef cattle", *Journal of Animal Science*, n°23, (1964), p890
72. Turman, E.J., Smithson, L., Pope, L.S., Renbarger, R.E et Stephens, D.F., "Effect of feed level before and after calving on the performance of two years old heifers", *Mise. Publi. Okla. Agri, Exp. Sta, MP* n°74, (1964), 10 – 17.
73. Hight. G.H., "The effects of undernutrition in late pregnancy on beef cattle production. *N.Z.J. Agri. Res.* II, (1968), 71.
74. Corah, L.R et Ives S., "The effects of essential trace minerals on reproduction in beef cattle. *Veterinary Clinics of North American Food Animal Practice*" n° 7 (1991), 41-57.
75. Bonnel, A., "Ration déséquilibrée, fertilité menacée", *Revue de l’Elevage Bovin.* n°154, (1985), 29-32.

76. Vallet, A., "Les maladies dues aux carences en vitamines. In Maladies des bovins" Ed. France agricole, (2000), 540p.
77. Roche, J.F., Mackey, D et Diskin M. D., "Reproductive management of post-partum cows", Anim. Repord. Sci n°60, (2000),703 – 712.
78. Kali, J., Amir, Z et Shapira N., "Fertility in dairy cows in relation to plane of nutrition, milk production and body condition", Joint. Isr. Swedish seminar. Agri. Coll. Sweden, (1971), 41 – 44.
79. Taggart, M., Wiltbank., Turmann, Dunn, Lure, M., Witt, S et Kali. In Vallet A., "Infécondité collective des bovins: aspects nutritionnels", Sc.Vét. Med. Company, (1982), 40-44.
80. Brochart, M., "Alimentation et fertilité des vaches laitières", Elevage Bovin, n° 3, (1972),53-59.
81. Bellows. R.A., Short. R. E., "effects of precalving feed level on birth weight, calving difficulty and subsequent fertility", Journal of animal science n°46, (1978), 1522-1528
82. Bellows. R.A., Short. R. E et Richardson., "Effects pf sire, age of dam and gestation feed level on dystocio and post partum reproduction", Journal of animal science n°55, (1982), 18-27.
83. Dunn, T.G et Kaltenbach C.C., "Nutrition and the post-partum interval of the ewe, sow and cow", J. Anim. Sci. n° 51. Suppl. 2. 29-39.
84. Agabriel. J et Petit. M., "Recommandations alimentaires pour les vaches allaitantes", Bulletin technique C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A, n° 70, (1987), 153-166
85. Perry, R.C., Corah, L.R et Cochran, R.C., et coll., "Influence of dietary energy on follicular development, serum gonodotropins, and first post-partum ovulation in suckled beef cows", J. Anim Sci n°69, (1991), 3762-3773.
86. Nuske. S., Graf. F., "Relation between Feeding, dairy performance, fertility and some blood parameters in German Friesian cows", Revude de medicine vétérinaire, V.145, n°3, (1994), 185-189
87. Ruegg, P.L., Goodger, W.J., Holmberg, C.A., Weaver L.D et Huffmann, E.M., "Relationships between body condition score, milk production, serum urea nitrogen and serum cholesterol in high producing Holstein dairy cows in early lactation", Am. J. Vet. Res. n°53, (1992), 5 – 9.
88. Staufenbiel. R., Staufenbiel.B., Rossow. N et Klukas. H., "Energie und fettstoffwechsel des Rindes- Beeziehungen der Ruckenjettdicke zur Milcheistung. Fruchtbarkeit und zu Klinich- che anuschen parametern" Mh Veterinary Medecine, n°48, (1993), 3-11

89. Brugere – Picoux.J., “Diagnostic des affections hépatiques chez les bovins”, Recueil de Médecine Vétérinaire, 157 n°9, (1983), 619 – 626.
90. François. G., “Influence sur la fécondité de la vache de l’intervalle part-fécondation” thèse de doctorat vétérinaire, Paris, Créteil.
91. Morrow. D.A., “Fat cow syndrome”, J. Dairy Sci, n°59, (1976), 1625-1629
92. Reid. I.M., Roberts. C.J et Manstonr., “Fatty liver and infertility in high yielding dairy cows”, Vet. Rec, n°104, (1979), 75-76.
93. Girou, R et Theriez M., “Nutrition et pertes par non fécondation ou mortalité embryonnaire précoce chez les ruminants”, Revue. Méd. Vét, (1971), 257.
94. Loisel, J., “Analyse d’ensemble des problèmes de fécondité dans un troupeau. In- Physiologie et pathologie de la reproduction”, Journées d’information ITEB – UNCEIA.Edition ITEB (Paris), (1977), 140 – 156.
95. Michel, A et Wattiaux, Ph. D., “Reproduction et nutrition. Institut Babcock pour la Recherche et le Développement International du Secteur Laitier. Essentiels Laitiers”,Livestock Genetics Export, (1995).
96. Drion, P.V., Beckers, J.F., Derkenne, F et Hanzen, Ch., “Le développement folliculaire chez la vache. 2- Mécanismes hormonaux au cours du cycle et du post-partum”, Annales. Médecine. Vétérinaire, n ° 144, (2000), 385 – 404
97. Villa – Goddoy, A., Hughest, L., Emery, R.S., Chapin L.T et Fogwell, “Association between energy balance and luteal function in lactating Holstein cows”J. dairy Sci, n° 71, (1988),1063.
98. Bell, A.W., “Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation” Journal of Animal Science n°73, (1995), 2804 –2819.
99. Butler, W.R et Smith R.D., “Interrelationships between energy balance on post-partum reproductive function in dairy cattle”, Journal of dairy Science n° 7, (1989), 767 – 783.
100. Coulon, J.B., “Level and pattern of winter concentrate allocation in dairy cows: results of first lactation cows”, Animal Production, (1994)
101. Garnsworthy, P.C et Topps, J.H., “The effect of body condition of dairy cows at calving on their food intake and performance when given complete diets”, Anim. Prod, n°35, (1982), 113 – 119.
102. Onuma, H et Foote, R.H., “Super ovulation in prepuberlial calves on two levels of nutrient intakes”, J. Anim Sci V.28 n°6, (1969), 771 – 774.
103. Lamond, D.R., “The effect of P.M.S.G on ovarian function of beef heifers as influenced by progestins, plane of nutrition and fasting”,Aust. J. Agri, V.21, n°I, (1970), 153 – 161.

104. Butler, W.R., "Nutritional effects on resumption of ovarian cyclicity and conception rate in post-partum dairy cows". *Animal Science*. 2000
105. Staples, C.R., Thatcher, W.W et CLARK J.H., "Relationship between ovarian activity and energy status during the early post-partum period of high producing dairy cows" *J. Dairy. Cows* n°73, (1990), 938 – 947.
106. Carteau, M., "L'alimentation retentit sur la fertilité", *Elevage Bovin*, n°137, (1984), pp 25-29
107. Villa-Godoy, A., Hughest, L., Emeryr, S., Stanisiewski, E.P et Fogwell R.L., "Influence of energy balance and body condition on estrus and estrus cycles in Holstein heifers", *J.Dairy.Sci* n°73, (1990), 2759-2765.
108. Lucy, M.C., Staples, C.R et Thatcher W.W., et coll., "Influence of diet composition, dry matter intake, milk production and energy balance on post-partum ovulation and fertility in dairy cows", *Anim. Prod.*, n°54, (1992), 323-331.
109. Butler, W.R., "Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle", *Animal Reproduction Science*. n° 60- 61 (2000) 449 – 457.
110. Canfield, R.W., Sniffen, C.J et Butler, W.R., "Effects of excess degradable protein on post-partum reproduction in dairy Cattle", *J. Dairy. Sci.* n° 73, (1990), 2342- 2349.
111. Beam, S.W et Butler, W.R., "Energy balance and ovarian follicle development prior to the first ovulation post-partum in dairy cows receiving three levels of dietary fat", *Biology of . Reproduction* n° 56 (1997), 133 – 142.
112. Beam, S.W et Butler W.R., "Ovulatory follicle development during the first follicular wave post-partum in cows differing in energy balance" *Journal of Animal Science* n° 72: Suppl.n°1, (1998), 77.
113. Spicer, L.J., Tucker, W.B et Adams, G.D., "Insulin – like growth factor I in dairy cows: relationships among energy balance, body condition, ovarian activity and oestrus behaviour", *J. Dairy. Sci* n°73, (1990), 929 – 937.
114. Schillo. K.K., "Effects of dietary energy on control of luteinizing hormone secretion in cattle and sheep", *Journal of animal science* n°70, (1992), 1271-1282
115. Terqui, M., Chupin, D et Gauthier D., et coll., "Influence management and nutrition on post-partum endocrine function and ovarian activity in cows. In: current topics in veterinary medicine and animal science. Factors influencing fertility in the post-partum cows", Ed Martinus Nijhoff. the Hague, (1982), 384-408.
116. Rutter, L.M et Randel R.D., "Post-partum nutrient intake and body condition: effect on pituitary function and onset of oestrus in beef cattle", *J.Anim. Sci*, n°58, (1984), 265-274.

117. Husenicza, G., Feketes, S et Molnar, L L., et coll., “Influence of the body condition, body mass change and different levels of energy intake on the post-partal ovarian activity of beef cows”, *Acta. Vet. Hungaria*. n° 35, (1987), 359-372.
118. Ducrot, C., Grohn, Y.T., Humblot, P., Bugnard, F., Sulpice, P et Gilbert R.O., “Post-partum anoestrus in French beef cattle: an epidemiological study”, *Theriogenology* n°42, (1994), 753 – 764.
119. Wright, I.A., Rhind, S.M et Russel, A.J.F et coll., “Effect of body condition, food intake and temporary calf separation on the duration on the post-partum anoestrus period and associated LH, FSH and prolactin concentrations in beef cows”, *Anim. Prod.*, n°45, (1987), 395-402.
120. Warren, W.C., Spitzer, J.C et Burns G.L., “Beef cow reproduction as affected by post-partum nutrition and temporary calf removal”, *Theriogenology*, n°29, (1988), 997 – 1006.
121. Djabakou, K., Grundler G et Lare, K., “Involution utérine et reprise de cyclicité post-partum chez les femelles bovines trypanotolérantes Naloma et Baoulé”, *Revue. Elev. Méd. Vét. Pays trop*, V.44 n°3, (1991), 319 – 324
122. Edey, T.N., “Nutritional stress and preimplantation embryonic mortality in Merinos sheep”, *Journal of Agriculture Science*. n° 67, (1966), 287 – 293.
123. Vallet, A., Badinand, F., “L’infertilité avec retours en chaleurs décalés. In : *Maladies des bovins*”, Ed. France. Agric, (2000), 254-257.
124. Hanzen, CH., Drion, P.V., Lourtie, O., Depierreux, C et Chritians, E., “La mortalité embryonnaire. 1- Aspects cliniques et facteurs étiologiques dans l’espèce bovine” *Ann. Méd. Vét.* n°143, (1999), 179-189.
125. Disenhaus, C., Augeare, P., Bazin, S et Philippeau G., “Nous, les vaches tarées. Influence de l’alimentation pendant le tarissement sur la santé ; la reproduction et la production laitière en début de lactation : résultats d’une enquête de trois ans sur 3500 vaches laitières” *EDE Bretagne-Pays de Loire*, (1985), Rennes 64p.
126. Wright, I.A., Rhind, S.M., Whyte, T.K et Smith, A.J., “Effect of body condition at calving and feeding level after calving on LH profiles and the duration of the post-partum oestrus period in beef cows”, *Anim. Prod.*, n° 55, (1992), 41-46.
127. Jolly, P.D., Mc Dougall, S., Fitzpatrick, L.A., Macmillan, K.L et Entwistle, K., “Physiological effects of under nutrition on post-partum anoestrus on cows”, *J. Reprod. Fertile. Suppl* 49 (1995), 477 – 492.
128. King, J.O.L., “The relationship between conception rate and changes in body weight, yield and solid non fat content of milk in dairy cows”, *Vet. Rec.* n° 89. (1968), 492 – 494.
129. Drion. P.V., Beckers. J.F., Ectors. F.J., Hanzen. C., Houtain. J.Y et LOnergan. P., “Régulation de la croissance folliculaire et lutéale : 1- Folliculogénèse”, *point vétérinaire* V.28, numéro spécial, (1996), 37-48

130. HANZEN, C.H., HOUTAIN, J.Y., LAURENT, Y et ECTORS F., “Influence des facteurs individuels et de troupeau sur les performances de reproduction bovine”, *Ann. Med. Vet.* n°140, (1996), 195 – 210.
131. Hart, I.C., Bines, J.A., Morant, S.V et Ridley, J.L., “Endocrin control of energy metabolism in the cow: comparison of the levels of hormones (prolactin, growth hormone, thyroxine) and metabolism in the plasma of high and low-yielding cattle at various stages of lactation”, *J. Endocrinol.* n° 77, (1978), 333.
132. Nebel. R.L., Mc Gilliard. M.L., “Interactions of high milk yield and reproductive performance in dairy cows”, *J. Dairy Sci*, n°76, (1993), 3257-3268
133. Nestler, J.E., “Insulin regulation of human ovarian androgens”, *Hum, Reprod*, 12: Suppl n°1, (1997), 52- 53.
134. Stendal, H.M et Anderson P.E., “Different protein levels during the first 12 weeks after calving. Quoted by Hewett (1974)”, *Acta. Vet. Scand. Suppl.*50, (1973).
135. Oxenreider, S.L et Wagner W.C., “Effect of lactation and energy intake on post-partum ovarian activity in cow”, *J. Anim Sci* n° 33, (1971), 1028 – 1031.
136. Monget, Ph et Martin G.B., “Nutrition et reproduction des animaux d'élevage” *Cah. Nutr. Diet*, V.32, n° 3, (1997)
137. Rukkamsuk, T., Wensing, T et Krvip, T.A.M., “Relationship between triacylglycerol concentration in the liver and first ovulation in post-partum dairy cows”, *Theriogenology* n°51, (1999), 1133 – 1142.
138. Girou, R et Brochart, M., “Niveau énergétique, protéique et fécondité des vaches laitières. Influence d'une supplémentation alimentaire post-oestrale”, *Ann. Zootech*, V.19 n°1, (1970), 67-73.
139. Chupin D et Pelot J., “Maîtrise de la reproduction chez les vaches laitières ; nouvelles perspectives. Physiologie et pathologie de la reproduction”, *Journées d'information* 8, 9, 10 (Novembre), INRA (France) station de physiologie de la reproduction, (1977)
140. Wilmut.L., Sales. D.I et Asworthc. J “Maternal and embryonic factors associated with prenatal loss in mammals”, *J. Reprod. Fertil* n°76, (1986), 851-864.
141. Ronbinson J.J., “Nutrition in the reproduction of farm animals”, *Nutr. Res. Rev.* n°3, (1990), 253.
142. Ferguson, J.D., Blanchardt., Galligan, D.T., Hoshall, D.C., et Chalupa, W., “Infertility in dairy cattle fed a high percentage of protein degradable in the rumen”, *J. Am Vet Assoc* n° 192, (1988); 659.

143. Ferguson, J.D et Chalupa, W., "Impact of protein and nutrition on reproduction in dairy cows", J. Dairy. Sci n° 72, (1989), 746-766.
144. Elrod, C.C., et Butler, W.R., "Reduction of fertility and alteration of uterine PH in heifers fed excess ruminally degradable protein", J. Anim. Sci. n°71, (1993), 694 -701.
145. ELROD, C.C., VANAMBUR,G M., et BUTLER W.R., "Alterations of PH in response to increased dietary protein in cattle are unique to the uterus", J. Anim. Sci n° 71, (1993), 702-706.
146. Ennyer, M., "Le kit fécondité: un planning, une méthodologie", G.T.V (1998). 2. B. pp.5– 15.
147. Kaim, M., Folman, Y., Neumark, H et Kaufman, W., "The effect of protein intake and lactation number on postpartum body weight loss and reproductive performance of dairy cows", Anim. Prod. n° 37, (1983), 229 – 235.
148. Ferguson, J.D., Galligan, D.T et Blanchard T., "Blood urea nitrogen and conception rate, the usefulness of test information", J. Dairy. Sci (Suppl 1). 242 (abstract), (1991).
149. Butler, W.R., "Review: effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in diary cattle", Journal of Dairy Science n°81, (1998), 2533-2539.
150. Westwood, C.T., Lean, I.J et Kellaway, R.C., "Indications and implications for testing of milk urea in dairy cattle: a quantitative effect of dietary protein on reproductive performance", Review Part 2. N.Z. Vet. J, n° 46, (1998), 123-140.
151. Witwer, F.G., Gollardo, P., Reyes, J et Optiz H., "Bulk milk urea concentrations and their relationship with cow fertility in grazing dairy herds in southern Chile", Prev. Vet. Med, n°38, (1999), 159-166.
152. Gath, V., Lonergan, P et O'callaghan, D., "Effects of diet type on establishment of pregnancy and embryo development in beef heifers", Theriogenology, (1999), 51.224. (abstract).
153. Anderson, G.W et Barton B., "Reproductive efficiency: potentiel nutrition management interactions", New England Feed, Dealers conference Univ. Maine (1987).
154. Sonderman, J.P et Larson L.L., "Effect of dietary protein and exogenous gonadotropin – releasing hormone on circulating progesterone concentrations and performance in Holstein cows", J. Dairy. Sci, n°72, (1989), 2179-2183.
155. Gaulliard. M., "influence du niveau d'apport énergétique et protéique sur la fertilité des vaches laitières", Mémoire de fin d'étude, (1971), E.N.S.A, Rennes
156. Lefaucheur., "Fertilité de la vache laitière. Relations avec l'alimentation énergétique et azotée, le niveau de production laitière et certains paramètres sanguins au début de la lactation. Mémoire de fin d'études", (1981).

157. Williams, A.H et Cumming, I.A., “Inverse relationship between concentrations of progesterone and nutrition in ewes”, *J. Agric. Sci*, n° 98, (1982), 517 – 522.
158. Blauwiekel, R., Kincaid, L et Reeves, J.J., “Effect of high crude protein on pituitary and ovarian function in Holstein cows”, *Journal of Dairy Science* n° 69, (1986), 39-46.
159. Curtis, C.R., Erb, H.N et Sniffen C.J., “Path analysis of dry period nutrition, post-partum metabolic and reproductive disorders, and mastitis in Holstein cows”, *Journal of Dairy Science* n° 68, (1985), 2347-2360.
160. Vallet, A., “Maladies nutritionnelles et métaboliques . In *Maladie des bovins*”, Inst. de l’Elev. Ed. France- agricole, (2000),540p.
161. Morrow, D.A., “Phosphorus deficiency and infertility in dairy heifers”, *J. Am. Vet. Med. Assoc*, n°154, (1969), 761 – 768.
162. Nicol, J.M., “Infertilité en élevage laitier : les mécanismes, les causes, les solutions”, *G.T.V.3B – 525*, (1996), 53 – 73.
163. Pevrol, G., “Etude bibliographique des troubles de la fertilité chez la femelle bovine” *D.E.A Montpellier*, (1972), 52P.
164. Dandaleix M., “Etude d’un plan de lutte contre l’infécondité des vaches laitières : étiologie de l’infécondité et mise au point d’une méthode d’intervention dans les élevages à problèmes du département du Puy de Dôme”, *Mémoire d’études – ENSAA Dijon – 1981*.
165. Payne, J.M., “Maladies métaboliques des ruminants domestiques”, Editions du point vétérinaire, Maisons Alfort, (1983),190p.
166. Fardeau, J. P., “Les compléments minéraux chez la vache laitière”, *Thèse. Doctorat. Vét. Ecole nationale vétérinaire de Toulouse*, (1979), 72p.
167. Sommer, H., “Contrôle de la santé des vaches laitières et de l’alimentation”, *Rev. Méd. Vét*, V.136. n°2, (1985),125 – 137.
168. Lebreton, P., Salat, O., Nicol, J.M., “Un point sur le sélénium”, *Bulletin des G.T.V.5 – B- 600-*, (1998), 35 – 47.
169. Braun, U., Forrer, R., Furer, W et coll., “Selenium and Vitamin E in blood sera of cows from farms with increase incidence of disease”, *Veterinary Recueil*, n° 128, (1991), 543 – 547.
170. Julien, W.E et Conrad, H.R., “Selenium and vitamin E and incidence of retained placenta in parturient dairy cows”, *J. Dairy. Sci*, n° 59, (1977), 1954 –1959.
171. Eger, S., Drori, D., Kadoori, I., Miller, N et SCHINDLER, H., “Effects of selenium and Vitamin E on incidence of retained placenta” *Journal of Dairy Science* n° 68, (1985) 2119 – 2122.

172. Spain, J., "Zinc proteinate: their role in the defence against mastitis infection", *Feed compounder*, (1993), (August), 31- 33.
173. Gueguen. L., Lamand. M et Meschy. F., "Nutrition minérale in : Alimentation des bovins, ovins et carpins", Institut National de la recherche agronomique, Paris, (1988), 95-111
174. Underwoode. J., "The mineral nutrition of livestock F.A.O", Commonwealth Agric, Bureau edition (1966)
175. Paragon, B.M., "Pour un réajustement des apports en cobalt chez les ruminants", *Rec. Med . Vét V.169 n°10*, (1993), 759 – 761.
176. Jouany, J.P., Broudiscou, L., Prins, R.A et Komisarczuk- Bony S., "Métabolisme et nutrition de la population microbienne du rumen. In : Nutrition des ruminants domestiques – Ingestion et digestion", Edition. Paris (1995), 921p.
177. Enjalbert, F. "Le métabolisme des bovins : synthèse des productions (lait et viande)", *Bull. G.T.V.22. 23 et 24 mai* (1996), 37- 43.
178. Nockels, C.F., "Immunoenhancing vitamins for cattle", *Agri. Pract*, n°9, (1988),10 – 17.
179. Tjorlker, H.W., Chew, B.P et Tanaka, T.S., et coll., "Effects of dietary vitamin A and β - carotene on polymorphonuclear leukocyte and lymphocyte function in dairy cows during the early dry period", *J. dairy. Sci*, n°73, (1990),1017 – 1022.
180. Badinand, F., "Métrites puerpérales enzootiques chez la vache. Importance relative des différents facteurs d'apparition", *Recueil de Médecine. Vétérinaire*, V. 152, (1976), 87 – 93.
181. [190] Grandjean, D., "Vitamine A et reproduction", *La semaine vétérinaire*. n° 201, (1981), 11 – 14.
182. Ward, G., Marion, G.B., Caampbell, C.W et Dunham J.R., "Influences of calcium intake and vitamin D supplementation on reproductive performances of dairy cows", *J. Dairy. Sci*. n° 54, (1971), 204 – 206.
183. Ferguson, J., Byers, D., Ferrys, J., Johnson, P ., Ruegg P et Weaver L., "Body condition on lactating cows", *Agri. Practice* n°15, (1994), p: 17 – 21.
184. Drame. D., Hanzen. CH., Houtain. J.Y., Laurent. Y et Falla., "Profil de l'état coporel au cours du post partum chez la vache laitière", *Ann. Méd. Vét*, n°143, (1999), 265-270
185. Mulvany, P., Dairy cow condition scoring. NIRD, paper n°4468, (1977)
186. Steffan, J., "Les métrites en élevage bovin laitier. Quelques facteurs influençant leur fréquences et leur conséquences sur la fertilité", *Rec. Med Vet V.163 n°2*, (1987),183 – 188.

187. Morrow, D.A et Hilman, D.H., Dade A.W et Kitchen J.K., “Clinical investigation of the dairy herd with the fat cow syndrome”, JAVMA, n°174, (1979),161-167.
188. Waltner, S.S., Mc Namara, J.P et Hiller ,J.K., “Relations ships of body condition score to production variables in high producing Holstein dairy cattle”, J. Dairy. Sci, n°79, (1993), 3410-3419.
189. Pedron, O., Cheli, F., Senatore, E., Baroli, D et Rizzi, R., “Effect of body condition score at calving on performance, some blood parameters, and milk fatty acid composition in dairy cows”, J. Dairy Sci n° 76, (1993), 2528-2535.
190. Payne, J.M., Sally, M., Manston R et Faulks M., “The use of metabolic profile test in dairy herds” Vet. Rec n° 87, (1970), 150-158.
191. Michel, M.C., “Rôle des profils métaboliques dans l’espèce bovine”, Point. Vet.V.5, n°25, (1977), 55-66.
192. Michel, M.C., “Le point sur les profils métaboliques”, L’alim et la vie, V.65, n°65,(1977), 89 – 99.
193. Michel, M.C et Perrier, J.M., “Utilisation pratique des profils métaboliques dans les élevages de vaches laitières à production élevée”, Le point vétérinaire, V.6, n°26, (1977),6 – 7
194. Pelletier, G., Tremblay et Helie, P., “Facteurs influençant les profils métaboliques des vaches laitières”, Can. Vet. J n°26, (1985),306 – 311.
195. Savaria. R., “Profil métabolique comme aide au diagnostic dans les maladies nutritionnelles chez les bovins laitiers” Québec, (1975).
196. Tremblay. A., “Exploration de la fonction hépatique”, Journées Nationales de G.T.V Pathologie et Nutrition, 22,23 et 24 mai, (1996), 87-89.
197. Bouquet, G., “Les aspects méthodologiques concernant le prélèvement, le conditionnement”, INA, Paris – Grignon CAAA, (1980), 1 – 11
198. Ferrando, R., “Profils biochimiques, sémiologie et élevage moderne” Cah. Méd. Vet. N°40, (1971), 47 – 56.
199. Verrielle, M., “Les examens sanguins chez les bovins. I- des clés pour utiliser la biochimie clinique”, Point Vet, V.30, n°202, (1999),25 –30.
200. [209] Payne, J.M., Rowlands, G.T., Manston, R. et Dew, S.M., “Statistical appraisal of the results of metabolic profile tests on 75 dairy herds”, Br. Vet. J n°129, (1973), 370 – 381.

201. [211] André.F., Bazin.S., “Influence relative de quelques facteurs zootechniques sur les paramètres sanguins au tour du vêlage chez les vaches laitières”, *Reproduction. Nutrition. Development*, n°27, (1B), (1987), 303-304
202. Scheler, F., Vala Racher, J.F., Fougras, G., Espinasse, J., “Profils biochimiques : intérêt et limites”, *Point Vét n° 27 (n° spécial « Maladies métaboliques des ruminant »)*, 705- 711 .
203. Kremer, W.D.J., et al ., “Severity of experimental. Escherichia-coli, mastitis in ketonaemic and non ketonaemic dairy cows”, *J. Dairy. Sci.* n° 76, (1993), 3428 – 3429.
204. Coulon, J.B., Remond, B., Doreau, M et Journet, M., “Evolution de différents paramètres sanguins du métabolisme énergétique chez la vache laitière en début de lactation”, *Annales de Recherche Vétérinaire V.16 n°3*, (1985),185-193.
205. Mercedes, V.A., Sandra, J., Brtis et Grummer, R. R., “The effect of dietary energy source during mi to late lactation on liver triglycerides and lactation performance of dairy cows”, *J. Dairy. Sci.* n°80 (1997), 2504 – 2512.
206. Mohy El-Deen, M.A., Hassan, A., Samak, M., Abo-Elezz, Z-R., “Changes in milk yield and certain blood chemical components of goats”, *World Review of animal production.* XXI n°3, (1985), 35-40.
207. Guedon, L., Chialiard, Y., Dupro, F., Couquet, C et Desbals B., “Valeurs usuelles pour différents paramètres biochimiques du métabolisme énergétique observées dans un troupeau de vache de race Limousine. Facteurs de variations”*Rev. Med. Vét*, V.149 n°3, (1998), 225 – 232.
208. Haddad. O., “Contribution à l’étude des profils biochimiques chez les ovins : influence de l’alimentation”, *Mémoire de maître en science vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse. France*, (1981)
209. Schmid. M., Forstner. V., “Laboratory testing in veterinary medicine diagnosis clinical monitoring”. Copyright Bœhringer Mannheim GmbH, Mannheim/FRG
210. Rosenberger, G., “Examen clinique des bovins”, *Les éditions du point Vét*, (1979),526p.
211. Mostagni, K et Askari M., “Changes in serum albumin, cholesterol and glucose concentrations in sub-clinical fatty liver syndrome in dairy cattl”, *Journal of applied Animal Research*, V.10 n°1, (1996), 33-38.
212. Nazifi, S., “Concentration of serum lipids and lipoproteins in Iranian fat Tailed sheep at late pregnancy, parturition and post parturition periods”, *Rev. Med. Vét*, (2000), 742.
213. Gueorguieva. T.M et Gueorguiev. I.P., “Serum cholesterol concentration around parturition and early lactation in dairy cows”, *revue médecine vétérinaire*, V.148, n°3, (1997), 241-244.

214. Colese. H., “Le laboratoire en clinique Vétérinaire”, Edition Vigot, (1979), 641p
215. Diane E, Moody., Honenboken W.D., Beal, W.E et Thyet, F.W., “Concentration of plasma cholesterol in beef cows and calves, milk production and calf gain”, *Journal of Animal Science* n° 70, (1992), 1464 – 1470.
216. De la Farge F., “Particularités de la biologie clinique des lipides animaux” *Recueil de Médecine Vétérinaire*. V.162 n°8-9, (1986), 1021-1026.
217. Ruckebusch Y., “ Physiologie, pharmacologie, thérapeutique animales”. Edition Maloine S.A. Paris, (1981), 611p.
218. Bennis, A., Ouedraogo, G., Concordet, D., De La Farge, F., Voldigue, P., Rico A-G et Braun, J.P., “Effets de l'élevage et de l'alimentation sur les constituants biochimiques plasmatiques de chèvres au Burkina Faso” *Revue de Médecine Vétérinaire* V.145 n°7, (1994), 571-575.
219. Seal, C.J et Reynolds C.K., “Nutritional implications of gastrointestinal and liver metabolism in ruminants”, *Nutrition Research Reviews* n°6, (1993), 185-208.
220. Oldham, J.D., “Protein requirement systems for ruminants. Progress in dairy science”, Ed. Maloine S.A. Paris, (1996), 611p.
221. Oltner, R., Emanuelson, M et Wiktorsson H., “Urea concentration in milk in relation to milk yield, live weight, lactation number and amount composition of feed given to dairy cows”, *Livestock production science*, n°12, (1985), 47-57.
222. Journet, M., Huntington, G et Peyraud J-L., “Le bilan des produits terminaux de la gestion. In nutrition des ruminants domestiques – Ingestion et digestion”, Editions INRA, Paris, (1995), 921p.
223. Broderick, G. A et Clayton, M. K., “A statistical evolution of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen”, *Journal of dairy Science*. n° 80, (1997): 2964 – 2971.
224. Cannas A., Pes, A., Mancuso, R., Vodret, B et Nudda, A., “Effects of dietary energy and protein concentration of milk urea nitrogen in dairy ewes”, *Journal of dairy Science* n° 81, (1998), 499-508.
225. Hewett, C., “On the causes and effects of variations in the blood profile of Swedish dairy cattle”, *Acta. Vet. Scand. Suppl.*50, (1974)
226. Gustafsson .A.H., Garlsson. J., “Effects of sillage quality, protein evaluation systems and milk urea content on milk yield and reproduction in dairy cows”, *Livestock Prod*, n°37, (1993), 91-105.
227. Barnouin, J., Chassagne, M., “Contribution de l'approche écopathologie à l'étude des relations nutrition- santé chez la vache laitière”, *Veterinary. Research*, n° 25, (1994), 202-207.

228. Ryder, W.L., Willman, A et Hubert, J.H., “Effects of feeding urea on reproductive efficiency in Michigan dairy herd improvement association herds” *J. Dairy. Sci* n° 55, (1972), 1290 – 1294.
229. Sinclair, K.D., Broabdent, P.J et Hutchinson, J.S.M., “The effect of pre-and post partum energy and protein supply on the blood metabolites and reproductive performance of single and twin suckling beef cows” *Anim. Prod* n°59, (1994), 391-400.
230. Schrick, F.N., Spitzer, J.C., Jenkins, T.C., Henricks, D.M., et Althen, D.M., “Effect of dietary energy restriction on metabolic and endocrine responses during the estrous cycle of the suckled beef cows”, *J. Anim. Sci*, n°68, (1990), 3313 – 3321.
231. Rosler, D.K., Ferguson, J.D., Sniffen, C.J., Herrema, J., “ Dietary protein degradability effects on plasma and milk urea nitrogen and milk non protein nitrogen in Holstein cows”, *J. dairy. Sci* n° 76, (1993), 525-534.
232. West, HJ., “Effect on liver function of acetonaemia and the fat cow syndrome in cattle”, *Res. Vet. Sci*, V.48 n°2, (1990), 221 -227.
233. Bernard, Serge., “Biochimie clinique. Instruments et techniques de laboratoire – Diagnostics médicochirurgicaux”, Ed. Maloine, Paris (1985), 392p.
234. Meschy, F., “La fièvre du lait : mécanismes et prévention”, *Point. Vét* ; 27 (numéro spécial), (1995), 751– 756.
235. Brugere – Picoux J et Remy D., “Maladies métaboliques chez la vache laitière et biochimie clinique”, *Supplément technique n° 46 à la dépêche Vétérinaire* du 24 au 30 juin 1995.
236. Kumars., Sharman.C et Dwivedis. K., “Calcium, phosphorus and serum electrolyte changes in anestrus and repeat breeder cows and heifers”, *Cheiron*, n°15, (1986), 133-136
237. Lamand, M ., Barlet. J. P et Rayssiguer. Y., “Particularité de la biologie clinique des minéraux chez les ruminants”, *Rec. Méd. Vét*, V.162 n°10, (1986), 1127 – 1132.
238. Sommer, H et Kowertz, D., “Die Bedeutung der Fütterung fuer die. Gesunderhaltung Von Milchkühen”, *Der prakt tierarzt* n° 61,(1979), 34 – 39.
239. Kerk, Van de P., “Study about the sodium supply of cattle on forms of « soil – plant – animal project » at the Vonden – Henglo area (The Netherlands)”, *Tijdschr. Diergeneesk* n° 93, (1968), 55 - 65.
240. Tasker, J. B., “Fluid, electrolyte and acid – base abnormalities in cattle.”, *J. A.V.M. A* n° 155, (1969), 1906.
241. Pradhan, K et Hemken, R.W., “Potassium depletion in lactating dairy cows”, *J. Dairy. Sci* n° 51, (1968), 1377 – 1381.

242. Paragon. B.M., In: Troubles du transit digestif chez les bovines. Point vétérinaire n°28.
243. Berg, C. "Troubles du transit digestif chez les bovins.Valeurs diagnostique et pronostique de l'hypokaliémie" Point Vétérinaire. N° 28 (2001).
244. Klinkon, M., Zadnik, T et Mesaric, M., "The effect of the periparturient period on the activity of enzymes AST, GLDH, GGT, LDH, ALD in blood of cows", *Revue. Méd. Vét.* V.151, n°7, (2000), 722 – 723.
245. Sevinc. M., Basoglu. A., Bridane. F.M et Boydak. M., "Liver function in dairy cows with Fatty Liver", *Revue Médecine vétérinaire*, V.152, n°4, (2001), 297-300.
246. Hanzen, M. A., "An out break of toxic liver injury in ruminants", *Nord. Vet. Med*, n°16, (1964), 323.
247. Smith, G.M., Gry, J. M., Allen, J. G et Costs, N.D., "Plasma indicators of muscle damage in a model of nutritional myopathy in weaner sheep", *Australian Veterinary Journal*. V.71 n°1, (1994), 12-17.
248. Alson, M.E., Sanchez, J. M., Robles, R. Z ., Argo, A et Mand Gaudiogo, V.R., "Relation entre la fréquence des chutes et différents paramètres hématologiques chez le taureau de combat", *Revue de médecine vétérinaire* .V. 148, n°12, (1997), 99-104
249. Martin- Prevel, P., Gagnard, J et Gautier P., "L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales", Ed. Lavoisier TEC et DOC, (1984), 810p
250. Perkin-Elmer., "Analytical methods for atomic absorption spectrometry", Ed. P. E. Corporation. USA, (1994).
251. Bazin. S., "Grille de notation de l'état d'engraissement des vaches Oie noire", Edition RNED bovin, Paris, (1984), 32p
252. Soltner,D., "Alimentation des animaux domestiques 20ème édition Tome1 : Les principes de l'alimentation pour toutes les espèces", (1994), 180 p.
253. Soltner,D., "Alimentation des animaux domestiques 17ème édition", Ed : collection sciences et techniques agricoles, (1986), 399 pages.
254. Demarquilly, C., "La valeur nutritive des fourrages et leur rôle dans l'alimentation des ruminants. In : les matériels de récolte des fourrages : ensilage et distribution", Collection FORMAGRI et VOLUMEB. Ed : TEC et DOC, (1995) 395 pages
255. ITEBO (Institut technique de l'élevage bovin et ovin) Baba-Ali Blida. "Valeur alimentaire des fourrages et besoins nutritifs des bovins : 20 pages"

256. Andrieu, J et Demarquilly., “Composition et valeur alimentaire des foins et des pailles. In : Les fourrages secs récolte, traitement et utilisation”, Edition Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, (1987), 163-182
257. Martin, L., Lefebvre., Jalberts, J., Block, E et Cant, J., “Concepts et stratégies alimentaires pour la vache laitière haute productive”, 20ème symposium sur les bovins laitiers « depuis 20 ans, le rendez-vous qui s’impose ». 24 octobre, (1996), 15-56. CPAQ, Québec.
258. Morand-Fehr. P et TRAN, G., “La fraction lipidique des aliments et les corps gras utilisés en alimentation animale”, INRA Prod. Anim, V.14 n°5, (2001), 285 – 302.
259. Remesy. C., Chillard. Y., Aroeira. L., Mazur. A., Fafournoux. P et Demignes. C “Les dérivations du métabolisme lipidique chez le ruminant durant la gestion et la lactation” Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, n°55, (1984), 53-71.
260. Jarrige, R., Ruckebusch, Y., Demarquilly, Y C., Farce, M.H et Journet, M ., “Nutrition des ruminants domestiques” – Ingestion et digestion, (1995).
261. Little, D.A., “Utilisation of minerals. In : J. B. Hacher, nutritional limits to animal production from pastures”, commonwealth agriculture Bureau, Farnham Royal, UK, (1982), 259-283.
262. NRC (National Research Council)., “Nutrient requirement of dairy cattle”, National Academy Press, Washington, D. C, (1988), 157p.
263. Philips, C.J.C et Schofields, A., “The effect of supplementary light on the production and behaviour of dairy cows”, Anim. Prod n°48, (1989), 293-303.
264. Lamand., “Les oligo-éléments”, (1975) 78 pages .
265. Lamand., “Besoins nutritionnels et recommandations concernant les oligo-éléments chez les ruminants”, I.N.R.A – C.R.V.Z de Theix, Journées d’informations, (1975), 16 – 18 Déc.
266. Belkhiri, A., “Contribution à l’étude physiopathologique du post-partum chez la vache laitière. Mémoire du Magister en sciences agronomiques, Institut National Agronomique - El Harrach”, (2001).
267. Benmakhoulf, A., “Les diarrhées néonatales des veaux nouveaux-nés”, Thèse en vue de l’obtention d’un PHD en Médecine Vétérinaire, Bulgarie, (1986)
268. Sahraoui, N., “Influence de l’alimentation sur la production laitière”, Thèse de Magister. ISV Blida, (2002).
269. Kayoueche, F.Z., “Les profils métaboliques chez les vaches laitières”, Thèse Magister. ISV Constantine, (2001), 219p.
270. Safsaf, B., “L’urée du lait en relation avec le rationnement azoté des vaches laitières. Thèse. Magister. Département des sciences vétérinaires”, Université de Constantine, (2001)

271. Turnwald. G.H et Willard .M.D., “Troubles endocriniens, troubles métaboliques et troubles lipidiques”, In la laboratoire en clinique vétérinaire Eds. Willard. M., Tvedten. H., Turnwald. G.H. Maloine, Saunders, (1193), 249-250.
272. Rowlands, G.J., “ A review of variations in the concentration of metabolites in the blood of beef and dairy cattle associated with physiology, nutrition and disease, particular reference to the interpretation of metabolic profiles”, Word. Rev. Nutr. Diet n°35, (1980),172-235.
273. Sauvart. D., Soyeux. D et Chilliard. Y., “Réflexions sur l'étiopathogénie des maladies de la nutrition”, Bull. Tech. C.R.Z.V theix, I.N.R.A n°53, (1983), 117-121.
274. Eckersall.P.D., “Recent adavances and future prospects for the use of acute phase proteins as markers of disease in animals”, Reve. Méd. Vét, V.7, n°7, (2000), 577-584
275. Manston, R et Allen, W.M., “Modern diagnostic methods in practice. The use of blood chemistry in monitoring the health of farm livestock”, Br. Vet, (1981) J.137.241-247.
276. Lakhdissi, H., Lahlou-Kassi, A et Thibier, M., “Conduite de la reproduction en grand troupeau laitier dans les conditions marocaines. I : influence du programme d'action vétérinaire intégré de reproduction sur les bilans de fertilité”, Revue. Elev. Méd. Vét. Pays.Trop. V.41 n°3, (1988), 293-299.
277. Francos, G et Mayer, E., “Analysis of fertility indices of cows with extended post-partum anestrus and other reproductive disorders compared to normal cows”, Theriogenology, V. 29 n°2, (1988), 399-411.
278. Charron, G., “Les bases de la production”, Ed. Tec et Doc Lavoisier, volume1, (1986) 347p.
279. Abbaci, S., “Contribution à l'étude de la fécondité des vaches laitières. Approche : zootechnique, sanitaire et endocrinienne.” Thèse de magister.1999. Institut des sciences de la nature. Annaba.
280. Chevalier, A et Champion, H., “Etude de la fécondité des vaches laitières en Sarthe et Loire- et – Cher”, Elévage . Insémination. n° 272, (1996), 8-21pp.
281. Charron, G., “Conduite technique et économique du troupeau”,Ed. Tec et Doc Lavoisier, volume2 (1988), 292p.
282. Benaich, S., Guerouali, A., Belahsen, R., MOKHTAR N et Aguenau, H., “Effet du degré de mobilisation des réserves corporelles après le vêlage sur la fonction reproductive de la vache laitière en post-partum1”, Revue de Médecine Vétérinaire V.150 n°5, (1999), 441-446.

283. Srairi, M.T et Kessab B., “Pratiques d'élevage. Performances et modalités de production laitière dans six étables spécialisées au Maroc”, INRA Prod. Anim, V.11,n°4, (1998),321-326.
284. Jandal, M.J., “Genetic properties in cows. Bovine and Ovine. Middle east and north Africa”, November 32- July- August. (2001), p26.
285. Bartelet, P.C., Kirk, J.H et MATHER E.C., “Repeated insemination in Michigan Holstein Friesion cattle. Incidence descriptive epidemiology, and estimated economic impact”. Theriogenology, n°26, (1986), 309 – 322.
286. Hafiane, S et Larfaoui, M.C., “Etudes de quelques paramètres de reproduction et de lactation chez quelques troupeaux bovins laitiers des wilaya de Annaba, Guelma et El Taref”, Thèse Ing. Agro. INA (EL Harrach). 112pp
287. Benabdelaziz., “Etude des moyens et méthodes de maîtrise de l'oestrus chez les bovins laitiers”, Thèse d'Ingénieur Agronome, Institut National d'Agronomie El Harrach, (1989), 73 pp
288. Denis B., “Abord zootechnique de l'infertilité chez les bovins laitiers: mesure de la fertilité”,
a. Recueil. Médecine. Vétérinaire. V. 154 n°1, (1978), 17-22
289. Denis B.,
b. Abord zootechnique de l'infertilité chez les bovins laitiers: les facteurs autre qu'alimentaires de l'infertilité. Recueil. Médecine. Vétérinaire. V.154 n°3, (1978), 215-221.
290. Zemjanis, R., “Repeat breeding or conception failure in cattle. In: current therapy in theriogenology”, Ed.D.A. MORROW. Philadelphia, W.B. Saunders, (1980), 205-213.