



*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*وزارة التعليم العالي والبحث العلمي*

*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*  
*جامعة الشاذلي بن جديد*

*Université Chadli Bendjedid-El-Tarf Faculté*  
*des Sciences de la Nature et de la Vie*  
*Département des sciences Vétérinaires*

## **Thèse Soutenue**

**EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTORAT ES SCIENCES**

**EN SCIENCES VETERINAIRES**

### **THEME**

**Evaluation du bien être alimentaire des vaches laitières en élevage intensif : Effet sur les performances repro-productives et l'état sanitaire : cas du Nord-Est algérien**

**Présentée par : MERDACI LATIFA**

**Devant le Jury**

**Président : AOUN Leila**

**Pr Université Chadli Bendjedid El-Tarf**

**Rapporteur : CHEMMAM Mabrouk**

**Pr Université 8 mai 1945 Guelma**

**Examineurs :**

**BAIRI Abdelmajid**

**Pr**

**Université Baji Mokhtar Annaba**

**MIROUD Kamel**

**MCA**

**Université Chadli Bendjedid El-Tarf**

**MEBIROUK Lamia**

**MCA**

**Université Chadli Bendjedid El-Tarf**

**ABDELMAJID Sadek**

**MCA**

**Univ. Cherif Messaadia Souk Ahras**

**Année universitaire: 2015/2016**

# *Dédicaces*

A la personne qu'aucun mot, aucun geste, aucune expression ne pourront suffire à exprimer ce que je ressens pour elle : MAMAN synonyme de sacrifice, d'amour, de tendresse.

Merci d'exister

A ma sœur Leila : Présente, aimante, disponible, merci d'être là pour moi et pour les prunelles de mes yeux : Mohamed Haithem, Hajer, et Haroun.

Merci pour tout le bonheur que vous me procurez.

A mon époux Dr Belilet Azzedine qui m'a énormément aidé dans ma carrière et ce depuis mon cursus universitaire jusqu'à ce jour.

A la mémoire de mémé Aicha l'être exceptionnel qui a fait de moi ce que je suis aujourd'hui. J'aurai tant aimé qu'elle soit encore parmi nous.

A la mémoire de mon père qui n'a pas eu le temps de me voir grandir, j'espère qu'il est fier de moi.

# *Remerciements*

Je voudrais tout d'abord remercier le Pr L. Aoun pour avoir bien voulu accepter de présider notre jury.

Je tiens également à remercier le Pr A. Bairi, le Dr K. Miroud, le Dr S. Abdelmajid, ainsi que le Dr L. Boudechiche- Mebirouk d'avoir accepté de juger mon humble travail.

Je tiens particulièrement, à remercier le Professeur M. Chemmam pour avoir dirigé ce travail. Son engagement, sa disponibilité permanente et son dévouement n'ont jamais fait défaut. Merci professeur pour votre aide précieuse, votre temps, et vos efforts.

Un grand remerciement au Dr M. Suissi pour ses encouragements incessants, merci d'avoir cru en moi.

J'adresse mes vifs remerciements à l'équipe de l'ITMA Guelma.

Un grand merci à tous mes collègues de l'université Chadli Bendjedid d'el tarf.

<b>Résumé</b>	VI
<b>Abstract</b>	VII
<b>صخلم</b>	VIII
<b>Liste des Abréviations</b>	IX
<b>Liste des Tableaux</b>	XI
<b>Liste des figures</b>	XII

## **Introduction générale**

### **PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE**

<b>I. Importance de l'alimentation chez la vache laitière</b>	1
<b>Introduction</b>	1
<b>1.1. Évolution des besoins nutritionnels</b>	1
<b>1.2. Couverture des besoins énergétiques</b>	4
1.2.1. Le besoin énergétique au tarissement	5
1.2.1.1. Conséquences du déficit énergétique au tarissement	5
1.2.1.2. Excès énergétique au tarissement	6
1.2.1.3. Conséquences métaboliques	7
1.2.2. Début de lactation	8
1.2.2.1. Conséquences du déficit énergétique en début de lactation	11
1.2.3. Métabolisme énergétique	13
1.2.4. Les substrats énergétiques	14
1.2.5. Influence de la composition de la ration sur la proportion d'AGV	16

# Sommaire

---

1.2.6. Évolution de l'ingestion de matière sèche ingérée (msi)	17
<b>1.3. Besoins azotés</b>	19
1.3.1. Digestion des matières azotées	19
1.3.2. Couverture des besoins azotés	20
1.3.3. Déficit azoté	22
1.3.3.1. Le déséquilibre azoté au tarissement	22
1.3.4. Relation entre les déséquilibres azotés et la reproduction	23
<b>1.4. Digestion des lipides</b>	24
1.4.1. Lipomobilisation lors du peripartum	24
1.4.2. Cétogenèse	27
<b>1.5. Apport en minéraux, vitamines et oligo-éléments</b>	28
1.5.1.. Reproduction et déficit en oligo-éléments et en vitamines	29
1.5.2. Reproduction et déficit en macroéléments	30
<b>1.6. Particularités des ruminants</b>	32
<b>II. Evaluation des réserves énergétiques</b>	34
<b>Introduction</b>	
<b>2.1. Exécution de la notation</b>	34
2.1.1. Moments	34
2.1.2. Suivi	34
<b>2.2. Le poids vif</b>	35
2.2.1. Estimation du poids d'une vache	35
2.2.2. Relation avec la note d'état	35

<b>2.3. Réserves énergétiques</b>	36
<b>2.4. Bilan énergétique</b>	37
2.4.1. Evolution du bilan énergétique	37
<b>2.5. Evolution de la note d'état corporel (NEC)</b>	39
2.5.1. NEC au tarissement	39
2.5.2. NEC au vêlage	40
<b>2.6. Perte d'état au cours du post-partum</b>	41
2.6.1. Appétit des vaches	41
2.6.2. Objectifs d'évolution de la Nec après le vêlage	42
<b>2.7. Effets de la NEC sur la production laitière</b>	42
2.7.1. Niveau de production	43
2.7.2. NEC et matières utiles du lait	43
2.7.3. Gestion de la production laitière	44
2.7.4. Relation NEC et reproduction	45
 <b>PARTIE EXPERIMENTALE</b>	
<b>Introduction</b>	48
<b>1. Matériels et méthodes</b>	49
1.1. Région d'étude	49
1.2. Animaux	49
1.3. Procédures générales	50

# Sommaire

---

1.4. Alimentation	50
1.5. Etat corporel et poids vif	51
1.6. Production laitière	52
1.7. Reproduction	54
1.8. Suivi sanitaire	55
1.9. Analyses statistiques	55
<b>2. Résultats</b>	<b>56</b>
2.1. Age au premier vêlage	56
2.2. Alimentation	56
2.3. Consommation de MS	57
2.4. Résultats de la production laitière	59
2.4.1. Coubes de lactation	60
2.4.2. Matières utiles	61
2.5. Evolution du poids et des réserves corporelles	63
2.6. Evolution des besoins et apports nutritionnels	65
2.6.1. Bilan énergétique	65
2.6.2. Bilan énergéico-protéique	67
2.6.3. Bilan électrolytes des rations	69
2.7. Performances de reproduction	70

# Sommaire

---

2.8. Etat sanitaire	71
<b>3. Discussion</b>	<b>72</b>
3.1. Ingestion volontaire de matière sèche	72
3.2. Performances laitières	73
3.2.1. Quantités de lait	73
3.2.2. Matières utiles	74
3.3. Bilan nutritionnel	75
3.3.1. Bilan énergétique	75
3.3.2. Equilibre énergétique-proteique	76
3.3.3. Bilan anion-cation	77
3.4. Poids vif et réserves corporelles	78
3.5. Reproduction	80
3.6. Etat sanitaire	83
<b>4. Conclusions</b>	<b>85</b>
Annexes	

## Résumé

Deux lots de génisses importées d'Europe, 10 de race Prim'Holstein (PH) et 10 Montbéliardes (MB), en gestation de  $5,6 \pm 0,4$  (PH) et  $5,5 \pm 0,4$  mois (MB), âgées de  $18,6 \pm 0,9$  (PH) et  $26,5 \pm 0,9$  mois (MB), avec un poids de  $474 \pm 43$  (PH) et  $558 \pm 52$  kg (MB) ont été suivis sur 3 lactations successives, dans les mêmes conditions d'élevage. Le 1er vêlage a eu lieu à  $24,2 \pm 0,8$  mois avec un poids de  $510 \pm 45$  kg pour la race PH et à  $32,1 \pm 0,8$  mois et  $580 \pm 49$  kg pour la race MB. Les aliments distribués en début de lactation présentent une faible densité énergétique (variant entre 0,7 et 0,8 UFL/kg de MS) et ne compensent pas la diminution de la quantité de MSI. L'observation des taux de couverture des besoins énergétiques révèlent des écarts d'environ 30% et 26% entre les besoins et les apports au début de la 1<sup>ère</sup> lactation. Ce cas de figure réapparaît au cours des lactations successives pour les deux races. La concentration protéique moyenne (g de PDI : kg MS) des rations distribuées en début et en milieu de lactation ( $<100$ g/kg de MS) est en dessous des apports recommandés. Les performances réalisées sont en dessous des potentialités de production laitière et de reproduction des deux races. Elles ont été meilleures en race MB :  $4\,211 \pm 340$  (MB) et  $3\,965 \pm 328$  kg (PH) en 1<sup>ère</sup> lactation,  $5\,024 \pm 360$  (MB) et  $4\,660 \pm 420$  kg (PH) en 2<sup>ème</sup> lactation,  $5\,700 \pm 530$  (MB) et  $5\,180 \pm 400$  kg (PH) en 3<sup>ème</sup> lactation. Dans l'ensemble les profils d'état corporel ont été insuffisants en début de lactation, particulièrement en 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> lactation ( $\leq 2$ ), et à ce stade les taux protéiques (TP) sont compris entre 25,4 et 29,4 g/kg de lait.

Dans l'ensemble si on observe l'évolution des valeurs du TB et du TP elles révèlent en plus du déficit énergétique, la suspicion d'une situation d'acidose. Le rapport TB/TP durant la 1<sup>ère</sup> semaine de lactation est proche de 1,5 ce qui peut être révélateur d'une suspicion de cétose avec déficit énergétique.

Au tarissement, la MB est toujours revenue à un meilleur niveau de reconstitution des réserves par rapport à la PH sans jamais revenir au niveau des réserves au vêlage. Les délais de fécondité ont été plus longs chez la race Prim'Holstein.

**Mots-clés : bilan énergétique, lactation, TP, TB, NEC, reproduction, vêlage**

## Abstract

Two batches of heifers imported from Europe, 10 of race Prim' Holstein (PH) and 10 Montbéliardes (MB), in gestation of  $5,5 \pm 0,4$  (MB) and  $5,6 \pm 0,4$  months (PH), old of  $26,5 \pm 0,9$  (MB) and  $18,6 \pm 0,9$  months (PH), with a weight of  $558 \pm 52$  kg (MB) and  $474 \pm 43$  kg (PH), were followed on 3 successive lactations under the same conditions of breeding. The first calving has been at  $24,2 \pm 0,8$  months with a weight of  $510 \pm 45$  kg for race PH and with  $32,1 \pm 0,8$  months and  $580 \pm 49$  kg for race MB. Distributed food in the beginning of lactation have a low energy density (varying between 0.7 and 0.8 UFL / kg MS) and do not offset the decrease in the amount of MSI. The observation of the energy needs coverage, reveal deviations of about 30% and 26% between needs and contributions in the beginning of the first lactation. This case appears in successive lactations for both races. The average protein concentration (g PDI: kg DM) of rations in the beginning and mid-lactation ( $<100$  g / kg DM) is below the recommended intakes. The performances carried out are below potentialities of dairy production and reproduction of both races. They were better in race MB:  $4\ 211 \pm 340$  kg (MB) and  $3\ 965 \pm 328$  (PH) in the 1st lactation,  $5\ 024 \pm 360$  kg (MB) and  $4\ 660 \pm 420$  (PH) in the 2nd lactation,  $5\ 700 \pm 530$  kg (MB) and  $5\ 180 \pm 400$  (PH) in the 3rd lactation. Generally, the body condition profiles were insufficient in the beginning of lactation, particularly in 2nd and 3rd lactation ( $\leq 2$ ), and at this point the protein levels (TP) are between 25.4 and 29.4 g / kg milk. Overall, if we observe the evolution of the values of TB and TP, they reveal more of the energy deficit, suspicion of a situation of acidosis. TB / TP report during the first week of lactation is close to 1.5 which may be indicative of a suspicion of ketosis with energy deficit. In dry cow period, MB is always returned to a better level of reserves rebuilding compared with PH witch never return to the level of reserves at calving. The time of fertility was longer in the Prim' Holstein breed.

**Keywords:** Energy balance, lactation, TP, TB, NEC, reproduction, calving.

## ص خلم

نپاتشلوه 10 ، ابوروا نم ددروتسما رقبلا نم نیتدومجم (PH) نمل محلا یف ، درایلبنم 10 و  
0.4 ± 5.6 (PH) رهشأ 5.5 ± 0.4 و (MB) نید مهرامعأ حوارتت و 0.9 ± 18.6 (PH) و  
0.9 ± 26.5 رهشأ (MB) مهنزو غلیبو ، (PH) و 474 ± 558 43 ± 52 (MB) تمت  
فورظلا سفند لظ یف تقحلاتم مساوم 3 نم رتکأ مهتعباتم. یف دلاو ل و ا تناک 0.8 ± 24.2  
لداعید نزو عم رهشأ 45 ± 510 نپاتشلوهلا غک و 0.8 ± 32.1 و ارهش 580 ± 49 غک  
نید حوارتت تضافنم تقاطلا تفاتک مهیدل اعاضرلا لءاوا یف عزوملا تیدغلا. درایلبنملا و 0.80.7  
UFL / kg MS تیمک ضافخنا ضوعت لا و MSI. تقارم تیطغلا تاجایتحا تقاطلا نء فشکت  
تافارحنا 30% و 26% نید یف تامهاسماو تاجایتحلا اعاضرلا یلولا تقو یف اذه رکم  
مارغ) نیتوربلا زیکرت طسوتم. نیتدومجملا نمل کلا تیلاتتم مساوم یف رهضیوبرانیسلا PDI مغک  
(MS غک / مارغ <100) اعاضرلا فصتنم لئاو یف صصلا نم (DM) تالصحتما نمل قأ  
لکل. اهدی صوملا لضافا اوناک. مهتیناکم نمل قاتر هظ رتاکتلاو بیلحلا جاتنای وتسم سانجلا  
MB: 4211 ± 340 درایلبنملا دذغ غک 3965 ± 328 و (PH) ، یلولا اعاضرلا یف 5024 ±  
360 (MB) غک 4660 ± 420 و (PH) اعاضرلا یف 2 ، (MB) و 5180530 ± 400  
غک (PH) اعاضرلا یف 3. مسجلا تاطایتحا تلاد اعاضرلا لئاو یف تیفاک ریغ تناک تصاخ  
نیتورب تاپوتسم تطقنلا مده دذغو ، (2 ≥) ثلاثلا و یثلاثلا مسوملا لالاخ (TP) مغ 29.4 و 25.4 نیدام /  
تیمیقروطت ظحلان اذامومعوبیلحلا نم مغک TB و TP یلا مابثسلا ، تقاطلا یف زجلا نم دیزملا فشکت اهنأ  
نید تقلاعا. ضملا تلاد TP / TB ارشؤم نوکتدقی تلا 1.5 نم برقلاب اعاضرلا نمل لولأ عوبسلأ لالاخ  
عاجرل امئاد متی ، ترقبلا فافج تقو یف تقاطلا یف زجلا عم نولختلا یف مابثشا دوجو یلء MB یوتسم یل  
ءانب فداعل تاطایتحا نمل لضافا ل تبسنلاب مسجلا PH یوتسم یل ادبأ ة دوعلاب تقو یف تاطایتحلا  
نپاتشلوه تل لاس یفل و طأ ترتف تقبوصخلا فورظ تناک. دلاولا.

، دلاو ، خاسنئسلا ، اعاضرلا ، تقاطلا نزوات: تلادلا تامکلا TP ، TB ، NEC .

## LISTE DES ABREVIATIONS

AC : Acétone

AcAc : Acéto-acétate

AG : Acide gras

AGNE : Acide gras non estérifiés

AGV : Acide gras volatil

BEA : Bilan électrolytique alimentaire

BHB : Béta-Hydroxybutyrate

Cl : Chlore

GH : Hormone de croissance

Hcl1N : Acide chloridrique

IA1 : Première insémination artificielle

IVV : Intervalle vêlage-vêlage

IVIA1 : Intervalle vêlage première insémination artificielle

IMS : Ingestion des matières sèches

INRA : Institut national de recherches agronomiques

Kg : Kilogramme

K : Potassium

L : Lactation

MS : Matière sèche

MSI : Matière sèche ingérée

Na : Sodium

NEC : Note d'état corporel

PDI : Protéines digestibles dans l'intestin

PDIE : Protéine digestible dans l'intestin permise par l'énergie

PDIN : Protéine digestible dans l'intestin permise par l'azote

PI : Production initiale

PL : Production laitière

PLmax : Production laitière maximale

PV : Poids vif

S : Souffre

TB : Taux butyreux

TP : Taux protéique

UEL : Unité d'encombrement lait

UFL : Unité fourragère lait

VIA : Vêlage-insémination artificielle

VIA1 : Vêlage première insémination artificielle

VIAF : Vêlage insémination artificielle fécondante

V-V : Vêlage-vêlage

VO1 : Intervalle vêlage-première ovulation

## LISTE DES TABLEAUX

N°	TITRE	PAGE
Tableau 1	Besoins énergétiques quotidiens d'une vache laitière de 600 kg en fonction de son stade physiologique (d'après INRA, 1988).	08
Tableau 2	caractéristiques de la balance énergétique en début de lactation en fonction de la parité source : (De Vries, 1999)	18
Tableau 3	besoins azotés quotidiens d'une vache laitière en fonction de son poids et du stade physiologique (d'après INRA, 1988)	21
Tableau 4	Aliments disponibles et valeurs alimentaires	56
Tableau 5	Consommations moyennes de MS (kg/j) et apports énergétiques (UFL) par stade (1 <sup>er</sup> contrôle, 30 <sup>ème</sup> et 60 <sup>ème</sup> jour), race (PH, MB) et par rang de lactation (L).	58
Tableau 6	Résultats moyens de la production laitière (kg) au cours des 3 lactations par stade (1 <sup>er</sup> contrôle, 30 <sup>ème</sup> et 60 <sup>ème</sup> jour), Troupeau (T), race (PH, MB) et par rang de lactation (L).	59
Tableau 7	Résultats moyens des TB et TP (‰) au cours des 3 lactations par stade (1 <sup>er</sup> contrôle, 30 <sup>ème</sup> , PLmax et 60 <sup>ème</sup> jour), race (PH, MB) et par rang de lactation (L).	62
Tableau 8	Evolution du rapport TB/TP par stade (1 <sup>er</sup> contrôle, 30 <sup>ème</sup> , Plmax et 60 <sup>ème</sup> jour), race (PH, MB) et par rang de lactation (L).	63
Tableau 9	Variations du poids vif (PV) et de la note d'état corporel (NEC) aux principales phases physiologiques des 3 lactations (L)	63
Tableau 10	Concentrations énergétique et protéique moyennes des rations consommées par stade (1 <sup>er</sup> contrôle, 30 <sup>ème</sup> , 60 <sup>ème</sup> et 90 <sup>ème</sup> jour), race (PH, MB) et par rang de lactation (L).	65
Tableau 11	Taux (%C) de couverture des besoins (B) et apports (A) énergétiques par stade (1 <sup>er</sup> contrôle, 30 <sup>ème</sup> , 60 <sup>ème</sup> et 90 <sup>ème</sup> jour), race (PH, MB) et par rang de lactation (L)	66
Tableau 12	Besoins (B) en PDI et apports en PDIE et PDIN, en g/Vache/jour par stade (1 <sup>er</sup> contrôle, 30 <sup>ème</sup> , 60 <sup>ème</sup> et 90 <sup>ème</sup> jour), race (PH, MB) et par rang de lactation (L).	68
Tableau 13	Déséquilibre azotés moyens en g/Vache/jour (D) pour PDIE (e) et PDIN (n), cumulés (DC) au 30 <sup>ème</sup> , 60 <sup>ème</sup> et 90 <sup>ème</sup> jour), par race (PH, MB) et par rang de lactation (L).	68
Tableau 14	Concentrations en minéraux des aliments utilisés dans le rationnement en g / kg de MS et bilan électrolytique alimentaire en mEq / kg <sup>-1</sup> de matière sèche	69
Tableau 15	Concentrations en minéraux des régimes de base distribués aux vaches en lactation au cours de l'année en g/kg de MS et bilan électrolytique alimentaire en mEq / kg <sup>-1</sup> de matière sèche, sans l'apport complémentaire d'aliments concentrés	70
Tableau 16	Résultats moyens (en jours) des paramètres de reproduction des deux races	70

## LISTE DES FIGURES

N°	FIGURE	PAGE
Figure 1	Evolution des besoins autour du vêlage	02
Figure 2	Vue générale du métabolisme des hydrates de carbone chez la vache. (Wattiaux, 1994a).	15
Figure 3	Evolution comparée de l'appétit et des besoins alimentaires autour du vêlage (d'après Enjalbert, 2003)	18
Figure 4	Vue générale du métabolisme protéique chez la vache laitière (Wattiaux, 1994b)	20
Figure 5	Vue générale du métabolisme lipidique chez la vache (Wattiaux, 1994c).	25
Figure 6	évolution de la mobilisation potentielle des réserves (en UFL/j) d'une vache multipare en début de lactation en fonction de sa production potentielle au pic de production et de sa note d'état corporelle au vêlage (maigre = 2, normale = 3,25, grasse = 4,5) (Faverdin et al., 2006)	26
Figure 7	Evolution comparée de l'appétit et des besoins alimentaires autour du vêlage (d'après Enjalbert, 2003)	38
Figure 8	Courbes de variations des niveaux d'ingestion de MS aux principales phases physiologiques	58
Figure 9a	Courbes des 3 lactations de la Montbéliarde	60
Figure 9b	Courbes des 3 lactations de la Prim'Holstein	61
Figure 10	Courbes de variation de la NEC au cours des lactations successives	64
Figure 11a	Évolution du bilan énergétique chez la Montbéliarde	67
Figure 11b	Évolution du bilan énergétique chez la Prim'Holstein	67
Figure 12a	Dominantes pathologies chez la PH et la MB	71
Figure 12b	Vêlages assistés chez les primipares et les multipares	71

# Introduction

Les besoins alimentaires des vaches laitières ont été clairement définis. L'apport énergétique et la teneur en protéines, sels minéraux et vitamines de la ration alimentaire sont des facteurs déterminants essentiels pour la production laitière, la croissance, l'indice de conversion alimentaire, l'efficacité reproductive et la condition physique.

Les performances zootechniques de l'animal ou du troupeau sont souvent considérées par les producteurs comme le principal critère de bien-être. En effet, bien souvent, lorsqu'une chute de production est observée (telle une moindre croissance ou une baisse de lactation) sans que les facteurs classiques de conduite (en particulier l'alimentation) varient, le bien-être des animaux est altéré. En effet, étant donné que la croissance d'un animal, sa production laitière,... nécessitent de l'énergie, toute énergie dépensée dans un autre but peut diminuer les performances zootechniques.

Les vaches laitières doivent avoir accès à une ration alimentaire équilibrée, quantitativement et qualitativement adaptée et conforme à leurs besoins physiologiques. Les systèmes de distribution de la nourriture doivent être conçus de manière à réduire autant que possible les comportements agonistiques.

Il faut s'assurer que la période de restriction n'est pas trop longue et que des suppléments de nourriture et d'eau sont mis à disposition si non le bien-être des animaux risque d'en être compromis. Pour cela il faut connaître les scores systèmes d'évaluation de la condition physique des bovins qu'ils soignent et ne doivent pas laisser ce paramètre sortir des limites acceptables, compte tenu de la race et de l'état physiologique des animaux.

Les aliments et leurs composantes nutritionnelles doivent être de qualité satisfaisante pour répondre aux besoins nutritionnels des animaux. Ils doivent être stockés de manière à réduire autant que possible les contaminations et les détériorations. Ces produits doivent, s'il y a lieu, être contrôlés pour y rechercher les substances pouvant avoir un impact négatif sur la santé des animaux.

Plus la proportion de céréales augmente dans la ration alimentaire, plus le risque relatif de troubles digestifs, s'accroît chez les bovins. Ces troubles surviennent aussi si la qualité de l'ensilage est insuffisante. C'est pourquoi, lorsque des céréales sont distribuées à des bovins laitiers, elles doivent être introduites progressivement et ne pas représenter plus de 50 % de la ration quotidienne.

Les aliments fibreux, qui sont bien appréciés par les animaux tels que l'ensilage, l'herbe et le foin doivent être disponibles à volonté pour répondre aux besoins métaboliques tout en facilitant la digestion et en assurant la fonction normale de rumination.

Il faut connaître la relation entre la composition de la ration alimentaire et les changements brusques d'alimentation et les troubles digestifs et leurs conséquences négatives (déplacement de la caillette, acidose ruminale subaiguë, ballonnements, abcès hépatique, fourbure).

Une attention toute particulière doit être portée à la nutrition lors du dernier mois de gestation, s'agissant notamment de l'équilibre énergétique, des aliments de lest et des micronutriments afin de réduire au minimum les maladies pouvant survenir pendant et après le vêlage et d'éviter une baisse de la condition physique.

Critères de résultats mesurables : taux de mortalité, taux de morbidité, comportement, en particulier comportement agonistique au niveau des mangeoires, évolution du poids et du score d'évaluation de la condition physique, efficacité reproductive, variations de la production laitière et courbe taux de croissance.

Au-delà de la productivité, il convient de tenir compte de considérations relatives au bien-être et à la santé des animaux lors du choix d'une race ou d'une sous-espèce pour un site ou un système de production donnés. Parmi ces considérations figurent les besoins nutritionnels, la résistance aux ectoparasites et la tolérance à la chaleur.

**ETUDE  
BIBLIOGRAPHIQUE**

# I. Importance de l'alimentation chez la vache laitière

## Introduction

Le *peripartum* constitue une période très importante au cours du cycle physiologique d'une vache laitière. Celle-ci se caractérise par des besoins spécifiques, et une adaptation du métabolisme énergétique très fine. Le *peripartum* correspond à deux périodes physiologiques qui sont très différentes, à savoir la fin du tarissement, caractérisée par des besoins alimentaires faibles, et le début de la lactation caractérisé par des besoins énergétiques élevés : il s'agit donc d'une période clé pour la vache laitière (Enjalbert, 1998).

C'est pourquoi une bonne maîtrise de la transition entre l'état de gravidité, et l'état de lactation doit faire l'objet d'une grande attention de la part de l'éleveur. Cette période s'étend de trois semaines avant le vêlage jusqu'à trois semaines après le vêlage, on l'appelle "période de transition" (Drackley, 1999).

Cette période est souvent associée à un pic d'incidence de pathologies, notamment des pathologies métaboliques cétose, déplacement de caillette de 3,2% (Duffield et al., 2009) à 5,1% (LeBlanc et al., 2005) ou infectieuses et métrites de 2,7% (Duffield, et al., 2009) et mammites (10,3% (Duffield et al., 2009).

### 1.1. Évolution des besoins nutritionnels

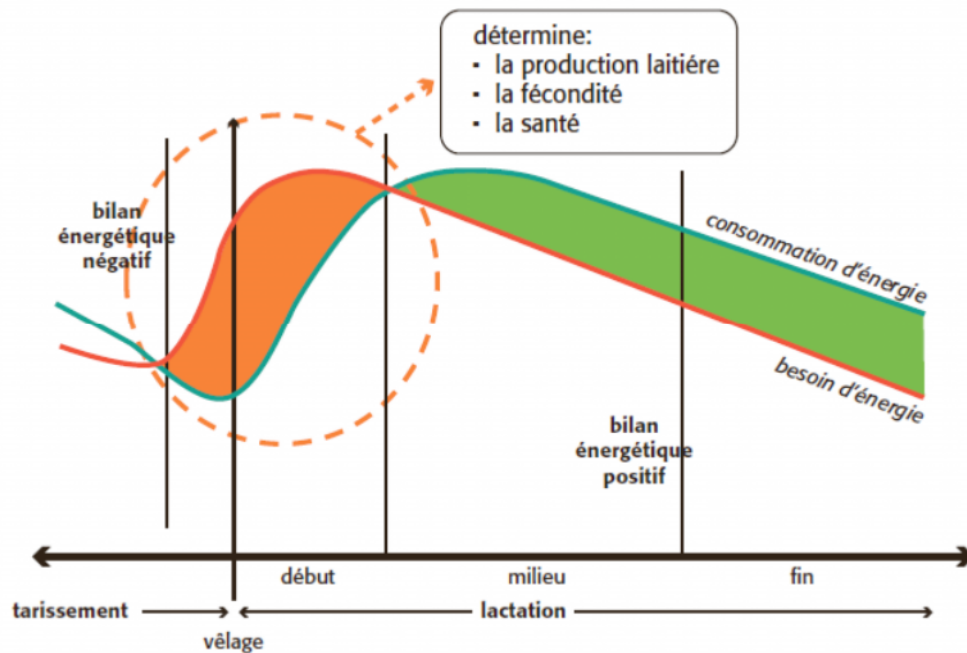
Au cours des derniers jours de gestation, l'appétit des vaches tend à diminuer : la quantité de matière sèche ingérée chute de 12-14 kg à des valeurs comprises entre 8 et 12 kg. A l'inverse, les besoins liés à la gestation ainsi qu'à la préparation de la mamelle deviennent importants, ces derniers étant compris entre 1,5 et 2 UFL/jour.

Dans les dernières semaines de gestation, les besoins utéro-placentaires d'une vache laitière représentent environ 30 % de l'énergie totale, 45 % du glucose et 72 % des acides aminés (Gerloff, 2000). Or les besoins de la mamelle pour des vaches Holstein hautes productrices requièrent plus de 90 % de l'apport en énergie et plus de 80 % de l'apport en protéines (Drackley, 1999). Ainsi en début de lactation et pour ce type de vaches, l'augmentation des besoins nutritionnels par rapport au prépartum est :

## Etude bibliographique

- triplée pour l'énergie,
- doublée à triplée pour le glucose,
- doublée pour les acides aminés.

Cette élévation considérable intervient au moment où la capacité d'ingestion est la plus faible. En effet, les dernières semaines de gestation sont associées à une baisse de la matière sèche ingérée, progressive au cours des 3 dernières semaines pour les multipares, plus brutale lors de la dernière semaine pour les primipares. Ainsi, dans les jours précédant le vêlage, la capacité d'ingestion est réduite de 30 à 50 % par rapport à celle du début de tarissement. Un bilan énergétique négatif est donc systématique en début de lactation (**Figure 1**). Son ampleur ainsi que sa durée ont des conséquences directes sur la santé de la vache. Tout ce qui diminue l'appétit de l'animal en péripartum a des conséquences sanitaires majeures.



**Figure 1** : Evolution des besoins autour du vêlage (Enjalbert, 2003)

Chez les ruminants, le glucose est essentiellement d'origine endogène et hépatique (à plus de 90 %). Un bon fonctionnement du foie se révèle donc primordial à ce moment-là. Les besoins en calcium de la vache tarie sont modérés, environ 60 g par jour. Ils sont couverts sans complémentation minérale spécifique par la très grande majorité des rations de tarissement. Mais les synthèses du colostrum et du lait provoquent une élévation brutale et forte des besoins en calcium, avec un quasi doublement de ceux-ci.

## Etude bibliographique

---

On observe également, dans les jours qui précèdent le vêlage, un effondrement des concentrations plasmatiques en vitamine A et vitamine E, de respectivement 38 et 47 %, résultant d'une part, d'une accumulation dans le colostrum et d'autre part, d'une utilisation excessive en relation avec les perturbations immunitaire et métabolique du vêlage (Goff et Horst, 1997). Or ces deux éléments tiennent des places importantes dans l'immunité, soit directement comme la vitamine A, soit par son rôle anti-oxydant comme la vitamine E.

Après le vêlage, l'appétit augmente mais beaucoup plus lentement que les besoins, les apports recommandés en énergie et en protéines triplant voire quadruplant dès la 2ème semaine de lactation, soit bien avant le pic de lactation, tandis que l'appétit n'atteint son maximum que deux à quatre mois après le vêlage. Le statut énergétique d'une vache laitière varie en fonction de la saison, de l'âge, du type de stabulation, de la production laitière et principalement de son stade physiologique.

La production laitière croît quotidiennement du vêlage au pic de lactation, vers 6 à 8 semaines *postpartum*. La vache présente un bilan énergétique négatif, s'accroissant de jour en jour, atteignant un maximum en valeur absolue vers 7 à 15 jours *postpartum*. Plus le déficit sera intense, plus il faudra de temps pour le combler. L'appétit se restaurera au fur et à mesure de la lactation, avec un pic d'ingestion de matière sèche survenant 3 à 6 semaines après le pic de lactation. Le bilan énergétique redevient donc positif vers 8 semaines chez les primipares et 12 semaines maximum chez les multipares (Bareille et al., 1995 ; Butler et al., 1989), ce qui autorise la reconstitution des réserves corporelles jusqu'au tarissement..

La balance énergétique peut être définie comme la différence entre l'énergie nette consommée et l'énergie nette requise pour l'entretien et la production. Elle est négative chez les vaches en début de lactation. La couverture des besoins énergétiques chez les vaches laitières à fort potentiel s'avère impossible en début de lactation (Beam et al., 1989), malgré l'utilisation de fourrages de qualité (impliquant l'obligation d'une transition progressive sur 2 à 3 semaines) et l'accroissement du pourcentage de concentrés, progressif également. En effet, les très bons fourrages

dépassent rarement 0,9 UFL/kg MS et les concentrés énergétiques courants, comme les céréales, avoisinent 1,2 UFL/kg MS (Enjalbert, 2003).

La couverture des besoins protéiques et minéraux reste accessible et nécessaire, notamment par l'utilisation d'aliments riches en protéines, dépassant les 300 g de PDI/kg MS, et d'aliments minéraux à forte teneur en calcium et phosphore.

En lactation, la ration doit contenir un fourrage plus riche que celui utilisé pendant la période sèche, insuffisamment énergétique, doit être distribué (herbe jeune, ensilage de maïs, bon ensilage d'herbe, foin récolté précocement). Pratiquement, la nécessité d'une transition alimentaire sur 2 à 3 semaines n'est guère réalisable étant donné l'étalement des vêlages sur plusieurs semaines, ce qui supposerait une distribution individuelle de la ration ou la mise en place de lots de vaches devant vêler dans les 3 semaines.

La quantité de concentrés doit être augmentée pour obtenir des densités énergétiques élevées, Ce changement fournit au rumen un substrat fermentaire entraînant une modification du profil bactérien au profit de la flore amylolytique, ainsi que l'abaissement du pH ruminal par une production plus rapide d'acides gras et la diminution de la vitesse d'absorption, liée à une surface plus faible des papilles ruminales (Dirksen, 1985). Le déséquilibre entre les différents types de flore doit donc être limité par une augmentation modérée de la quantité de concentrés, n'excédant pas 1 kg par semaine *antepartum* et 2 kg par semaine *postpartum*.

### **1.2. Couverture des besoins énergétiques**

Inévitables, les déficits sont compensés par une mobilisation de réserves contenues dans le tissu adipeux, sous le contrôle de l'hormone de croissance, responsable de l'homéorèse en faveur du tissu mammaire, priorité donnée à la mamelle pour l'obtention de nutriments disponibles. L'insuline, hormone de l'homéostasie, s'oppose à cette lipomobilisation.

### **1.2.1. Le besoin énergétique au tarissement**

Au cours des dernières semaines de gestation, les besoins augmentent en relation avec la croissance fœtale. De plus, dans les derniers jours de gestation, les besoins énergétiques augmentent à cause de la production des constituants du colostrum, de la libération de glucocorticoïdes qui accélère le métabolisme, et après la mise-bas, la production lactée croît intensément. Parallèlement, pendant les dernières semaines avant parturition, l'augmentation de l'espace occupé par le fœtus limite la place disponible pour le rumen. La cavité abdominale n'étant pas extensible, la capacité d'ingestion diminue significativement dans les 3 semaines précédant le vêlage et même chute fortement dans les jours qui précèdent le part (Grummer, 1993). Cette chute d'ingestion peut atteindre 30% (Goff, et al., 1997; Rousseau, 2013) voire 50% (Salat, 2012; Bobe, et al., 2004) dans les jours qui précèdent le part, et par la suite augmente progressivement (Aubadie-Ladrix, 2011) pour atteindre son maximum entre la dixième et la douzième semaine de lactation environ (Ferré, et al., 2004). Cette baisse d'ingestion est une cause majeure du déficit énergétique de fin de gestation et de début de lactation.

En plus de la baisse de la capacité d'ingestion, d'autres facteurs tendent à accentuer le déficit énergétique au cours des derniers jours de gestation, comme par exemple le stress de la mise-bas, la forte hausse du taux d'œstrogène (Drackley, 2004; Grummer, 1993) et l'augmentation du cortisol qui stimule le métabolisme. Le déficit est ainsi inévitable et il s'accroîtra bien évidemment à l'entrée en lactation (Aubadie-Ladrix, 2011).

#### **1.2.1.1. Conséquences du déficit énergétique au tarissement**

La phase de tarissement influence les performances de reproduction soit directement en perturbant les processus hormonaux qui interviennent dans la reprise postpartum de la cyclicité soit indirectement en agissant sur les défenses immunitaires et en favorisant l'extériorisation des maladies de la reproduction. Les déséquilibres nutritionnels peuvent avoir une répercussion immédiate, sur la fin de gestation, le vêlage ou le début de lactation, ou plus différée sur la période de mise à la reproduction (Paccard, 1995).

Le tarissement est une période sèche où les animaux reconstituent habituellement leurs réserves pour la lactation suivante et il est rare d'observer un bilan énergétique négatif et un amaigrissement des animaux entre le tarissement et le vêlage. Disenhaus et al. (1985) avaient néanmoins observé une perte d'état corporel durant la période de tarissement chez 7% des animaux et que cela peut être un facteur de risque pathologique.

Un bilan négatif peut être observé si l'augmentation des besoins en fin de gestation et la baisse du niveau d'ingestion dans les quelques jours qui précèdent le vêlage ne sont pas suffisamment compensées par les apports alimentaires adaptés (Chilliard et al., 1987; Enjalbert, 1995). Cet amaigrissement est associé à des mises bas difficiles, des problèmes de délivrance, des métrites ou des boiteries (Disenhaus et al., 1985; Gearhart et al., 1990; Markusfeld et al., 1997).

La sous-alimentation énergétique durant le tarissement entrainerait une mobilisation précoce des réserves corporelles. Par conséquent l'état corporel au vêlage sera insuffisant, qui est lui aussi défavorable à la reproduction (Disenhaus et al., 1985; Steffan, 1987) avec une durée d'anoestrus plus longue ou une fréquence plus élevée des rétentions placentaires et des métrites (Markusfeld et al., 1997).

### **1.2.1.2. Excès énergétique au tarissement**

un grand nombre d'études évoque que les excès énergétiques durant le tarissement sont plus fréquents que les déficits (Disenhaus et al., 1985). L'excès de graisses au vêlage est généralement associé au syndrome de la vache grasse, qui ne se manifeste qu'à partir du vêlage et qui est surtout la conséquence d'une réduction des capacités d'ingestion postpartum et d'une mobilisation excessive des réserves corporelles de l'animal en début de lactation (Brugère-Picoux, Remy, 1995; Reid, 1986; Treacher et al., 1986). Les causes de la réduction postpartum de l'ingestion ne sont toujours pas connues mais seraient liées aux changements hormonaux qui ont lieu au moment du vêlage. Dans des situations extrêmes, on observe un état de dégénérescence graisseuse du foie (stéatose) et des reins qui apparaît rapidement, entraînant des lésions cellulaires importantes qui perturbent profondément le

métabolisme hépatique (néoglucogénèse, uréogénèse, synthèse protéique) (Strang et al., 1998) et peuvent entraîner la mort de l'animal (Brugère-Picoux, Remy, 1995). Dans leur forme subaiguë, ces lésions induisent des troubles métaboliques graves comme la cétose, la fièvre de lait, la paraplégie postpartum (syndrome de la vache couchée), ou les déplacements de la caillette. Elles entraînent également très souvent une réduction des défenses immunitaires et l'apparition de pathologies infectieuses (retard d'involution utérine, métrite, boiterie, mammites) (Curtis et al., 1985; Gillund et al., 2001; Herdt, 1988; Reid et al., 1983a; Treacher et al., 1986).

### **1.2.1.3. Conséquences métaboliques**

Les besoins au moment du tarissement sont beaucoup plus faibles que ceux de la lactation. La densité énergétique de la ration est considérablement diminuée pendant la période sèche pour éviter un engraissement rapide et excessif de la vache laitière ; la ration de tarissement est essentiellement constituée de fourrages et la microflore ruminale est de type cellulolytique. Cette baisse de la densité énergétique de la ration s'accompagne d'une réduction de la surface d'absorption des papilles ruminales, qui peut aller jusqu'à 50 %. Or il faut 3 à 4 semaines pour modifier le faciès fermentaire de la microflore ruminale, du fait d'un développement lent des bactéries utilisant le lactate et au moins 5 semaines, pour retrouver un plein développement des papilles ruminales (Oetzel, 1998).

Une modification alimentaire trop brusque pour couvrir rapidement l'élévation des besoins nutritionnels peut donc entraîner dans le rumen l'accumulation d'acides gras volatils, voire de lactate et être à l'origine d'acidose ruminale aux conséquences graves sur l'appétit et les fonctions digestives.

Quatre jours après le vêlage, les besoins en énergie et en protéines métabolisables sont supérieurs d'environ 25 % aux apports. La vache laitière est alors obligée de mobiliser ses réserves corporelles pour faire face à cette brutale augmentation de la demande. Or les seules réserves mobilisables sont les graisses. La vache peut ainsi mobiliser 30 à 60 kg de tissu adipeux en début de lactation. Cette mobilisation s'accompagne d'une élévation de la concentration sanguine en acides gras non estérifiés (AGNE), qui est inversement proportionnelle à la capacité d'ingestion (Ingvarsen et Andersen, 2000). Elle peut apparaître avant le vêlage chez des bovins

## Etude bibliographique

à risque : vaches grasses, vaches gestantes de jumeaux, génisses mélangées aux vaches tarées, animaux nouvellement introduits, animaux boiteux ou malades. Il faut savoir que la corrélation entre d'une part l'élévation des AGNE la semaine anté-partum et d'autre part, l'augmentation de l'incidence de la non délivrance, de la cétose et du déplacement de la caillette à gauche a pu être établie (Drackley, 1999). En fait, c'est une chute brutale de la matière sèche ingérée avant vêlage, quelle qu'en soit la raison, qui conditionne une grande part des troubles du post-partum.

### 1.2.2. Début de lactation

Un déficit énergétique au cours de cette période est inévitable et physiologique. Toute une cascade de mécanismes est mise en œuvre afin de le recouvrer. La régulation et la coordination du métabolisme des lipides au sein du tissu adipeux, du foie, et des glandes mammaires représentent les composants clés de l'adaptation des bovins à la production de lait.

**Tableau 1 : Besoins énergétiques quotidiens d'une vache laitière de 600 kg en fonction de son stade physiologique (d'après INRA, 1988).**

Entretien	Tarissement	Production
5-5,6 UFL	7ème mois 0,9 UFL	0,44 UFL /kg de lait Standard
	8ème mois 1,6 UFL	
	9ème mois 2,6 UFL	

*Les besoins énergétiques d'entretien sont augmentés en stabulation libre. Un kg de lait standard contient 40 g/kg de TB, 31 g/kg de TP et 48 g/kg de lactose pour une valeur énergétique de 740 kcal/kg. On rappellera la formule : Quantité de lait standard (kg) = Quantité de lait produit (kg) x (0,4 + 0,15 TB(%)).*

Les besoins en énergie nette ainsi qu'en protéines métabolisables au début de la lactation excèdent respectivement de 26 % et 25 % les apports par l'alimentation (Drackley, 1999). De plus, respectivement 97 % et 83 % de l'énergie nette et des protéines apportées sont utilisées par la mamelle ce qui ne laisse que peu d'apport pour couvrir les besoins d'entretien (Drackley, 1999).

Une modification des besoins est observée en fonction du stade de gestation ainsi que du stade de lactation chez une vache laitière, au cours d'un cycle :

- En fin de gestation, l'utérus et le placenta requièrent près de 45% du glucose ou encore 72% des acides aminés (Gerloff, 2000).

## Etude bibliographique

---

- La demande de la mamelle en fin de gestation est importante à prendre en compte également. En effet, dès quelques semaines avant le part débute la synthèse du précolostrum. Dans les 4 jours avant vêlage, la demande de la mamelle en glucose, acides aminés et acides gras (AG) est de plusieurs fois celle de l'utérus gravide (Bell, 1995).
- Les besoins de la vache sont réadaptés lors du passage à l'état de lactation pour s'orienter vers la mamelle : 90% de l'énergie et 80 % du glucose lui sont alors voués (Drackley, 1999).

Les besoins du début de lactation par rapport au tarissement sont doublés à triplés pour le glucose et doublés pour les acides aminés (Salat, 2005 ; Drackley, 1999). Certains auteurs ont même montré que les besoins en glucose le lendemain du part sont 5 fois plus importants que ceux une semaine avant le vêlage (Bell, 1995).

En début de lactation, les vaches hautes productrices se caractérisent par un rapport plasmatique GH/insuline très élevé. Les triglycérides produits par le foie à partir des AGNE fournissent des acides gras au tissu mammaire, ceci expliquant les taux butyreux élevés observés chez des vaches en cours d'amaigrissement. Une vache à haut potentiel et possédant des réserves peut, dans des conditions normales, perdre plus de 40 à 50 kg de réserves adipeuses, correspondant à la production de 400 à 500 kg de lait (Chilliard et al., 1987). Cet amaigrissement cesse normalement vers 6 à 8 semaines de lactation environ.

L'appétit un peu supérieur des vaches maigres, comparativement aux vaches grasses, ne compense pas le déficit d'énergie dû aux réserves insuffisantes. La production laitière au cours des premiers mois de lactation, aussi bien chez les primipares que chez les multipares, se trouve affectée par la note d'état corporel au vêlage, diminuant sensiblement lorsque la note d'état corporel est inférieure à 3, sur une échelle de 0 à 5 (Waltner et al., 1993). D'autre part, les réserves peuvent être exagérément mobilisées lors de déficit énergétique marqué favorisé par une forte production laitière et un état d'engraissement excessif (Ede Bretagne, 1985), lesquels étant liés. Cet excès de mobilisation énergétique prédispose à des pathologies métaboliques (cétose et stéatose). La cétose, même subclinique, entraîne

## Etude bibliographique

---

un écrêtement du pic de production laitière, sans rattrapage complet ultérieur (Gustaffson et al., 1993). Une affection intercurrente (métrite, mammites, fièvre vitulaire) favorise également la baisse de l'appétit *postpartum*.

Un déficit énergétique trop élevé peut également être lié à la nature de la ration, à un niveau de consommation insuffisant ou à une mauvaise utilisation des aliments par les animaux.

Dans les troupeaux laitiers, la densité énergétique des rations est rarement en cause. En revanche, la distribution de quantités élevées de suppléments de protéines protégées (sous forme de tourteaux tannés en général) stimule la mobilisation des réserves corporelles, et la production laitière d'où une très bonne expression du pic de lactation. Il en résulte un accroissement du déficit énergétique (Enjalbert, 2003).

Une mauvaise consommation de la ration peut être liée à son mode de distribution. Il est impératif que les vaches puissent consommer à volonté les fourrages ou le mélange fourrages concentrés en ration complète ou semi-complète. Les compétitions entre animaux lorsque les auges sont trop courtes alors que la quantité de fourrage distribuée est limitée, ou lors de consommation en libre service au silo, peuvent être préjudiciables à certains animaux, en particulier aux primipares. En dehors des problèmes liés au mode de distribution des aliments, les vaches grasses ont un appétit moindre que les vaches en état corporel moyen.

L'efficacité de la digestion d'une ration peut enfin être affectée par le mauvais équilibre des rations. Deux cas fréquents peuvent être mis en avant :

- Le déficit d'azote dégradable pour la flore du rumen, qui peut s'apprécier par le rapport (PDIE - PDIN) / UFL de la ration (qui ne doit pas dépasser 4 sur des vaches en lactation), ou par une faible teneur en urée du sang ou du lait. Il y a alors une carence en azote pour la flore du rumen. La digestion des fourrages se fait moins vite (d'où une moindre consommation), et moins complètement (d'où une faible valorisation de l'énergie de la ration).
- L'acidose chronique, le plus souvent due à un défaut de transition alimentaire en début de lactation. Le passage brutal de la ration de tarissement à la ration de lactation se traduit par une modification rapide du rapport fourrages / concentrés, et souvent par une modification de la nature des fourrages. Ici encore, la flore est très

sensible à cette anomalie, avec sur l'efficacité de la ration les mêmes conséquences qu'un déficit d'azote dégradable (Enjalbert, 2003).

On recherche donc habituellement, pour les vaches en début de lactation, une densité énergétique voisine de 0,95 UFL/kg MS. Les rations riches en énergie distribuées à volonté sont à éviter pendant le tarissement, sauf si l'état corporel en fin de lactation précédente laisse à désirer, ceci afin de limiter une prise de poids excessive prédisposant ultérieurement à un fort amaigrissement.

Le contrôle du déficit énergétique *postpartum* doit commencer avant le vêlage, par l'utilisation de fourrages riches et/ou par l'introduction de concentrés dans la ration. Il s'agit de trouver un compromis entre une évolution trop rapide de la ration (prédisposant à l'acidose) et une insuffisance d'apports pouvant conduire à l'apparition d'une cétose primaire.

La notation de l'état corporel des animaux permet d'appréhender l'importance du déficit a posteriori. L'état corporel devrait rester stable pendant le tarissement (sauf s'il est moyen ou insuffisant, auquel cas la restauration des réserves est souhaitable). Sur l'ensemble du troupeau, la note d'état corporel au vêlage doit être comprise entre 3,3 et 4 et diminuer de moins d'un point en début de lactation (Bazin, 1985 ; Heinrichs et al., 1991). Individuellement, cette note d'état ne doit ni dépasser 4 au vêlage, ni être inférieure à 2,5 au pic de lactation.

### **1.2.2.1. Conséquences du déficit énergétique en début de lactation**

Le déficit énergétique du début de lactation a fait l'objet de nombreuses études. Pour évaluer les déficits énergétiques les chercheurs ont utilisés plusieurs indicateurs du statut énergétique, le bilan énergétique (Butler et al., 1981), les variations des niveaux d'ingestion d'aliments, les variations de l'état corporel et les paramètres biochimiques mesurés dans le sang ou le lait.

En fin de tarissement et en début de lactation, la capacité d'ingestion des animaux est réduite et n'augmente que progressivement. Les apports alimentaires ne permettent pas de couvrir les besoins importants, qui sont multiples par rapport à ceux du tarissement, liés à la sécrétion lactée et la vache mobilise ses réserves corporelles, essentiellement adipeuses.

## Etude bibliographique

---

Les quantités de lipides corporels mobilisables sont importantes. Elles varient entre 15 et 60 kg de lipides pour un animal produisant en moyenne 30-35 kilogrammes de lait par jour, ce qui correspond aux besoins énergétiques nécessaires à la synthèse de 25-30 % du lait produit durant les 6 premières semaines (Chilliard et al., 1983) ou de 500 kg de lait sur la totalité de la lactation (Journet et Remond, 1981). La vache en lactation se retrouve ainsi dans un état de déficit énergétique dont la durée varie généralement entre 5 et 10 semaines.

L'amplitude et la durée de ce déficit énergétique varient d'une vache à l'autre en fonction de la qualité (encombrement, digestibilité) et du volume de la ration, du niveau de production laitière et de l'état des réserves corporelles au vêlage (Chilliard et al., 1987; Grimard et al., 2002).

Le déficit énergétique moyen durant les 2 à 4 premières semaines de lactation (Butler et Smith, 1989; Opsomer et al., 2000), le déficit cumulé (somme des bilans énergétiques journaliers sur la période de déficit) (De Vries et Veerkamp, 2000) le déficit maximal (De Vries, Veerkamp, 2000; Roche et Diskin, 2000), la durée du déficit (De Vries et Veerkamp, 2000), et la durée de la période pendant laquelle le déficit s'aggrave (intervalle vêlage – valeur la plus élevée du déficit) (Beam et Butler, 1998) sont associés à un allongement de l'intervalle vêlage – ovulation première (VO1).

La première ovulation a lieu en moyenne 10 jours après le stade du déficit énergétique maximal (1ère ou 2ème semaine de lactation), au moment du pic de lactation, entre 17 et 42 jours postpartum.

Les conséquences du déficit énergétique ne se limitent pas à la reprise de l'activité ovarienne. Plusieurs auteurs ont montré que le taux de réussite de l'insémination première est corrélé au nombre de cycles ovulatoires précédents la première insémination. Plus la première ovulation est précoce après le vêlage, plus le nombre de cycles ovulatoires est élevé, plus le taux de réussite de l'insémination première (IA1) est élevé (Butler, 2001; Butler et Smith, 1989; Senatore et al., 1996). Le déficit énergétique a donc aussi un impact sur le taux de gestation (Butler et, Smith, 1989; Ferguson, 1991). Plusieurs études confirment ce point. Le déficit énergétique cumulé, le déficit énergétique maximal (De Vries et al., 1999; Ferguson, 1991;

Harrison et al., 1989) et la durée totale du déficit (Ferguson, 1991) sont associés à un allongement de l'intervalle vèlage – première chaleur (VQ1) ou une baisse du taux de réussite de l'IA1.

L'augmentation de la capacité d'ingestion et la mobilisation des réserves corporelles sont les 2 éléments complémentaires de la réponse individuelle à un déficit énergétique. L'intervalle VO1 est plus court chez les vaches présentant une capacité d'ingestion postpartum supérieure, une production plus élevée et un déficit énergétique raccourci. Les variations du bilan énergétique postpartum dépendaient ainsi davantage des variations de l'ingestion que des variations de la production laitière (Veerkamp et al., 2000; Villa-Godoy et al., 1988).

### **1.2.3. Métabolisme énergétique**

L'énergie est fournie aux tissus par oxydation de différents substrats évoqués ci-dessus. Il existe plusieurs voies qui se déroulent en même temps, parfois uniquement dans certaines conditions ou de manière partielle (suivant la disponibilité de certains substrats ou certaines enzymes). Il s'agit :

- Du cycle de Krebs
- De la néoglucogenèse à partir de substrats glucoformateurs : le propionate (35-70%), certains acides aminés (10-30%), le glycérol (<5%) et le lactate ruminal (15-30%) (Ferré, et al., 2004 )
- De la bêta-oxydation des acides gras, la cétogenèse, ...

Ces réactions se déroulent essentiellement au niveau du foie. La néoglucogenèse et la synthèse des triglycérides se réalisent dans le cytoplasme alors que le cycle de Krebs et l'oxydation des acides gras libres se font dans la mitochondrie. De plus, le passage des acides gras libres à travers la membrane mitochondriale est stimulé par un rapport « glucagon / insuline » élevé, autrement dit lorsque le taux de glucose est faible (Herdt, 2000).

La vache laitière a des besoins élevés en glucose lors de la phase de transition. Elle dispose d'un stock de glucose restreint au sein de son organisme, réparti de la façon suivante :

-Le glycogène stocké dans le foie qui représente environ 160 g de glucose (Enjalbert, 1996).

-Le glucose circulant dans le sang qui est présent à la concentration de 0,5 g/L et qui représente donc au total environ 30g (Enjalbert, 1996).

Ces réserves sont bien insuffisantes pour couvrir les besoins de la production lactée. En effet, pour produire du lait, une vache a de grands besoins en énergie ; ils sont estimés entre 1,5 et 2,5 kg de glucose par jour. Ainsi, les besoins en glucose passent de 1 kg/vache/j en fin de gestation à 2,5 kg/vache/j en début de lactation (Reynolds, et al., 2003). Elle va alors trouver cette énergie à partir d'autres molécules : les glucides, les protéines et les lipides. Une vache est en effet capable de fabriquer du glucose à partir de ces 3 grands types de molécules grâce notamment à la néoglucogenèse.

### **1.2.4. Les substrats énergétiques**

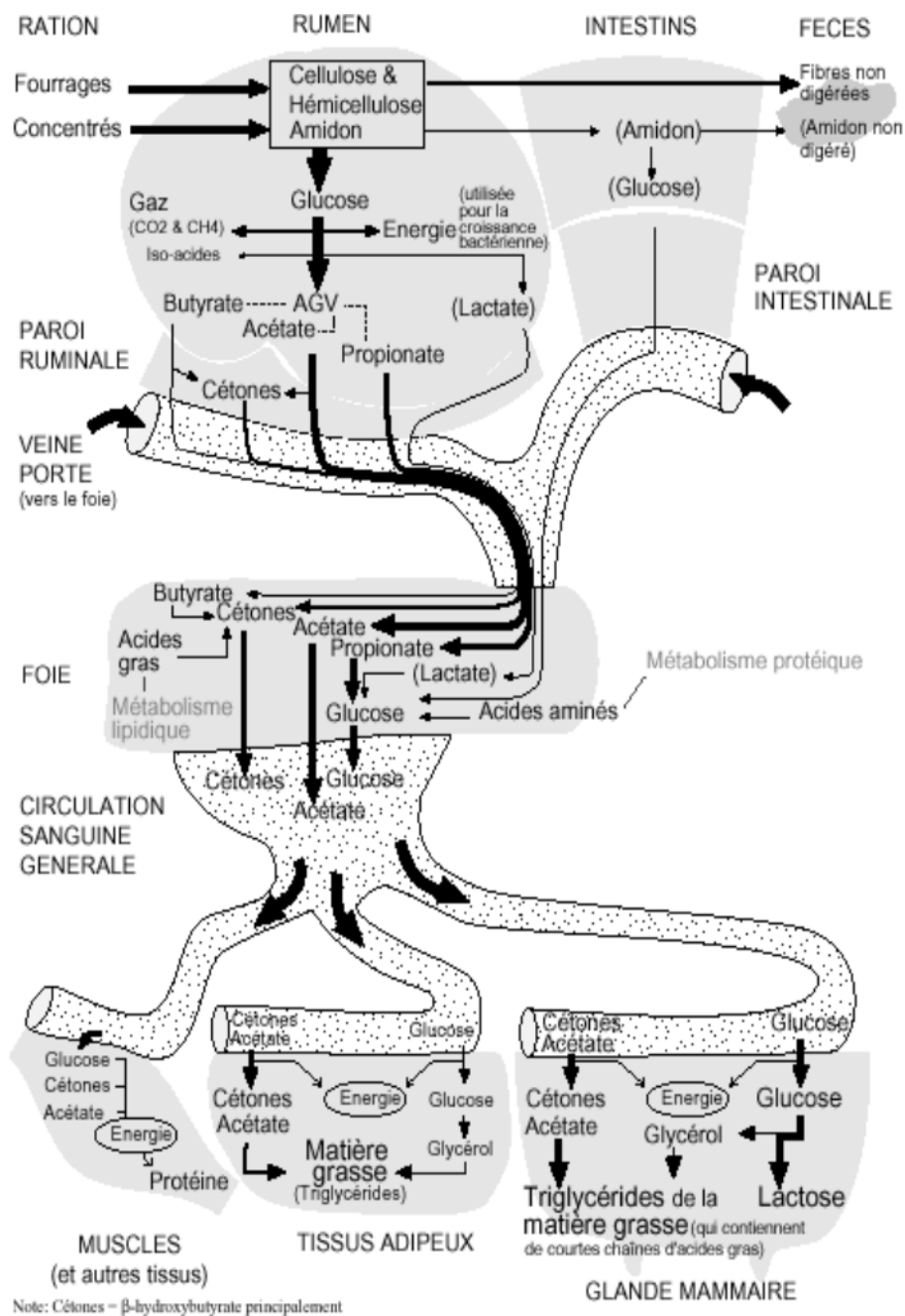
La digestion des glucides produit des acides gras volatils (AGV) qui sont les principaux précurseurs de la néoglucogenèse chez les bovins (**Figure 2**).

Deux types de sucres peuvent être métabolisés par un bovin : les hydrates de carbone fibreux et les hydrates de carbones non fibreux.

Pour les premiers, il s'agit de la cellulose ou hémicellulose présente dans les fibres des plantes et qui sont dégradés par les bactéries afin d'être métabolisable. Les fibres la contenant sont indispensables à la rumination, ainsi qu'à la production de salive par le bovin (Wattiaux, et al., 2000a).

Les hydrates de carbone non fibreux sont quant à eux les sucres directement fermentescibles tels que l'amidon. Ces sucres contribuent à l'augmentation de la densité énergétique de la ration, mais ne stimulent pas la rumination (Wattiaux, et al., 2000a).

L'essentiel de la digestion de ces glucides, chez les bovins, a lieu dans le rumen grâce à une importante flore intra ruminale symbiotique composée de 109 à 1010 bactéries/ml de jus de rumen, de 104 à 106 protozoaires/ml de jus de rumen, de 104 champignons/ml de jus de rumen et de 108 archéobactéries/ml de jus de rumen. Les bactéries sont réparties en différentes fonctionnalités (cellulolytiques, amylolytique, protéolytique, lipolytique...) (Ferran, 2012).



**Figure 2 :** Vue générale du métabolisme des hydrates de carbone chez la vache. (Wattiaux, 2000 a).

Cette flore, responsable de la fermentation ruminale des glucides permet la formation de gaz (méthane), d'énergie, de chaleur et enfin d'AGV. Les trois principaux AGV produits dans le rumen sont : de l'acétate, du propionate et du

butyrate (**Figure 2**). La proportion moyenne de chacun des AGV est respectivement de 70-75%, 15-18% et 7-10 % pour une ration constituée presque uniquement de fourrage ; mais, au fur et à mesure que l'on ajoute des céréales, la proportion de propionate augmente au détriment de celles des acétates (Jouany, et al., 1995).

- L'acétate est un important fournisseur d'énergie par le cycle de Krebs via l'acétyl CoA. En revanche, il n'est pas glucoformateur. Il permet la synthèse des lipides corporels et des matières grasses (acides gras courts et moyens) du lait. Dans certaines conditions, il peut être cétoène.
- Le propionate est l'acide gras volatil glucoformateur par la néoglucogénèse. Il donne aussi du glycérol et des acides gras longs. Il permet à l'acétyl CoA d'entrer dans le cycle de Krebs en fournissant l'oxaloacétate, il est donc considéré comme « anticétoène ».
- Le butyrate est produit en faible quantité par rapport aux autres AGV. La majorité est transformée en bêta-hydroxybutyrate, il est donc cétoène. Il sert essentiellement à la synthèse des acides gras courts et moyens de la matière grasse du lait (Drogoul, et al., 2004).

La bonne utilisation des AGV dépend en partie de la fourniture en acide propionique.

### **1.2.5. Influence de la composition de la ration sur la proportion d'AGV**

Selon le type d'aliment, l'orientation vers la production de tel ou tel AGV est différente. Une ration riche en fibre permet la synthèse d'environ 65 % d'acétate, tandis que le propionate ne sera produit qu'à hauteur d'environ 20 % et le butyrate à hauteur de 15 %. Une alimentation riche en concentrés et donc en hydrates de carbone non fibreux a, quant à elle tendance à augmenter la proportion de propionate produit tandis qu'elle entraîne une diminution de la proportion d'acétate produit. La **Figure 2** récapitule le métabolisme des sucres chez un ruminant en lactation (Wattiaux, et al., 2000 a).

### 1.2.6. Évolution de l'ingestion de matière sèche ingérée (MSI)

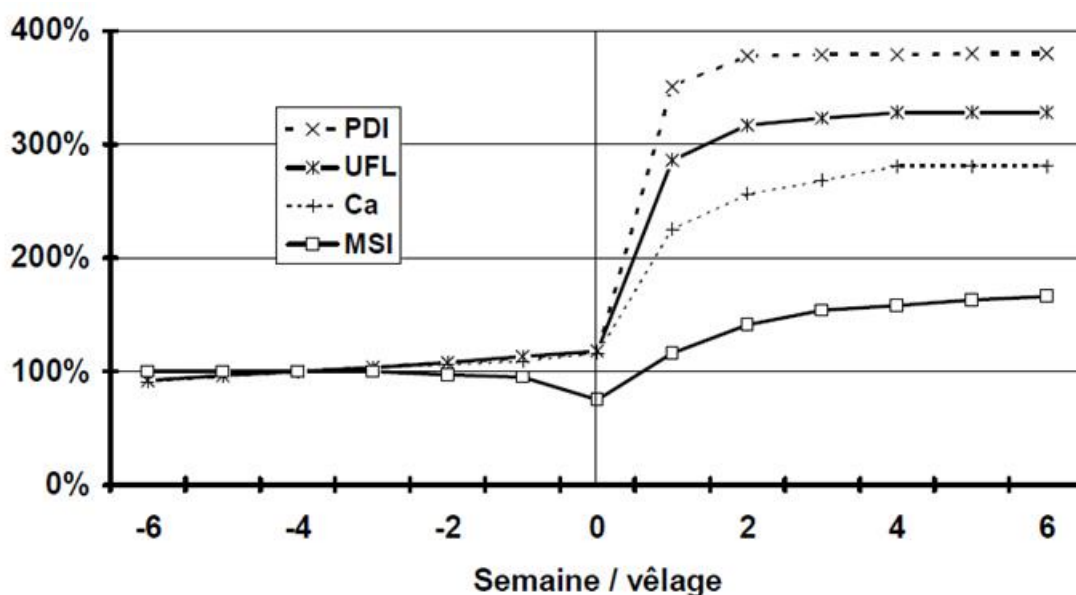
Dès 1 mois avant vêlage, on observe une divergence entre la quantité de MSI et les besoins : la capacité d'ingestion tend à baisser dans les derniers jours de gestation tandis que les besoins ne font qu'augmenter. La quantité de matière sèche ingérée diminue de 32% dans les 3 dernières semaines avant vêlage. Plus précisément, 89% de cette diminution ont lieu lors de la dernière semaine de gestation (Hayirli, et al., 2002 ; Goff, et al., 1997).

Cette diminution de quantité de MSI est sous influence de différents facteurs :

- 56,1% de cette diminution s'explique par le jour de gestation (plus la vache se rapproche du terme, moins elle ingère de matière sèche) (Hayirli, et al., 2002).
- 19,7 % de cette diminution s'explique par les facteurs liés à l'animal (à savoir la note d'état corporel (NEC) et la parité : plus la NEC est élevée et moins la quantité de MSI sera importante et, une vache ingère une plus grande quantité de matière sèche qu'une génisse) (Hayirli, et al., 2002).
- Enfin, les 24,2 % restant sont expliqués par les facteurs alimentaires en période sèche (protéine dégradable ou non dans le rumen par exemple) (Hayirli, et al., 2002).

Le facteur physique (place du veau diminuant la place du rumen) a souvent été considéré comme prépondérant pour expliquer la diminution de la capacité d'ingestion en fin de gestation. Ce paramètre a été largement surestimé. D'autres facteurs métaboliques jouent un rôle au moins aussi important (nutriments, métabolites, hormones de la reproduction, hormones de stress, leptine, insuline, peptides, cytokines, neuropeptides).

Suite au vêlage, les besoins en protéines et en énergie sont doublés à triplés (**Figure 3**). Parallèlement à cela, la quantité de matière sèche ingérée n'augmentera que de quelques dizaines de pourcents chaque semaine *postpartum*, à partir du 2<sup>ème</sup> jour après vêlage, pour atteindre son maximum 2 à 4 mois après le part (Hayirli, et al., 2002). La moindre pathologie (fièvre vitulaire par exemple) peut entraîner l'accroissement et la pérennisation d'un déficit d'énergie autour du vêlage (Goff, et al., 1997; Drackley, 1999 ; Ingvarsten, et al., 2000)



**Figure 3 :** Evolution comparée de l'appétit et des besoins alimentaires autour du vêlage (d'après Enjalbert, 2003)

Le déphasage entre l'augmentation de la capacité d'ingestion et l'augmentation forte et brutale des besoins énergétiques qui se poursuit en début de lactation est plus ou moins long et plus ou moins important selon la parité (**Tableau 2**)

**Tableau 2 :** caractéristiques de la balance énergétique en début de lactation en fonction de la parité source : (De Vries, 1999)

Catégorie	Demande Maximale d'énergie	Maximum d'Énergie consommée	Moment ou le bilan énergétique négatif est maximum	Moment ou le bilan énergétique redevient positif
Primipares	7 <sup>ème</sup> semaine	12 <sup>ème</sup> semaine	4,8 j	56,2 j
2 <sup>ème</sup> lactation	5 <sup>ème</sup> semaine	14 <sup>ème</sup> semaine	5,4 j	85,3 j
Multipares	6 <sup>ème</sup> semaine	16 <sup>ème</sup> semaine	2,5 j	85,4 j

Bien que les aliments distribués en début de lactation présentent une haute valeur énergétique pour compenser la diminution de la quantité de MSI, les apports ne parviennent pas à combler les besoins sur cette période.

Pour limiter l'ampleur du déficit énergétique, la MSI constitue l'un des enjeux du peripartum. Certaines conduites d'élevage lors du tarissement modulent la quantité de MSI. L'objectif est d'avoir une vache laitière avec une capacité d'ingestion la plus importante possible et une bonne intégrité hépatique (la sévérité de la stéatose

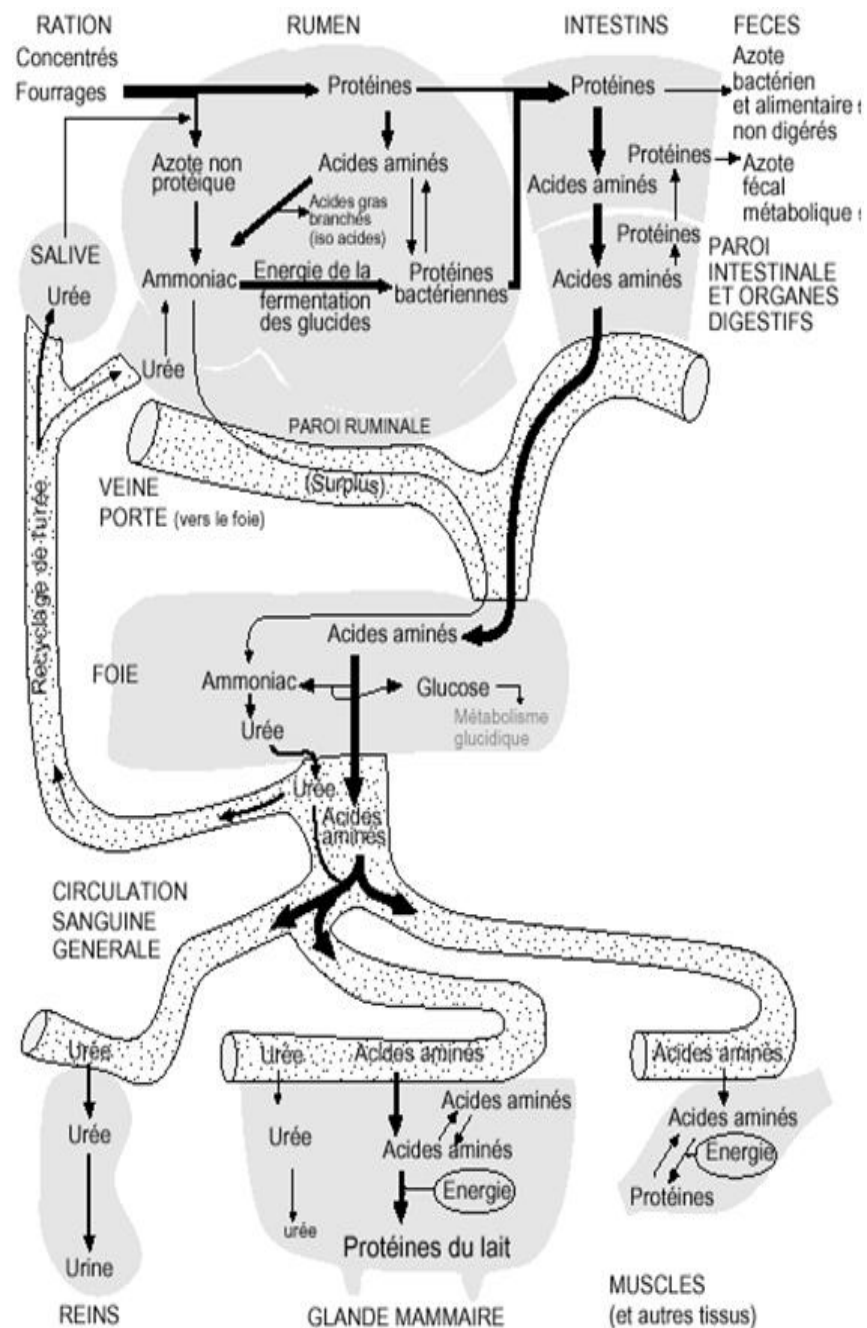
hépatique est inversement proportionnelle à la quantité de MSI) (Hayirli, et al., 2011).

### **1.3. Besoins azotés**

#### **1.3.1. Digestion des matières azotées**

Les protéines constituent un substrat important pour la croissance, la fonction de reproduction ou encore la synthèse du lait. Une partie des protéines est directement prélevée dans la ration au niveau de l'intestin, ces protéines sont dégradées en acides aminés qui vont être absorbés et ensuite utilisés majoritairement pour la synthèse protéique des différents organes et tissus.

En outre, Les ruminants possèdent la particularité de pouvoir synthétiser les acides aminés dans le rumen à partir d'azote non protéique (urée ou ammoniac) grâce aux microbes présents dans le rumen. Ces protéines sont transformées en acides aminés au niveau de l'intestin. Certains de ces acides aminés sont dits glucoformateurs, Cette voie représente environ 20% de l'apport énergétique, car ils vont permettre la synthèse de glucose lors de la néoglucogenèse (**Figure 4**).



**Figure 4:** Vue générale du métabolisme protéique chez la vache laitière (Wattiaux, 2000b)

### 1.3.2. Couverture des besoins azotés (tableau 3)

L'apport recommandé en PDI lors du tarissement avoisine 50 g/kg MS, ce qui est facilement permis par la majorité des fourrages. Cet apport peut toutefois s'avérer insuffisant pour la couverture des besoins en azote dégradables de la flore du rumen,

## Etude bibliographique

justifiant l'utilisation préférable d'apports plus élevés (75 à 85 g de PDI ou 120 g de MAT (Matières Azotées Totales) par kg MS).

**Tableau 3:** besoins azotés quotidiens d'une vache laitière en fonction de son poids et du stade physiologique (d'après INRA, 1988)

Entretien	tarissement	Production
$PDI(g) = 95 + (50 \times PV/2)$	7 <sup>ème</sup> mois + 75g	48g de PDI
PV en kg	8 <sup>ème</sup> mois + 135g	Pour produire 1 kg de lait standard
	9 <sup>ème</sup> mois + 205g	

En début de lactation, contrairement aux réserves énergétiques, les réserves protéiques sont peu abondantes et dépendent peu du niveau de production laitière. Le muscle utérin fournit l'essentiel de ces réserves au cours de l'involution. La mobilisation des protéines musculaires squelettiques reste tolérable, sans toutefois dépasser un déficit PDI cumulé supérieur à 10 kg au cours du premier mois de lactation, ceci correspondant à environ 200 kg de lait. On conçoit la faiblesse relative de cette valeur comparée au déficit énergétique toléré chez des vaches à haut potentiel. Les apports recommandés sur les rations complètes proposent une teneur en PDI de 120 g/kg MS en début de lactation, contre 110 g/kg MS chez des vaches en milieu de lactation (Chenais, 1990).

Lorsque le déficit azoté concerne l'apport en PDI, c'est-à-dire un manque d'acides aminés absorbés, en début de lactation, on observe une diminution de la production laitière, expliquée par une moindre utilisation des réserves énergétiques. Ce déficit est rare durant le tarissement.

Un déficit en azote dégradable (apport PDIN inférieur à PDIE) limite l'efficacité de la digestion microbienne et entraîne une diminution de production laitière par diminution de l'ingestion. Rare en début de lactation, ce déficit s'observe davantage pour des rations de tarissement où les fourrages sont très déficitaires en azote dégradable. La flore ruminale tolérant alors moins facilement un changement rapide de transition, la moindre capacité d'ingestion en début de lactation entraîne alors une moindre production laitière (Chew, 1984 ; Greenfield, 2000).

L'utilisation de rations trop riches en azote constitue un autre écueil. Le plus fréquemment, on observe un excès d'azote dégradable (apport PDIN supérieur à l'apport PDIE), notamment par l'apport de tourteaux, riches en PDI et contenant davantage de PDIN que de PDIE. L'excès d'azote dégradable entraîne d'une part une sollicitation supplémentaire du foie : outre la néoglucogenèse importante en *postpartum* et une éventuelle stéatose, l'ammoniac absorbé au niveau ruminal active les processus hépatiques de détoxification.

D'autre part, la transformation de l'ammoniac en urée est coûteuse en énergie, ce qui n'est pas souhaitable en période de déficit énergétique. Une alternative, permettant d'accroître le niveau azoté de la ration en limitant un excès d'azote dégradable, passe par l'utilisation de protéines protégées sous forme de tourteaux tannés. Ce type de ration présente également l'intérêt d'optimiser le pic de lactation, mais peut avoir des conséquences secondairement sur le déficit énergétique, et donc sur le risque d'apparition de cétose, la stimulation de la production n'étant pas compensée par une augmentation de l'appétit. Cette pratique n'est toutefois pas majoritaire en France, la volonté actuelle des éleveurs tendant à obtenir un pic de production moins élevé et plus tardif (Enjalbert, 2003).

### **1.3.3. Déficit azoté**

Un déficit azoté entraîne une diminution de l'efficacité de la digestion, notamment de la digestibilité des fourrages au niveau du rumen et donc un déficit énergétique. Un déficit azoté provoque une chute de production (croissance et/ou lait). En revanche, un excès azoté (ex : mise à l'herbe) peut conduire à des troubles générateurs d'infertilité, notamment des risques d'avortement embryonnaires en début de gestation. Un apport azoté le dernier mois de gestation est nécessaire pour la constitution du colostrum très riche en anticorps.

#### **1.3.3.1. Le déséquilibre azoté au tarissement**

Le déficit et l'excès sont tous deux pénalisants pour la reproduction. Une diminution des quantités de protéines dans la ration pendant la période de tarissement est associée à une fréquence accrue des vélages difficiles (Park et al., 2002) ou des rétentions placentaires (Curtis et al., 1985; Disenhaus et al., 1985). Une réduction

des masses protéiques corporelles prepartum pourrait affecter les performances de reproduction soit directement, soit indirectement via une fréquence accrue des troubles métaboliques postpartum (Van Saun et Sniffen, 1996). Un excès d'azote fermentescible peut également se traduire par un risque accru de rétention placentaire, de métrite ou d'avortement (Coche et al., 1987; Vagneur, 1994), ou une fréquence accrue du syndrome de la vache couchée (Julien et al., 2003), en particulier lorsqu'il est associé à un déficit en énergie. Certains auteurs avancent que les besoins antepartum en protéines sont sous-estimés par les modèles de rationnement actuels et montrent qu'une augmentation des quantités de protéines non dégradables par la flore ruminale chez la vache avant vêlage entraîne une diminution de l'intervalle Vif, une diminution du nombre d'IA par fécondation et une réduction de la fréquence des cétozes cliniques (Van Saun et al., 1993).

Aujourd'hui, les déficits protéiques sont rarement observés dans les élevages laitiers intensifs. C'est pourquoi ils n'ont pas fait l'objet de travaux récents. Le déficit en apport protéique, souvent objectivé par une concentration de l'urée plasmatique basse, se traduit par une diminution du taux de détection des chaleurs, une diminution du taux de réussite de l'IA ou un allongement des intervalles VO1 ou Vif (Carlsson, 1989; Ferguson et Chalupa, 1989; Seegers et Malher, 1996). Certaines auteurs ont d'ailleurs montré l'effet pénalisant d'un déficit comme d'un excès protéique sur la fertilité et ont proposé des fourchettes optimales pour les apports azotés et pour les valeurs des indicateurs biochimiques (Gustafsson, Carlsson, 1993; Pehrson et al., 1992).

### **1.3.4. Relation entre les déséquilibres azotés et la reproduction**

Lorsque l'alimentation est trop riche en protéines dégradables, ou est trop pauvre en énergie fermentescible, ou lorsque les apports en protéines dégradables et en glucides fermentescibles sont désynchronisés (Wolter, 1997), l'ammoniac ruminal produit en excès n'est pas métabolisé par la flore microbienne mais est véhiculé jusqu'au foie où il est transformé en urée. Lors d'afflux massif ou lorsque l'intégrité du foie est préalablement atteinte (parasitisme, stéatose), les capacités d'uréogénèse

de l'organe sont dépassées (Payne, 1983) et la concentration sanguine en ammoniac augmente.

Un excès d'azote alimentaire, une urémie et une ammoniémie trop élevées agissent à différents stades du cycle de reproduction. Ils peuvent induire une réduction de la qualité des ovocytes durant la maturation folliculaire (De Wit et al., 2000; Ocon et Hansen, 2003; Rhoads et al., 2006; Sinclair et al., 2000), une diminution (Butler, 1998; Ferguson et Chalupa, 1989) ou une augmentation de la synthèse de progestérone par le corps jaune durant la phase lutéale (Sinclair et al., 2000), une modification de la composition ou de l'acidité des sécrétions utérines pendant la phase lutéale (Hammon et al., 2005; Kenny et al., 2002; Ocon et Hansen, 2003), une altération de la fertilisation (De Wit et al., 2000) ou des premiers stades du développement embryonnaire (Dawuda et al., 2002; Ferguson et Chalupa, 1989; Sinclair et al., 2000).

### **1.4. Digestion des lipides**

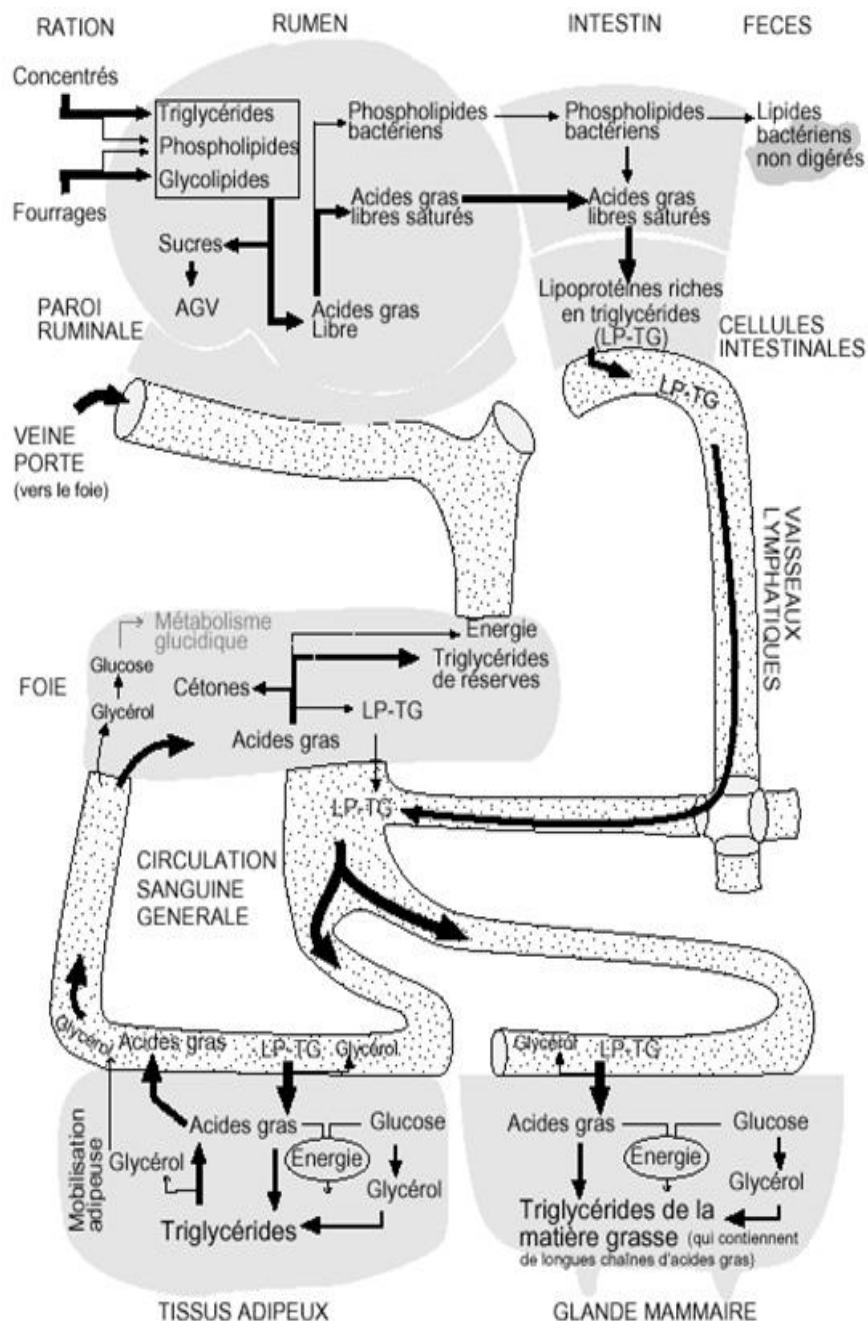
En général, la ration des vaches ne contient que de 2 à 4% de lipides. Malgré leur faible quantité dans la ration, ils sont importants parce qu'ils ont un contenu énergétique élevé et ils contribuent directement à environ 50% de la matière grasse du lait. Chez les ruminants, les lipides ne sont pas digérés au niveau du rumen, ils y sont hydrolysés et saturés. L'hydrolyse consiste à rompre le lien qui existe entre le glycérol et les acides gras. Le glycérol est rapidement fermenté en AGV. Les acides gras sont quant à eux captés par le foie où ils seront utilisés à des fins énergétiques (**Figure 5**), soit transformés en triglycérides pour constituer le tissu adipeux, soit utilisés par la mamelle pour constituer la matière grasse du lait (pour les acides gras longs du lait notamment). Les acides gras issus de la digestion des lipides représentent environ 5% de l'énergie.

#### **1.4.1. Lipomobilisation lors du *peripartum***

Le tissu adipeux représente la réserve énergétique du corps. Il s'agit d'un stock de triglycérides dans les vacuoles des adipocytes. Lors de déficit énergétique, il joue un rôle très important. La lipolyse conduit à la libération de glycérol, un substrat

## Etude bibliographique

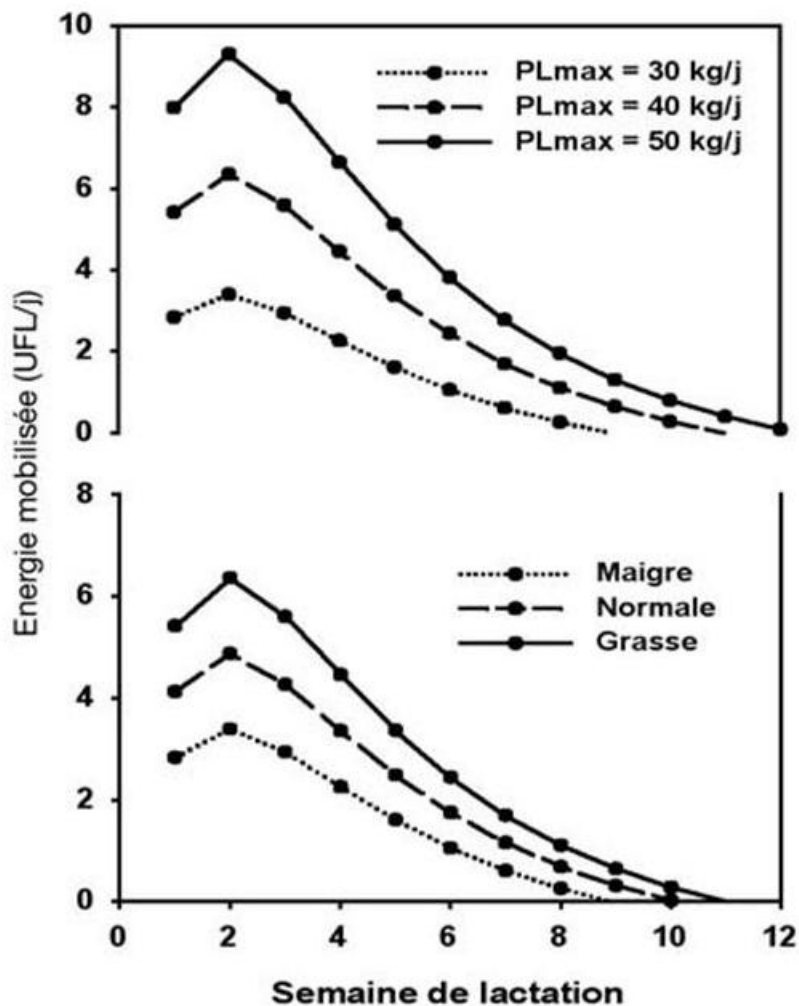
glucoformateur et de trois acides gras libres qui seront de la même manière que les acides gras issus des lipides de la ration.



**Figure 5:** Vue générale du métabolisme lipidique chez la vache (Wattiaux, 2000c).

Afin de couvrir les besoins énergétiques du début de lactation, la vache laitière est obligée de mobiliser ses réserves : les plus utilisées sont alors les réserves en graisse. La vache laitière peut perdre entre 30 et 60 kg de graisse dans les 3 premières

semaines de lactation, ce qui entraîne une augmentation de la concentration en arrivent au tarissement avec une note d'état corporel de 3 à 3,5 sur 5. En effet, dans le cas où une vache vêle trop maigre, ( $NEC < 3$ ) elle ne parviendra pas à combler le déficit en perdant du poids (elle mobilisera 3 à 4 fois moins ses réserves) (Enjalbert, 1998). Face au déficit énergétique, l'organisme va mobiliser du tissu adipeux (Figure 6, Faverdin et al., 2006).



**Figure 6** : évolution de la mobilisation potentielle des réserves (en UFL/j) d'une vache multipare en début de lactation en fonction de sa production potentielle au pic de production et de sa note d'état corporelle au vêlage (maigre = 2, normale = 3,25, grasse = 4,5) (Faverdin et al., 2006)

Cet état est physiologique et normal à ce stade, ceci dit, il arrive qu'on assiste à un déséquilibre exacerbé entre les entrées (ingestion) et les sorties (production). Dans

ce cas, deux phénomènes peuvent découler de ce problème d'adaptation des mécanismes de régulation : la stéatose et la cétose. Ces deux formes touchent des animaux à des stades physiologiques différents, elles seront traitées indépendamment par la suite. En revanche, les deux phénomènes découlent d'un mécanisme commun qui s'oriente en fonction d'un contexte hormonal des modifications biochimiques, en termes notamment d'Acides Gras Non Estérifiés (=AGNE).

Les acides gras non estérifiés sont aussi appelés acides gras libres. Il s'agit d'acides gras issus de la lipolyse des triglycérides. Cette lipomobilisation entraîne donc la libération du glycérol et d'AGNE. Les AGNE sont donc le reflet du degré de mobilisation des réserves en graisses (Duffield, 2011). Ils sont transportés par l'albumine dans le sang (Lean, et al., 1992) et sont apolaires, ils se diffusent donc très bien au travers des membranes cytoplasmiques des cellules. Ils peuvent être utilisés par la mamelle pour faire la matière grasse, d'ailleurs, une partie de ces AGNE, non captés par le foie, sera utilisée par la mamelle pour la synthèse des matières grasses. Ils seront à l'origine des acides gras longs du lait et peuvent entraîner une hausse du taux butyreux en cas de déficit énergétique au début de lactation (Aubadie-Ladrix, 2011).

### **1.4.2. Cétogenèse**

Les corps cétoniques sont représentés par trois molécules qui sont l'Acétone (Ac), l'Acéto-acétate (AcAc), le Beta-Hydroxybutyrate ( $\beta$ HB). Ces corps cétoniques sont des intermédiaires du métabolisme énergétique des ruminants. Il s'agit de produits chimiques issus du catabolisme des AG dans les mitochondries des hépatocytes lorsque les réserves en glucose de l'organisme sont insuffisantes. Ils peuvent également être synthétisés au niveau des reins chez toutes les espèces et également dans la paroi du rumen à partir d'acétate et surtout de butyrate chez les ruminants. Ils sont présents à l'état physiologique chez les ruminants mais en faible quantité ( $100 \mu\text{mol.L}^{-1}$ ). L'acétyl-coA, principalement issu de la dégradation des AGNE constitue le précurseur des corps cétoniques. Celui-ci a trois devenir possibles et parmi eux, la formation d'acide acétyl-acétique et donc de corps cétoniques. Cette

cétogénèse a lieu dans les mitochondries des hépatocytes, où les AGNE subissent une oxydation partielle.

Ils représentent une source d'énergie importante pour les tissus périphériques lorsque la glycémie est basse : les corps cétoniques sont en effet transformés en acétyl-coA qui va intégrer le cycle de Krebs. D'autre part, le  $\beta$ HB est utilisé par la mamelle pour la formation de la matière grasse du lait (Duffield, 2000 ; Herdt, 2000 ; Cuvelier, et al., 2005). Dans leur étude, Miroud et al., (2009) sur l'évaluation du statut énergétique des vaches laitières en période post-partum via certains indicateurs biochimiques (profil rapportent que le taux de  $\beta$ HB mesuré à 30j post-partum ne dépasse la norme admise que 2,94% des vaches contrôlées. Ces mêmes auteurs notent que le taux moyen d'AcAc du lait était généralement élevé par rapport à celui du  $\beta$ HB, et que son augmentation est commencée à la 2<sup>ème</sup> semaine pour atteindre sa valeur maximale à la 4<sup>ème</sup> semaine post-partum, pour diminuer ensuite vers le 50<sup>ème</sup> jour.

Ce taux a montré aussi que les vaches s'exposaient plus à un état de cétogénèse en raison d'un déficit énergétique plus ou moins accentué.

Chez les bovins, ils peuvent satisfaire 7 à 12 % des besoins énergétiques en dehors de la lactation ou de la gestation (Brugère-Picout, 1995 ; Lean, 2002).

Les corps cétoniques constituent donc un réel substrat énergétique, et ne sont pas néfastes ; seul leur excès peut entraîner des troubles. Un état de cétose ne peut se développer que si la production de corps cétoniques dépasse la capacité d'utilisation de ces derniers par les tissus périphériques (Le Bars, 1991).

### **1.5. Apport en minéraux, vitamines et oligo-éléments**

Tout déficit en minéraux (Calcium, magnésium, phosphore) entraîne une infertilité.

Les vitamines A, E et B12 ainsi que les oligo-éléments notamment iode, sélénium, zinc, cuivre, cobalt ont un rôle essentiel dans la reprise d'activité ovarienne. La distribution peut se faire toute l'année ou par cure avec des périodes cibles : fin de gestation (2 derniers mois), allaitement et mise à la reproduction.

Les carences d'un élément minéral sont soit primaires lorsque les apports sont insuffisants par rapport aux besoins nutritionnels ou secondaires lorsque son

utilisation digestive est réduite par un autre composant de la ration. Nous développons essentiellement ici l'impact des carences en minéraux, oligo-éléments ou vitamines sur les performances de reproduction. Les excès ne seront abordés que lorsqu'ils induisent une carence secondaire pour d'autres éléments. Les effets toxiques des minéraux en excès ne seront donc pas abordés.

### **1.5.1.. Reproduction et déficit en oligo-éléments et en vitamines**

Tous comme la plupart des vitamines, les oligo-éléments jouent un rôle catalytique important dans un grand nombre de réactions enzymatiques du métabolisme cellulaire. Leur déficit induit des dysfonctionnements généraux, non spécifiques. La quasi totalité des éléments peut altérer directement ou indirectement les performances de reproduction (Danvin, 1988; Harrison et al., 1984; Paragon, 1995; Pugh et al., 1985). Par ailleurs, les vaches hautes productrices sont plus sensibles à des variations de l'équilibre minéral, mêmes mineures. Dans ces conditions, établir une hiérarchie des éléments selon l'impact de leur carence sur la fertilité est illusoire.

La relation entre oligo-éléments/vitamines et fertilité reste très controversée. Différents travaux ou revues relatent l'absence d'impact de la carence ou de la supplémentation en zinc (Larson et al., 1980), en cuivre (Caple, Halpin, 1985; Ingraham et al., 1987; Larson et al., 1980) ou en sélénium (Harrison et al., 1984) sur les paramètres de reproduction. Une revue récente dresse une synthèse très complète des travaux ayant exploré l'impact d'une complémentation en vitamine E / sélénium sur les performances et les troubles de la reproduction (Hemingway, 2003). En se limitant aux 19 études menées chez les bovins, on trouve autant de références statuant sur l'impact ou l'absence d'impact de l'apport de vitamine E et de sélénium sur la fertilité.

La vitamine A et son précurseur, le beta-carotène, jouent un rôle important dans l'activation de la synthèse des hormones stéroïdiennes (Paragon, 1991). Leur rôle sur la reproduction des vaches laitières a fait l'objet de nombreux travaux, aux conclusions contradictoires (Folman et al., 1983; Paragon, 1991). Sur de nombreuses

études rapportées par Hurley et al. (1989), dans la moitié ils ont observé un impact positif d'une supplémentation en beta-carotène sur la fonction de reproduction, une seule un impact négatif, et dix autres l'absence totale d'impact.

D'autres travaux confirment l'absence d'effet de la supplémentation en beta-carotène sur la fertilité (Folman et al., 1983).

### **1.5.2. Reproduction et déficit en macroéléments**

Le calcium, le phosphore et le magnésium sont les 3 principaux minéraux de l'alimentation de la vache laitière (Littledike, Goff, 1987).

La concentration plasmatique du calcium est très strictement régulée par différents mécanismes homéostatiques, le stockage ou la mobilisation du calcium osseux, la régulation de son absorption digestive et la réabsorption rénale. La calcémie reste sous contrôle endocrinien étroit et n'est pas affectée immédiatement par une variation des apports alimentaires (Rowlands, 1980). La relation entre apports calciques et fertilité est donc difficile à établir ou interpréter. Une fréquence accrue des kystes ovariens, des difficultés de vêlage, des rétention placentaires, des retards d'involution utérine, des prolapsus utérins et des métrites a également été rapportée (Meschy, 1994; Pugh et al., 1985; Serieys, 1997).

Le phosphore est impliqué dans la plupart des voies métaboliques majeures (production de l'énergie cellulaire, absorption et transport des lipides, régulation de la flore ruminale ...). Sa teneur n'est pas soumise à un contrôle endocrinien strict et sa plage de variation est plus large. Sa concentration sanguine reflète assez correctement le niveau des apports alimentaires. Une diminution des apports en phosphore induit généralement une baisse de la fertilité ou un allongement de la période d'anoestrus (Meschy, 1994; Paragon, 1995; Payne, 1983; Pugh et al., 1985; Youssef, 1989), mais pas toujours. Certains auteurs n'observent aucune relation entre la phosphorémie et la fertilité (Ingraham et al., 1982; Larson et al., 1980). De la même manière, deux études récentes n'ont observé aucune détérioration des performances de reproduction chez des vaches laitières recevant un régime carencé en phosphore sur une longue période. Leurs auteurs avancent l'existence d'une concentration "seuil" en deçà de laquelle les effets sont perceptibles.

## Etude bibliographique

---

Le magnésium de l'organisme, essentiellement osseux, est difficilement mobilisable (Payne, 1983). La concentration sanguine du magnésium est donc étroitement corrélée aux apports alimentaires (Rowlands, 1980). Un déficit des apports se traduit par une baisse du taux de réussite de l'IA (Danvin, 1988; Paragon, 1995), un allongement de l'intervalle VI<sub>f</sub> ou une fréquence plus élevée des retards d'involution utérine ou des rétentions placentaires (Ingraham et al., 1987; Meschy, 1994; Paragon, 1991; Paragon, 1995; Paragon, 1997; Serieys, 1997). Cependant, la supplémentation en magnésium ne se révèle pas systématiquement bénéfique (Ingraham et al., 1987), ce qui relativise l'impact de la carence.

Le potassium et le sodium sont 2 éléments clef intervenant dans le maintien de l'équilibre osmotique. Leur régulation homéostatique est très stricte (Payne, 1983). Par ailleurs, les carences en potassium et sodium sont extrêmement rares dans les conditions actuelles de l'élevage laitier (Maas, 1983; Rowlands, 1980). Néanmoins, des travaux ont établi une relation entre la diminution de la concentration en sodium ou en potassium et une plus grande fréquence des chaleurs discrètes, des cycles irréguliers et des kystes ovariens (Meschy, 1994; Payne, 1983).

L'absorption digestive et l'utilisation métabolique de chaque élément peuvent être assez largement altérées par des apports en excès d'autres minéraux (Rowlands, 1980). Ces interactions alimentaires sont nombreuses et peuvent toutes avoir des conséquences non spécifiques sur la reproduction via l'installation d'une carence secondaire.

Les associations minérales ont en général un effet négatif sur la reproduction. Une supplémentation multi minérale (cobalt, cuivre, manganèse, zinc) ne se traduit par aucun effet positif sur les intervalles VII, VI<sub>f</sub> ou le taux de réussite de l'IA1 mais au contraire par un allongement de l'intervalle VQ1 (Campbell et al., 1999). Les excès de calcium alimentaire augmentent le PH intestinal et favorisent la formation de complexes minéraux peu solubles et peu digestibles. Ils se traduisent par une diminution de l'absorption intestinale du phosphore, du magnésium, du zinc, du cuivre, de l'iode et du manganèse (Caple et Halpin, 1985; Danvin, 1988; Paragon, 1995; Payne, 1983) et indirectement par un effet négatif sur la fertilité. Des variations trop importantes du ratio calcium / phosphore liées à des apports inversés sont associées également à une baisse des performances de reproduction (Pugh et al., 1985). L'excès de phosphore est également connu pour favoriser la formation de

complexes insolubles avec le magnésium, (Payne, 1983; Rowlands, 1980) et augmenter la fréquence des troubles de la reproduction. Le magnésium en excès diminue l'absorption du calcium et du phosphore et perturbe les mécanismes de régulation de la calcémie (Payne, 1983). De même, l'excès de potassium diminue l'absorption digestive du magnésium (Caple et Halpin, 1985; Paragon, 1995). Les carences secondaires induites ont toutes un effet potentiel sur les performances de reproduction.

Des interactions existent également entre les apports énergétiques et azotés et la disponibilité minérale. En cas de déficit énergétique, la libération des acides gras des réserves corporelles entraîne une fixation du magnésium par les cellules adipeuses et une diminution de la magnésémie préjudiciable à la fertilité (Paragon, 1997). Un excès de protéine dans la ration est également connu pour favoriser la formation dans le rumen de complexes ammoniac-magnésiens insolubles (Paragon, 1997) et altérer la concentration des principaux minéraux dans les sécrétions utérines (Kenny et al., 2002). Quelques associations montrent un effet améliorateur. C'est le cas du cuivre qui associé au magnésium (Ingraham et al., 1987) ou au cobalt (Hurley et Doane, 1989; Paragon, 1991) augmente le taux de réussite de l'IA. Le rôle du cobalt est à souligner en relation avec sa participation dans la néoglucogenèse à partir du propionate.

### **1.6. Particularités des ruminants**

Chez les ruminants, la quantité de glucose directement absorbée est très faible (Herdt, 1988). Elle peut augmenter légèrement si la proportion de céréales avec de l'amidon bypass (maïs) croît mais ce surplus reste de faible ampleur. En revanche, les besoins en glucose de la vache sont importants. En effet, le glucose est une source indispensable d'énergie pour certains organes : cerveau, l'unité foeto-placentaire, la mamelle pour la synthèse de lactose. De plus, l'unité foeto-placentaire à un mode de prélèvement du glucose sanguin indépendant de l'insuline, ce qui signifie que ses besoins sont incompressibles et prioritaires. Il en est de même pour la mamelle pour la synthèse de lactose (Drackley, 2004; Lean, et al., 1992). En conséquence, la source principale de glucose est la néoglucogenèse qui se déroule

## Etude bibliographique

---

principalement dans le foie (85%) ou secondairement au niveau rénal (15%) (Ferré, et al., 2004).

# II. Evaluation des réserves énergétiques

## Introduction

La notation de l'état corporel s'est développée au cours des trente dernières années pour fournir aux éleveurs et aux partenaires de l'élevage un outil pratique d'usage et fiable, permettant d'estimer les réserves énergétiques. Cet indicateur du bilan énergétique est utilisé non seulement pour le suivi d'élevage et l'évaluation de la conduite nutritionnelle du troupeau mais aussi dans de nombreuses enquêtes pour évaluer ses relations aussi bien avec les paramètres de production qu'avec les paramètres de reproduction. Mais l'attribution d'une telle note nécessitait de mettre en place des critères les plus objectifs possibles. Plusieurs grilles se sont développées selon les pays ou selon les races. La correspondance entre chacune d'elles est assez facile puisque les repères anatomiques étudiés pour l'attribution de la note sont assez uniformes. Il est donc intéressant de présenter dans un premier temps les repères étudiés pour l'attribution de la note afin, dans un second temps, de mettre en évidence les relations existantes entre cette note et les réserves énergétiques de l'animal puis, enfin, d'étudier les variations qui accompagnent l'état d'engraissement au cours du cycle de production.

## 2.1. Exécution de la notation

### 2.1.1. Moments

Dans l'objectif de standardiser les recommandations et les objectifs de note d'état, il est important d'effectuer ce travail à des moments-clé du cycle de la vache : tarissement, vêlage, mise à la reproduction. Cela permet également de suivre l'évolution des réserves et donc la conduite d'élevage et de rationnement pendant des périodes stratégiques : période sèche, début de lactation, (Bazin, 1984), voire mi-lactation (Gerloff, 1987).

### 2.1.2. Suivi

Hady et al. (1994) ont montré qu'une évaluation de l'état corporel se faisant tous les trente jours garantit des informations intéressantes. Ils mettent ainsi en valeur les avantages et les intérêts d'un tel outil dans le cadre d'un suivi d'élevage, en

rappelant que c'est quasiment la fréquence à laquelle le vétérinaire ou un autre technicien passerait dans l'élevage pour un suivi de fécondité par exemple.

D'après leur méthode, il est nécessaire de noter par lots selon le stade de lactation : un lot tous les 30 jours pour les vaches en production et deux lots de vaches tarées, en début et en fin de tarissement.

D'autres auteurs soutiennent aussi la notation mensuelle mais la préfèrent évaluée toujours par la même personne (Drame et al., 1999 ; Opsomer, et al., 1999). Cette fréquence n'est cependant pas toujours réalisable, il est alors recommandé que les vaches puissent être notées quatre à six fois au cours de chaque lactation (Ruegg, 1991).

## **2.2. Le poids vif**

### **2.2.1. Estimation du poids d'une vache**

La pesée est la méthode la plus fiable mais elle est coûteuse et lourde de manipulation. Elle n'est d'ailleurs pas si fiable car le poids varie en fonction du contenu digestif, ou reste stable alors que la vache perd des réserves : par exemple chez une vache gestante, les pertes sont masquées par la croissance du veau (Bazin, 1984 ; Ruegg, 1991) pendant la gestation ou par l'augmentation des contenus digestifs et mammaires pendant la première semaine de lactation.

La méthode la plus couramment utilisée et simple d'utilisation est celle du périmètre thoracique.

Il existe des grilles établissant le poids correspondant au périmètre mesuré. Il existe également des rubans bovométriques. Ils sont conçus en tissu de fibre de verre très résistant à la traction. Pour évaluer le poids de l'animal sur pied, il suffit de mesurer son tour de poitrine en arrière de l'épaule. Après avoir déterminé le tour en centimètres, on trouve la valeur du poids en kg correspondant à la mesure indiquée à l'envers du mètre.

### **2.2.2. Relation avec la note d'état**

Il ne peut exister de relation directe entre la note d'état et le poids de l'animal. La note évalue un état d'engraissement : deux animaux de poids très différents peuvent avoir la même note.

Seule la valeur de poids correspondant à une perte d'état de un point est régulièrement évoquée, et ce pour une vache de 600 kg (Bazin, 1984). Otto et al. (1991) annoncent 56 kg de poids vif pour un point de note d'état corporel. Ce chiffre correspond à une variation d'un point, mais aucunement à l'estimation du poids. Chilliard et al. (1987) annoncent entre 35 et 48 kg et précisent que le gain d'un point d'état s'accompagne d'une augmentation de la proportion de lipides corporels de 3,9% à 4,4%.

En pratique, la morphologie des vaches ayant fortement évolué ces deux dernières décennies, la valeur retenue pour un point d'état corporel actuellement, est de 40 kg (Enjalbert, 1994).

### **2.3. Réserves énergétiques**

Tous les auteurs s'accordent à dire que l'estimation des réserves énergétiques est le principal objectif de la notation. La mesure de la note d'état corporel est une méthode subjective pour évaluer la quantité d'énergie stockée dans les muscles et dans les tissus adipeux (Edmonson et al., 1989).

Selon Bazin (1984), un point sur la note d'état corporel correspond à 20 à 25 kg de lipides pour un animal de 600 kg.

L'étude de Chilliard et al. (1987) reste très intéressante quant à l'évaluation des variations des réserves corporelles de la vache au cours du cycle gestation-lactation. Dans les conditions de l'époque, une vache produisant 30 kg de lait mobilisait entre 15 et 60 kg de lipides, ce qui peut mener à plus de 2 kg par jour tant qu'elle subissait un bilan énergétique négatif. Une vache grasse pourrait, dans les conditions extrêmes, mobiliser jusqu'à 100 kg de lipides (elle en possède alors 140 kg). En ce qui concerne la mobilisation protéique, une vache sous-alimentée en lactation mobiliserait jusqu'à 15 kg de protéines corporelles et ces protéines sont à 56% d'origine musculaire le reste provenant des viscères et organes (notamment l'involution utérine). La mobilisation protéique est plus faible chez les vaches alimentées à volonté et chez les primipares pour lesquelles les réserves sont plus faibles. L'estimation de ces variations n'a pu être mise en évidence que par des techniques invasives nécessitant bien souvent l'abattage des animaux : mesure de diffusion de l'eau lourde, mesure de la taille des adipocytes ou des fibres

musculaires, non utilisables sur le terrain. C'est malgré tout en étudiant la relation entre la note d'état et la taille des adipocytes du tissu adipeux sous-cutané qu'ont été estimées les valeurs d'un point d'état corporel (28 à 33 kg de lipides, 35 à 48 kg de poids vif). L'équivalence énergétique est estimée à 4 à 6 Unité Fourragère Lait (UFL) par kg de poids vif soit 150 à 200 UFL par point de note d'état corporel.

### **2.4. Bilan énergétique**

#### **2.4.1. Evolution du bilan énergétique**

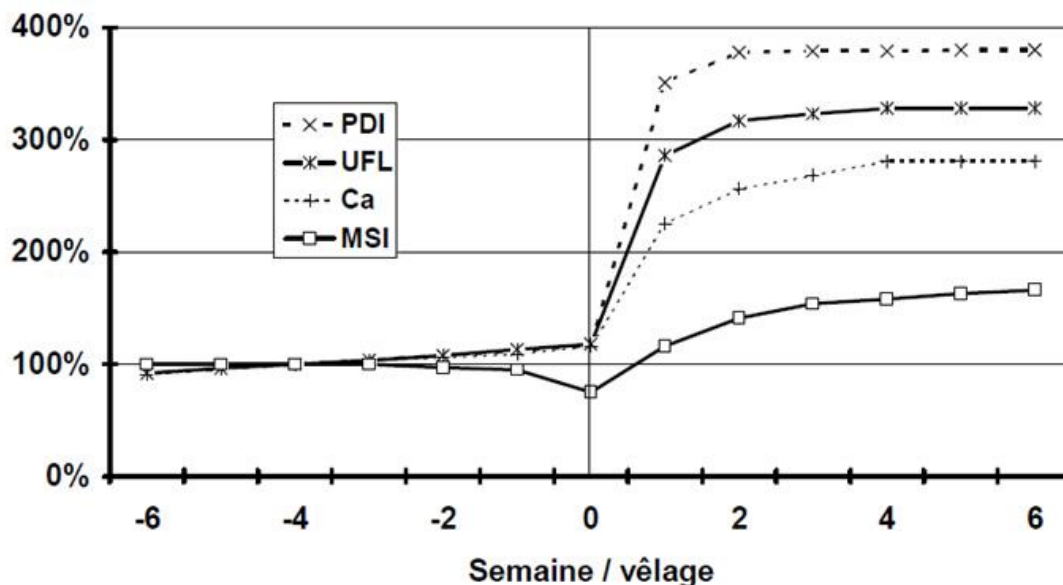
La sélection génétique, orientée vers l'augmentation de la production laitière, a rendu inévitable et systématique le déficit énergétique (Enjalbert, 2002). Cette même sélection a pourtant aussi augmenté l'appétit des vaches.

Le déficit énergétique est dû à une prise alimentaire qui augmente moins rapidement que les besoins énergétiques (Benaich et al., 1999 ; Reist et al., 2003). En effet, la divergence d'évolution commence durant les derniers jours de lactation, où l'appétit diminue avant d'augmenter de nouveau après le vêlage. Des études récentes montrent une diminution de la consommation de 5 kg de matières sèches par jour dans la dernière semaine de gestation (Bertics et al., 1992). Mais les apports recommandés (métabolisme de base, production laitière, et croissance pour les primipares) sont multipliés par trois à quatre dès la deuxième semaine de lactation alors que l'appétit de l'animal met deux à quatre mois avant d'atteindre son maximum (Enjalbert, 2003).

La situation de déficit dure en moyenne jusqu'à six à douze semaines post-partum, voire quinze, semaines avec un nadir de la courbe de déficit énergétique situé entre une et deux semaines postpartum (Pushpakumara et al., 2003). Cette situation induit une mobilisation des réserves contenues dans le tissu adipeux et des protéines d'origine osseuse et musculaire (Bauman et Currie, 1980). Notons que la couverture des besoins énergétiques par l'alimentation n'est pas possible, elle nécessiterait des apports trop massifs et brutaux d'autant que les vaches laitières supportent relativement bien ce déficit. Il est cependant important de limiter cet amaigrissement à six à huit semaines de lactation (Enjalbert, 2003). La **Figure 7** illustre l'évolution

## Etude bibliographique

des besoins alimentaires (UFL, Protéines Digestibles dans l'Intestin (PDI) et calcium) multipliés par trois, alors que la quantité de matière sèche ingérée (MSI) augmente plus tardivement.



**Figure 7:** Evolution comparée de l'appétit et des besoins alimentaires autour du vêlage (d'après Enjalbert, 2003)

De plus, ce déficit est d'autant plus important que la vache est une haute productrice : chez la vache laitière, la priorité est donnée à la production laitière par rapport aux réserves corporelles.

C'est le contrôle homéorhétic du partage des nutriments (Enjalbert, 2003 ; Staples et Thatcher, 1990). Le déterminisme est hormonal, par l'insuline d'une part et l'hormone de croissance (GH) d'autre part. La première s'oppose à la mobilisation des réserves alors que la GH est l'hormone de l'homéorhèse : elle donne la priorité à certains tissus, ici la mamelle pour l'obtention des nutriments (Enjalbert, 1994 ; Enjalbert, 2003).

L'appréciation du bilan énergétique est impossible individuellement en temps réel en élevage. La note d'état corporel le permet indirectement (Butler, 2000). Une vache qui maigrit beaucoup a subi un important pic de déficit énergétique (Enjalbert, 2002)

La note d'état permet de juger de son alimentation a posteriori. La quantité de graisse que l'animal possède résulte de ce que l'animal a digéré et utilisé (Bazin, 1984). La perte d'état observée pendant cette période est le signe d'une mobilisation intense, parfois très rapide, des réserves corporelles. Elle se traduit histologiquement par une diminution de l'épaisseur de la graisse sous-cutanée et du diamètre des adipocytes liées à la lyse des triglycérides (Chilliard et al., 1987).

D'une manière générale, l'état corporel des animaux est un des indicateurs (avec les performances de production, les résultats de reproduction et la composition du lait) de l'efficacité et de la sécurité d'une ration. Les recommandations dans ce domaine préconisent moins de 10% des vaches ayant un état supérieur à 4 ou inférieur à 2,5. Il faudra cependant tenir compte du stade physiologique des animaux, cette norme doit être ajustée lorsque beaucoup d'animaux sont en début de lactation (Enjalbert, 1995).

Au cours de la seconde partie de lactation, le retour à un bilan énergétique positif s'accompagnera d'une reprise d'état, traduisant la reconstitution des réserves corporelles (Drame et al., 1999).

## **2.5. Evolution de la note d'état corporel (NEC)**

### **2.5.1. NEC au tarissement**

Il est intéressant de commencer par le tarissement dans la mesure où la note d'état corporel devrait rester stable pendant cette période. Le tarissement est une période stratégique et déterminante quant à l'avenir nutritionnel de l'animal et du troupeau.

La note d'état corporel au tarissement est donc celle attendue au vêlage (Gearhart et al., 1990). L'objectif retenu de note d'état au tarissement est situé entre 3 et 3,5 sur une échelle de 0 à 5. Les variations d'état corporel au tarissement, que ce soit amaigrissement ou reprise d'état, supérieures à un point sont sources de problèmes (Butler, 2005). Il est d'ailleurs intéressant, lors d'une visite d'élevage, d'analyser deux lots, celui des vaches tarées récemment et celui des vaches en fin de tarissement, prêtes à vêler, pour évaluer l'efficacité de la gestion alimentaire au tarissement (Hady et al., 1994).

### 2.5.2. NEC au vêlage

#### - Recommandations usuelles

Les recommandations quant à la note d'état au vêlage sont généralement comprises entre 3 et 4 sur une échelle allant de 0 à 5 (Enjalbert, 1995, Enjalbert, 2003, Gerloff, 1987, Meissonnier, 1994, Ruegg 1991), l'idéal étant une note de 3,5 (Meissonnier, 1994). Pourtant les observations de terrain, en race Prim Holstein, ne confirment pas ces recommandations. Quarante pour cent des bovins seraient en dessous de la note 3 au vêlage et 33 % au dessus de 3,5 ; il ne resterait alors que 27 % des animaux entre 3 et 3,5 (Freret et al., 2005).

#### -Application à différents systèmes d'élevage

L'objectif de note d'état corporel au vêlage est variable en fonction du type de système de production. De nombreux éléments sont à concilier : une pleine expression du potentiel laitier, des conditions de vêlage faciles, des résultats de reproduction corrects (un retour de cyclicité normal, fertilité, fécondité), éviter des maladies métaboliques...mais il est difficile de trouver le juste équilibre ; équilibre qui n'est d'ailleurs pas le même d'un élevage à l'autre.

Trois types de système peuvent être décrits : le premier favorise la productivité laitière. Les élevages où elle dépasse les 8000 kg/vache laitière/an peuvent choisir d'augmenter l'intervalle vêlage/vêlage (IVV) à 14 mois dans le but d'exprimer pleinement le potentiel laitier. La conduite de reproduction n'est alors plus la même, on accepte une fertilité moindre et la stratégie de réforme devient moins stricte.

Dans le second système, l'objectif est de réduire les coûts de production, notamment alimentaires. Un IVV élevé n'est alors pas souhaitable et peut être raisonnablement contraignant et rentable autour de 13 mois. La conduite de reproduction est basée sur une mise à la reproduction précoce, dès 50 jours, avec une surveillance attentive des différents événements (détection des chaleurs, interventions sur des vaches non détectées).

Dans le dernier type d'élevage, l'objectif est le regroupement des vêlages. La difficulté est, dans ce système, de garder un IVV de 12 mois avec un taux de réforme faible. La maîtrise de la reproduction devient ici prioritaire, les vaches doivent être cyclées rapidement, et fécondées dans un court intervalle, celles qui ne répondent pas aux contraintes étant alors réformées.

### **2.6. Perte d'état au cours du post-partum**

La perte d'état corporel en début de lactation est significativement proportionnelle à l'état d'engraissement au vêlage (Ruegg, 1991).

#### **2.6.1. Appétit des vaches**

La quantité de matière sèche ingérée en début de lactation diminue en fonction de l'état corporel au vêlage (Broster et Broster, 1998). La relation est proportionnelle pour un état corporel situé entre 1,6 et 3,8 au vêlage (échelle 1 à 5). La différence de matière sèche ingérée par jour est de 1,3 kg entre deux groupes de vache ayant un écart de note d'état d'un point : une vache ayant une note de 3,5 au vêlage consomme 1,3 kg de moins par jour qu'une vache ayant une note de 2,5.

Une vache avec des réserves peut mobiliser 40 à 50 kg de réserves adipeuses ce qui représente 400 à 500 litres de lait. En revanche, une vache maigre mobilise trois à quatre fois moins mais son appétit est supérieur (Enjalbert, 2003).

La mobilisation des réserves doit être raisonnable. Les excès de mobilisation sont néfastes.

Plusieurs origines peuvent être répertoriées :

- soit c'est la vache elle-même qui est en cause : les vaches à haut potentiel n'ont pas un appétit plus élevé, ce qui conduit à un déficit énergétique plus élevé et à un excès de mobilisation.

- soit ce sont les apports qui sont insuffisants. C'est alors soit la ration qui est en cause, soit l'appétit des vaches qui est déprécié. L'appétit des vaches peut être déprécié par une maladie concomitante (mammite, métrite, maladie métabolique), par un état d'engraissement exagéré (la mobilisation est d'autant plus importante que cet état a été acquis précocement au tarissement) ou par une transition alimentaire mal conduite et qui ne laisse pas aux papilles ruminales le temps de se développer ni à la flore le temps de s'adapter à la nouvelle ration avec comme conséquence une ration mal valorisée voire une évolution vers l'acidose ruminale (Enjalbert, 2003).

Notons que l'appétit des vaches et leur capacité d'absorption digestive sont liés au développement des papilles du rumen. Leur dimension entre le tarissement et le 3<sup>ème</sup> mois de lactation (en moyenne) double. Leur capacité d'absorption des acides

gras volatils (AGV) triple et la vitesse d'absorption ruminale quintuple alors (Meissonnier, 1994).

Finalement, l'évolution de l'état corporel, certes cyclique, n'est pas aléatoire ; chaque étape conditionne la suivante.

### **2.6.2. Objectifs d'évolution de la Nec après le vêlage**

L'état corporel des vaches laitières subit donc une chute au cours des deux voir des trois premiers mois de lactation. Elle est inévitable mais doit être maîtrisée et compensée lors de la deuxième période de lactation. Cette perte a été observée sur le terrain. Les observations confirment également qu'elle est d'autant plus élevée que les vaches sont grasses au vêlage. Les pertes sont mesurées à 0,6 unité par point d'état corporel au vêlage (Broster et Broster, 1998). Sur une échelle de 1 à 5, cette perte s'élève à 1,4 point pour les vaches grasses (note d'état au vêlage  $\geq 4$ ), à 0,5 point pour les vaches normales (note d'état au vêlage comprise entre 2,5 et 3,5) et à 0,05 point pour les vaches maigres (note au vêlage  $\leq 2$ ) (Drame et al., 1999). Dans l'étude de Fréret et al. (2005), 35 % des Prim Holstein ont une perte d'état entre 0 et 60 jours post-partum inférieure à 1 point, 35% perdent entre 1 et 1,5 point et enfin, 30 % d'entre elles perdent plus que 1,5 point.

## **2.7. Effets de la NEC sur la production laitière**

L'étude et l'utilisation de l'état corporel pour la conduite d'élevage à plusieurs intérêts. S'il permet de juger évidemment de la conduite nutritionnelle du troupeau, il est alors intéressant de relier l'évolution de ce facteur à deux composantes de l'élevage : la production laitière d'abord aussi bien qualitativement que quantitativement et les résultats de reproduction ensuite.

### **2.7.1. Niveau de production**

Note d'état corporel et production laitière élevée en début de lactation sont corrélées négativement. Nous avons déjà évoqué la raison principale qui est l'appétit des vaches. Rappelons qu'il est indépendant du niveau de production et que le déficit énergétique est supérieur chez les hautes productrices. En conséquence, les vaches les plus hautes productrices ont des notes d'état plus basses (Pryce et al., 2001), ou

perdent plus d'état corporel (Heuer et al., 1999, Loeffler et al., 1999), tandis que les vaches moins bonnes productrices peuvent même gagner de l'état en début de lactation (Gearhart et al., 1990)

Pourtant, une étude met en évidence une relation favorable entre la production laitière (surtout le taux de matières grasses) et l'augmentation de la note d'état corporel, cet effet se faisant ressentir jusqu'à cent jours de lactation (Gerloff, 1987).

. Il s'agit là bien plus d'un effet de la lipomobilisation permise par un état d'engraissement important induit expérimentalement dans cette étude. En effet, cette donnée est extraite d'un groupe de vaches suralimentées au tarissement de façon à accroître leur taux d'engraissement et leur poids. La mobilisation de ces réserves est accompagnée d'un taux d'AGNE (acides gras non estérifiés) sanguins élevés, AGNE captés par la mamelle, matières premières du taux butyreux du lait (TB).

Il existe donc une relation significative entre le profil d'état et la production au pic. La probabilité d'observer des profils de perte d'état élevée ou d'état insuffisant est diminuée pour une production au pic moyenne par rapport à une production élevée associée à un pic tardif (Ponsart et al., 2007).

### **2.7.2. NEC et matières utiles du lait**

Les profils d'état insuffisant sont fréquemment associés à des taux protéiques (TP) au pic inférieurs à 28 g/kg (Ponsart et al., 2007) en race Prim Holstein. La moitié des vaches présentant un TP au pic inférieur à 28 g/kg sont dans la classe "état insuffisant" alors que pour celles ayant un TP supérieur à 28 g/kg sont à 32,3% dans la classe "reprise d'état précoce".

Il existe une liaison hautement significative entre le TP et la note d'état (Enjalbert, 2003). Le principal facteur conditionnant le TP est l'énergie : les apports énergétiques permettent la synthèse de matières protéiques par la mamelle.

L'évaluation du déficit énergétique en début de lactation passe traditionnellement par la notation de l'état corporel mais la notion de TP mini (TP le plus bas enregistré au cours des trois premiers contrôles) est de plus en plus retenue dans ce but (Martinot, 2006).

### **2.7.3. Gestion de la production laitière**

L'évolution de la note d'état corporel au cours du post-partum doit amener à adapter la production laitière en fonction de la perte d'état de l'animal. En effet, si production laitière et note d'état sont corrélées négativement, il en est de même pour la perte d'état en post-partum et les résultats de reproduction. Il apparaît donc nécessaire de faire varier la production laitière pour limiter la perte d'état en post-partum et pour atteindre les objectifs de note d'état au tarissement.

La diminution de la production laitière peut être menée de plusieurs façons, mais les conséquences sont variables. Il est plus avantageux de faire varier le niveau azoté, car si la réduction des apports énergétiques entraîne une perte d'état corporel autant qu'un système restrictif en apport azoté, le second n'entraîne pas de dégradation des performances de reproduction (Disenhaus et al., 2005).

Dans le cas d'un système privilégiant la production laitière, le niveau azoté ne devra pas être trop élevé afin de faire durer la production laitière. L'état d'engraissement doit être suffisant pour exprimer pleinement le potentiel laitier mais l'amaigrissement ne doit pas être trop rapide ni trop intense.

Dans le cas d'un système visant à réduire les coûts, le niveau azoté et l'état d'engraissement doivent être encore plus modérés afin d'éviter des démarrages de lactation trop rapides. Le système privilégie la durée : capacité d'ingestion élevée, sélection sur index fonctionnels de longévité.

Dans le cas du système à groupement de vèlages, les recommandations sont sensiblement les mêmes : il faut éviter des démarrages de lactation trop rapides et permettre une courbe de lactation sans pic, tout doit être mis en oeuvre pour obtenir une fertilité optimisée dans le temps imparti. Il faudra aussi veiller à la croissance des génisses pour assurer d'atteindre 60% du poids adulte à la première IA pour un vèlage à vingt-quatre mois.

La notation de l'état corporel s'est développée ces trente dernières années, s'avérant un outil nécessaire pour juger la gestion alimentaire et nutritionnelle du troupeau. Les objectifs d'état corporel pour différents moments du cycle de production de la vache sont validés dans le but de réduire l'incidence des maladies métaboliques et pour assurer la quantité et la qualité de la production laitière mais aussi pour le rôle capital des variations de note d'état corporel sur les performances de reproduction.

### 2.7.4. Relation NEC et reproduction

Il semble difficile d'établir une relation directe entre note d'état et expression des chaleurs. Dans une étude visant à étudier les relations entre la note d'état de 0 à 120 jours post-partum et les paramètres de reproduction (Ponsart et al., 2007), les éleveurs devaient noter les signes d'œstrus. Soit ils observaient un seul signe (acceptation du chevauchement ou signe non spécifique), soit ils observaient plusieurs types de signes (dont acceptation du chevauchement ou non). La proportion de chaleurs comportant un seul signe d'œstrus noté a eu tendance à diminuer lorsque la perte d'état entre zéro et trente jours a été inférieure à un point. Ces résultats peuvent être à la fois mis en relation avec une moindre expression des chaleurs chez les femelles présentant une perte d'état élevée au cours du premier mois de lactation, ainsi qu'avec des facteurs liés à la détection des chaleurs, illustrant le rôle prépondérant de l'éleveur.

En ce qui concerne l'intervalle vêlage-première chaleur, la première chaleur a été vue en moyenne  $57 \pm 31$  jours après le vêlage et les femelles inséminées  $82 \pm 26$  jours après le vêlage. La perte d'état corporel supérieure à un point entre 0 et 30 jours, autant qu'un état corporel insuffisant au vêlage ou encore une affection du post-partum ont significativement allongé le délai moyen d'apparition des premières chaleurs après vêlage. Il existe d'ailleurs dans cette étude, des différences significatives au sein même des multipares : les femelles présentant un bon état corporel ont été vues en chaleur, puis inséminées dans des délais plus courts après vêlage, alors que les femelles en état corporel insuffisant ont présenté les délais les plus longs (Ponsart et al., 2007).

Le bilan énergétique a une influence majeure à cette période, l'expression des chaleurs diminue à chaque cycle tant qu'il reste négatif. En effet, au cours du deuxième cycle, seulement 66,7% des vaches en bilan énergétique négatif manifestent leurs chaleurs avant l'ovulation, contre 80% des vaches en bilan énergétique positif (Spicer et al., 1990).

En pratique courante, plusieurs paramètres sont employés pour caractériser la fertilité. D'une importance majeure, on retrouve le pourcentage de réussite en première IA (TRIA1 = taux de réussite à l'IA première) ainsi que le nombre de vaches à trois IA et plus (ou plus de deux IA) (Ennuyer, 2000). L'évaluation du

## Etude bibliographique

---

nombre d'IA pour obtenir l'insémination fécondante est également très importante (IA/IF).

En ce qui concerne la fertilité, on s'intéresse surtout à l'intervalle vêlage-vêlage (IVV), à l'intervalle vêlage-première insémination (IVIA1) et à l'intervalle vêlage-insémination fécondante (IVIF).

La valeur absolue de la note d'état corporel ainsi que sa variation influencent la fertilité et/ou la fécondité. Un mécanisme pathogénique possible est une diminution de la progestéronémie. En effet, la sécrétion de progestérone par le corps jaune est limitée chez des vaches qui ont subi un déficit énergétique, au moins jusqu'au cinquième cycle post-partum, et le taux de réussite à l'insémination s'en trouve très affecté (Enjalbert, 2002).

Dans une étude comparative des résultats de différentes études, on trouve un lien de dépendance significatif entre la NEC au vêlage et le TRIA1 seulement pour les vaches ayant une NEC faible au vêlage par rapport à celles ayant une note intermédiaire (OR=0,91 contre OR=1,04). Les vaches vêlant en état insuffisant se voient diminuer de dix points leur TRIA1. Cette relation de dépendance n'est pas retrouvée pour les vaches ayant une note élevée au vêlage, mais, pour celles-ci, l'IVIF est supérieur (Heuer et al., 1999 ; Lopez-Gatius et al., 2003).

A l'inverse, une différence significative sur le taux de réussite en première IA existe dans l'étude de Heuer et al. (1999) entre un groupe de vaches ayant une note d'état excessive (>4) au vêlage et un groupe ayant une note normale (comprise entre 2 et 4). Cette différence n'est pas retrouvée entre le groupe de vaches ayant une note faible (<2) et le groupe ayant une note normale. Les différences sur les autres paramètres de fertilité ne sont pas significatives (Heuer et al., 1999 ; Waltner et al., 1993).

Les résultats concernant la NEC à la première insémination sont homogènes. Que ce soit pour une note élevée ou faible, la relation n'est pas significative. La note d'état a donc une influence sur les résultats de reproduction peu évidente. La significativité des relations est très peu constatée à l'exception de celle entre le taux de réussite en première IA et la note d'état au vêlage. Néanmoins, on observe malgré tout des

## Etude bibliographique

---

tendances à la dégradation des résultats pour des notes extrêmes. Bon nombre d'auteurs soulignent d'ailleurs la limite d'interprétation de leurs résultats en évoquant qu'une étude forçant la note d'état corporel vers des notes extrêmes pourrait être judicieuse.

Dans l'étude de Lopez-Gatius et al. (2003), répertoriant les résultats de nombreuses études, le lien entre cette perte et le TRIA1 est faible pour la catégorie de vaches perdant peu. La relation devient plus évidente quand la perte dépasse un point. Dans cette même étude, la perte d'état corporel a un impact surtout sur l'IVIF et surtout pour les vaches connaissant une perte sévère supérieure à un point. L'IVIF de ces animaux augmente de 10,6 jours.

Dans l'étude de Mayne et al. (2002), de telles observations sont également faites ; et les auteurs arrivent à la conclusion que les vaches qui ont un meilleur intervalle vêlage/vêlage sont celles qui, outre une meilleure détection des chaleurs, un meilleur intervalle vêlage/première insémination, un meilleur taux de réussite en première insémination, ont une note d'état inférieure au tarissement (3,0 contre 3,3,  $p < 0,05$ ) et surtout une perte d'état en début de lactation inférieure (0,3 point contre 0,6 point ;  $p < 0,05$ ) comparativement à celle ayant un intervalle vêlage/vêlage plus long.

# ETUDE EXPERIMENTALE

## Introduction

La filière lait a bénéficié de diverses mesures de soutien de l'Etat à travers les divers programmes nationaux de développement de l'investissement agricole. Afin de développer l'élevage intensif de vaches laitières, les éleveurs ont surtout recours à l'importation d'animaux reproducteurs sélectionnés à haut potentiel génétique ; à cet effet, entre 2010 et 2014 environ 30000 génisses en gestation sont importées par année.

L'élevage des génisses est un passage obligé pour l'augmentation des effectifs et de la productivité. La conduite de ces animaux (alimentation, poids vif, état corporel et âge au 1<sup>er</sup> vêlage) demande de l'attention, car ils assurent la carrière de la future vache laitière. Les performances de reproduction sont sensibles à la production laitière et à l'état des réserves corporelles, lesquels sont fortement influencés par les apports alimentaires.

Des génisses de races laitières Prim'Holstein (PH) et Montbéliarde (MB) ont été importées en gestation (entre les 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> mois de gestation). Elles ont été préparées à leurs carrières de futures laitières dans d'autres conditions d'élevage, et particulièrement alimentaires et de mises à la reproduction. Une fois débarquées en Algérie, ces génisses gestantes ont été confrontées à des conditions d'élevage et alimentaires variables. Leurs adaptations aux nouvelles conditions d'élevage, souvent contraignantes, particulièrement sur le plan alimentaire, se sont répercutées à court terme sur leurs performances en première lactation et à long terme sur leur carrière de laitière.

La présente étude a pour objectif d'évaluer et de comparer les réponses zootechniques de deux races de vaches laitières (Prim'Holsteins et Montbéliardes) soumises aux mêmes conditions d'élevage et alimentaires. Cette étude a porté sur l'évaluation du bien être alimentaire et son incidence sur les performances de production laitière en quantité et en qualité, l'évolution des réserves corporelles, les performances de reproduction et la santé des vaches au cours de 3 lactations successives.

## 1. Matériels et méthodes

Il est de fait de constater que les exploitations publiques, où un minimum d'outils de gestion est mis en place, sont de plus en plus rares, alors que les exploitations privées sont de plus en plus nombreuses. Dans ces dernières malheureusement, l'absence ou les carences en matière de gestion des animaux à haut potentiel génétique, tels que les contrôles quantitatifs et qualitatifs de performances laitières, la planification et l'enregistrement des événements de la reproduction, le suivi de l'alimentation et du statut énergétique nous ont contraints, malgré nos tentatives initiales, de limiter le champ d'étude. En plus, dans la majorité des exploitations, les accès répétés aux données et informations ne sont pas choses aisées, c'est pourquoi le choix d'une exploitation publique s'est imposé.

### 1.1. Région d'étude

La zone d'étude se caractérise par un climat subhumide au Nord à semi aride vers le Sud. Son climat est doux et pluvieux en hiver et chaud en été. La température varie de 4° C en hiver à 35,4°C en été. La pluviométrie est en moyenne 654 mm/an au Nord et entre 400 à 500 mm/an au Sud. Près de 57% de cette pluviométrie est enregistrée pendant la saison humide d'octobre à mai.

### 1.2. Animaux

La présente étude a été focalisée sur les deux races laitières les plus répandues dans la zone d'étude, un suivi régulier a été effectué sur 2 lots de génisses pleines importées d'Europe, 10 de race Prim'Holstein et 10 de race Montbéliarde, âgées de  $18,6 \pm 0,9$  (PH) et  $26,5 \pm 0,9$  mois (MB), et en gestation en moyenne de  $5,6 \pm 0,4$  (PH) et  $5,5 \pm 0,4$  mois (MB), avec un poids moyen de  $474 \pm 43$  (PH) et  $558 \pm 52$  kg (MB). Les notes d'état corporelles (NEC) moyennes ont été de  $3,0 \pm 0,2$  pour les génisses de race PH et de  $3,2 \pm 0,2$  pour les génisses MB. Les femelles ont été élevées dans la même exploitation et soumises aux mêmes conditions de conduite. Les deux lots ont été disposés en deux rangées, queue à queue en stabulation entravée, avec une aire d'exercice. Dans cette exploitation, les mesures

et contrôles ont été réguliers, et les vêlages ont été plus au moins groupés grâce à la synchronisation des chaleurs avec insémination artificielle.

### **1.3. Procédures générales**

Etant donnée la complexité du contrôle individuel des paramètres zootechniques retenus dans cette étude, la régularité du suivi s'est déroulée en fonction du paramètre à mesurer. Certaines mesures sont systématiques sur l'ensemble des animaux comme le contrôle initial de la production laitière du 4<sup>ème</sup>, 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> jour pour déterminer la production laitière initiale (PI), les événements de la reproduction et la NEC au vêlage. D'autres ont été planifié en fonction des événements de mise bas, et ont été organisé comme suit : la production laitière, l'évaluation des réserves corporelles, la quantité de MSI, le contrôle de matières utiles (TB et TP). Pour chaque race ils ont porté sur des effectifs variables en fonction du rang de lactation. Ils ont été sur l'ensemble du troupeau en 1<sup>ère</sup> lactation, le nombre a été réduit progressivement en 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> lactation. La périodicité des contrôles a été au vêlage à 30, 60 et 90 jours. Les contrôles laitiers sont périodiques et réguliers.

### **1.4. Alimentation**

Les fourrages étaient produits sur l'exploitation ; le type de ration était variable avec complémentation individuelle. La consommation du concentré a été estimée individuellement par vache et par jour. Les aliments de base ont été distribués à tous les animaux ; le concentré était consommé deux fois par jour durant la traite. Les niveaux de consommation de matière sèche de fourrages et de concentré ont été estimés au 30<sup>ème</sup>, 60<sup>ème</sup> et 90<sup>ème</sup> jour de lactation à partir des quantités distribuées et des refus. Les vaches taries ont reçu exclusivement du foin de vesce/avoine ou de la paille de céréales. Les données relatives à l'alimentation ont été reportées pour les principales périodes alimentaires.

Les périodes alimentaires sont définies par la distribution des mêmes aliments de base. Les quantités d'aliments consommées aux périodes physiologiques retenues, sont valorisées pour l'établissement de bilans énergétiques et protéiques.

## Partie Expérimentale

---

Sur des échantillons représentatifs de chaque aliment, nous avons dosé les concentrations en  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  et  $\text{Cl}^-$  par les méthodes d'analyses classiques. La détermination de la matière sèche des échantillons de fourrage moulus a été faite par la méthode à chaud à  $105^\circ\text{C}$  pendant 16 heures sur 2 g d'échantillon (Miller, 1998a). Pour chaque élément apparaissant dans l'équation du BEA et à au moins tous les 5 échantillons, un échantillon a été analysé une deuxième fois. Si la variation entre les deux analyses était supérieure à 10 % pour le sodium (Na) ou supérieure à 5 % pour le K et le Cl, l'analyse de l'élément considéré était répétée pour les 5 échantillons concernés et la moyenne des deux analyses a été prise en compte. L'extraction du Na a été réalisée par calcination à chaud sur 0,5 g d'échantillon. Les cendres ont ensuite été récupérées et mises en solution dans 10 ml d'acide chlorhydrique (HCl 1 N) et 40 ml d'eau déminéralisée. Cette méthode de minéralisation par voie sèche est une adaptation de Miller (1998b). Le Na a été dosé par spectrométrie d'émission atomique avec un appareil d'absorption atomique.

La minéralisation pour extraire les quantités totales de K, des tissus végétaux s'est faite par digestion acide d'après la méthode originale de Isaac et Johnson (1976).

Un échantillon de 0,1 g était utilisé. Le dosage du Cl a été effectué par chromatographie ionique.

Le bilan électrolytique alimentaire des aliments et des rations a été calculé à partir des résultats en mg / g de matière sèche en utilisant l'équation  $\text{BEA} = \text{Na} + \text{K} - \text{Cl}$ , exprimé en  $\text{mEq} / \text{kg}^{-1} \text{MS}$ .

### 1.5. Etat corporel et poids vif

Les deux lots ont été suivis aux principales phases physiologiques : au vêlage, au 30<sup>ème</sup>, 60<sup>ème</sup> jour de lactation et au tarissement.

La notation de l'état des réserves corporelles (NEC) a été effectuée à l'aide de grilles de notation standardisées (Vasseur et al, 2013) et adaptées pour les vaches de race Prim'Holstein et Montbéliarde (Bazin, 1989). En plus, une mesure du tour de poitrine, pour estimer le poids vif (PV), a été effectuée après les vêlages successifs de chaque vache.

## Partie Expérimentale

---

La note d'état corporel est attribuée à l'animal sur la base de l'apparence des tissus recouvrant les proéminences osseuses des régions lombaires et caudales. Plus précisément, les zones anatomiques évaluées comprennent les processus transverses et épineux des vertèbres lombaires, les tubérosités iliaques et ischiatiques, le détroit caudal, la base de la queue et la ligne du dos ainsi que des zones intermédiaires.

### **1.6. Production laitière**

Les données du contrôle laitier ont été planifiées pour déterminer la production initiale et la production maximale. Les conditions de vêlage, ainsi que les éventuelles affections pathologiques ont été notées. La production laitière initiale (PI) ou 1<sup>er</sup> contrôle a été établie à partir des contrôles journaliers du 4<sup>ème</sup>, 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> jour de lactation et la production laitière maximale (PLMax) à partir des contrôles du 1<sup>er</sup> jour de la 7<sup>ème</sup>, 8<sup>ème</sup> et 9<sup>ème</sup> semaine. Les résultats mensuels individuels portent sur les données du dernier contrôle laitier ainsi que les performances de la lactation en cours de chaque vache présente dans le troupeau. Le nombre de jours de lactation correspondra au nombre de jours depuis le dernier vêlage augmentés de 14 jours. La quantité de lait est calculée de la manière suivante : Les kg de lait produits jusqu'au premier contrôle sont multipliés par le nombre de jours depuis le dernier vêlage augmenté de 14. Les kg de lait produits entre les contrôles suivants sont calculés par la moyenne entre la production du dernier contrôle et du contrôle actuel multipliée par le nombre de jours séparant les deux contrôles. A ce résultat, on retranche la production de 14 jours du contrôle précédent et on ajoute la production de 14 jours du contrôle actuel.

Des échantillons sont prélevés pour doser les proportions de matières utiles (% de matières protéiques et % de matières grasses) :

#### **Dosage du Taux Butyreux dans le lait : (Grappin et Jeunet, 1979)**

La méthode employée pour la détermination de la matière grasse est celle de Gerber, les résultats sont exprimés par convention en grammes. Cette méthode est basée sur la dissolution des éléments autres que la matière grasse par de l'acide sulfurique avec

addition d'une petite quantité d'alcool amylique qui favorise le rassemblement de la matière grasse.

### **Procédé opératoire :**

- Placer 10 ml de lait cru homogénéiser
- ajouter 10 ml d'acide sulfurique dans le butyromètre
- introduire dans le butyromètre en mettant le point de pipette inclinée au contact avec la base du col du butyromètre.
- ajouter 1 ml d'alcool iso-amylique puis boucher le butyromètre
- agiter jusqu'à obtenir un mélange homogène.
- placer dans la centrifugeuse pendant 10 min
- lire directement la valeur de la matière grasse

### **Dosage de la matière protéique du lait de vache par la méthode de Kjeldahl :**

(Ndiaye N.P, 2002)

Les protéines du lait représentent 95% des matières azotées totales du lait. Les 5% restant sont constitués d'acides aminés libres, de petits peptides, d'azote non protéique (essentiellement de l'urée : 0,3 à 0,4g/l) mais aussi de la créatinine, de l'acide urique.

Pour doser les protéines contenues dans du lait par cette méthode, il faut d'abord procéder à la minéralisation. Pour cela introduire dans une fiole :

- 2 ml de lait exactement mesuré ;
- 15 à 20 ml d'acide sulfurique concentré ;
- 6 g de sulfate de potassium ;
- 1 g de sulfate de cuivre ;
- quelques grains de pierre ponce.

Porter à ébullition. Puis, à partir de l'éclaircissement de la solution, prolonger l'ébullition pendant 3 heures.

Laisser refroidir et introduire avec précaution de 30 à 50 ml d'eau distillé

### Récupération de l'ammoniac

Réaliser un montage de distillation dans le ballon, introduire :

- le contenu de la fiole (voir ci-dessus) soigneusement rincé (pour en extraire tous les composés azotés ; compléter à 250 ml avec de l'eau distillée ;
- quelques gouttes de phénolphtaléine ;
- de l'hydroxyde de sodium à 400 g/L jusqu'à ce que le contenu du ballon devienne rose.

Plonger le bout du réfrigérant dans un bécher contenant 20 ml d'acide borique et 2-3 gouttes de rouge de méthyle.

Chauffer modérément le ballon.

Doser l'ammoniac, au fur et à mesure de son dégagement, par une solution titrée d'acide sulfurique à 0,05 mol/L. Le dosage est terminé dès que la coloration reste stable pendant environ 5 min.

Calculer la teneur en azote total à l'aide de la formule ;

$$\text{Azote total (\%)} = \frac{1,40 \times N (V_1 - V_0)}{P}$$

V1 : Quantité d'acide chlorhydrique en ml utilisé pour le dosage

V0 : Quantité d'acide chlorhydrique en ml utilisé pour l'essai à blanc.

P : Poids en gramme du lait utilisé pour le dosage

Le poids d'azote trouvé multiplié par 6,39 donne le taux protéique.

### 1.7. Reproduction

Un planning de suivi des événements de la reproduction à été mis en place pour reporter les principales dates relatives aux inséminations, vêlages et tarissement. Etant donné que le 1er vêlage s'est étalé sur deux mois, la planification de l'opération de synchronisation de chaleur sa été faite après la dernière mise bas. La durée de cette opération de remise à la reproduction de chaque vache a donc été déterminée à la fois par sa date de vêlage et le début de l'opération. Les contrôles de gestation ont été effectués à partir de l'absence de retour en chaleur.

### **1.8. Suivi sanitaire**

Au cours des passages planifiés, les animaux sont observés lors de la notation de l'état corporel et toutes les remarques relatives à l'état général des animaux ont été notées. En plus toutes les interventions d'assistance et de soins ont été répertoriées dans un registre de soins vétérinaires.

L'analyse du carnet sanitaire et du bilan sanitaire nous a permis de recenser toutes les pathologies courantes présentes sur l'exploitation. La période autour du vêlage a été notre préoccupation. Les pathologies cliniques qui touchent les animaux en peripartum ainsi que leur incidence au niveau de l'élevage ont été recherchées.

### **1.9. Analyses statistiques**

Les données collectées sont d'abord épurées pour toutes les vaches contrôlées, afin d'écartier les données aberrantes, ensuite elles ont été soumises à une analyse de la variance des résultats intra race et comparées entre les deux races avec le logiciel Minitab 16.

## 2. Résultats

### 2.1. Age au premier vêlage

Les génisses ont été introduites en mai gestantes en moyenne de  $5,5 \pm 0,4$  mois. Les premiers vêlages étaient groupés, pour les deux races et ont eu lieu entre septembre et octobre pour les deux races. Ainsi, l'âge au 1er vêlage a été de  $24,2 \pm 0,8$  mois pour les Prim'holsteins (PH) et  $32,1 \pm 0,8$  mois pour les Montbéliardes (MB). Les notes d'état corporel (NEC) moyennes au premier vêlage ont été de  $2,8 \pm 0,2$  pour les PH et de  $3,0 \pm 0,2$  pour les MB.

### 2.2. Alimentation

A l'exception du son de blé, tous les aliments sont produits au niveau de l'exploitation. Le même calendrier fourrager, composé de fourrages d'hiver, a été reconduit chaque année pendant la période de suivi. Selon l'année, les périodes alimentaires ont connu des décalages de plus au moins 3 à 6 semaines. Les données relatives au suivi alimentaire sont reportées dans le **tableau 4**.

<b>Tableau 4. Aliments disponibles et valeurs alimentaires</b>								
Aliment	Valeur/kg de matière sèche						Période de disponibilité	Ration type
	UEL	UFL	PDIE	PDIN	P	Ca		
Ensilage d'orge	1,12	0,75	80	68	3	2	Septembre-octobre-novembre-décembre	R1
Trèfle en vert	0,89	0,93	97	156	13,7	3	Janvier-février-mars-avril-mai	R2
Foin de vesce-avoine	1,1	0,68	70	78	2,6	6	Toute l'année	R1- R2- R3
Paille de céréales	1,45	0,42	44	22	1	2	Juin-Juillet-août	R3
Orge en grain	-	1,09	101	79	4	1	Toute l'année	R1-R2- R3
Son de blé	-	0,92	87	107	11,2	1,6	Toute l'année	R1-R2- R3

Le calendrier fourrager fait apparaitre 3 périodes alimentaires avec des rations de base types, la ration 1 (R1) à base d'ensilage d'orge (EO) et foin de vesce-avoine (FVA) ou pailles de céréales (PC) (septembre-octobre-novembre-décembre), la

ration 2 (R2) à base de trèfle en vert (TV) et FVA ou pailles de céréales (PC) (janvier-février-mars-avril-mai), la ration 3 (R3) à base de FVA ou de pailles de céréales (PC) (juin-juillet-août).

Les apports de concentrés (mélange d'orge concassée et son de blé) ont été effectués au poste de traite, les vaches en lactation accèdent 2 fois par jour. Les fourrages grossiers sont distribués une à deux fois par jour en fonction des périodes alimentaires, après la traite du matin, car les vaches ont accès directement au parc d'exercice et en fin d'après-midi après la traite. Pour l'abreuvement les animaux disposent d'abreuvoirs automatiques. En période de vert, le fourrage est fauché le matin de la veille et subi un pré fanage à l'extérieur de l'étable ou à l'intérieur selon les conditions météorologiques.

### 2.3. Consommation de MS

Les niveaux de consommation de matière sèche de fourrages et de concentré ont été estimés à 30, 60 et 90 jours de lactation à partir des quantités distribuées et des refus. Les vaches tarées ont reçu exclusivement la R3. Le premier vêlage était groupé, pour les deux races et a eu lieu durant les mois de septembre et octobre. Les rations types distribuées étaient au début de la 1ère lactation : ensilage d'orge (EO) et foin de vesce-avoine (FVA) ; en milieu de lactation : trèfle en vert (TV) et FVA ; et en fin de lactation : FVA.

Durant la 2ème et la 3ème lactation, le décalage des délais de fécondité, a été beaucoup plus marqué pour la PH, ce qui a décalé les périodes du 2ème vêlage à novembre-décembre et le 3ème vêlage à janvier-février. Ce délai est moins marqué chez la MB, qui a eu son 2ème vêlage en octobre –novembre et son 3ème en décembre-janvier. Ces décalages, rapprochent les phases de milieu et fin lactation avec la période alimentaire où les régimes (R3) sont à base de FVA ou pailles de céréales (PC).

Les niveaux de consommation de concentré sont liés aux durées de traite, et ont été estimés entre 3 et 4 kg/vache/jour. Les moyennes d'ingestion totale de matière sèche (MSI) par race, rang de lactation et période alimentaire sont reportées au **Tableau 5 et la Figure 8**.

## Partie Expérimentale

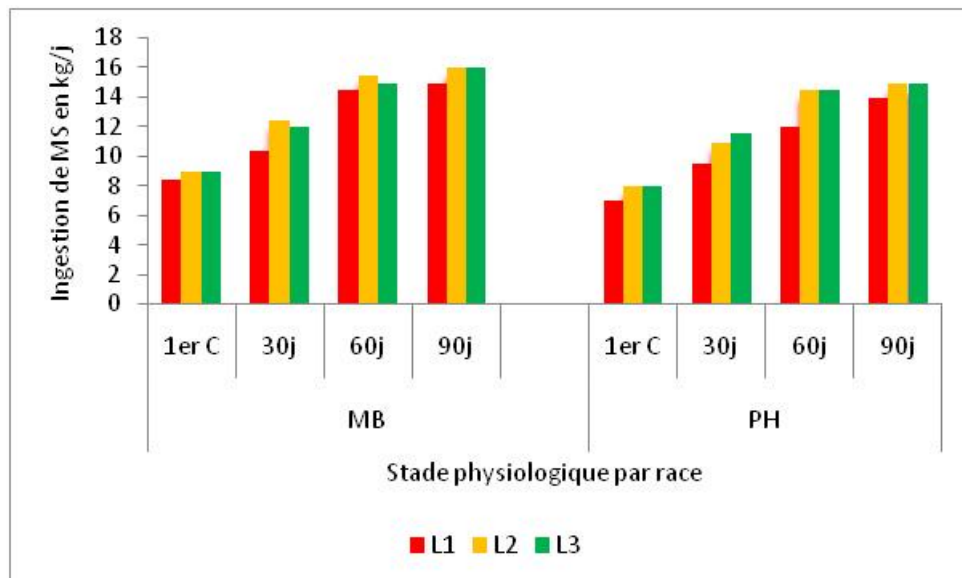
**Tableau 5. Consommations moyennes de MS (kg/j) par stade (1er contrôle, 30ème et 60ème jour), Troupeau (T), race (PH, MB) et par rang de lactation (L).**

Stade	Race	Rang de lactation et race			Moyenne	Moyenne T
		L1	L2	L3		
1er C	PH	7±1a	8±1	8±1	7,6±1a	8,2±1,2
	MB	8,5±1,2b	9±2	9±1	8,8±1,4b	
30 <sup>ème</sup>	PH	9,5± 2,2	11±3a	11,6±2,3	10,7±2,5	11,2±2
	MB	10,4±1,4	12,5±1,7b	12±1,2	11,6±1,4	
60 <sup>ème</sup>	PH	12±2a	14,5 ±3	14,5±2	13,7±2,3	14,4±2,1
	MB	14,5±1,6b	15,5±2,6	15±1,4	15±1,9	
90 <sup>ème</sup>	MB	14±2	15±2	15±2,2	14,3±2	14,8±2
	PH	15±2,5	16±2	16±2	15,3±2,1	

Les résultats dans la même ligne et la même colonne suivis de lettres distinctes sont différents au seuil de p<0,05

Dans l'ensemble les niveaux maximums de matière sèche ingérée (MSI) sont relativement bas en début de lactation, les augmentations sont remarquables d'une phase à l'autre et durant les lactations successives jusqu'au 60<sup>ème</sup> jour de lactation. A 90 jours les niveaux d'ingestions continuent d'augmenter avec une très faible intensité.

Indépendamment de la race et du rang lactation, au cours de la 1<sup>ère</sup> semaine de lactation (1<sup>er</sup> C) les quantités de MSI ont varié entre 7 et 9 kg/j, avec une moyenne sur les 3 lactations de 8,2 kg/j.



**Figure 8:** Courbes de variations des niveaux d'ingestion de MS aux principales phases physiologiques

## Partie Expérimentale

Au 30ème, les quantités de MSI ont varié entre 9,5 et 12,5 kg/j avec une moyenne de 11,2 kg/j, soit un taux d'augmentation variant de 35 et 39 % et une moyenne de 37%. Au 60ème jour la moyenne de MSI a varié entre 12 et 15,5 kg/j avec une moyenne de 14,4 kg/j ce qui correspond à des taux d'augmentation variant de 70 à 81% .et un taux moyen de 76%. A 90 jours la MSI a varié entre 14 et 16 kg/j avec une moyenne de 14,8 kg/j soit des taux d'augmentation allant de 4% à 1%.

La comparaison de la MSI entre race a révélé que la MB a ingéré plus que la PH particulièrement en 1<sup>ère</sup> lactation ( $p < 0,05$ ), au cours des lactations suivantes la MB a continué à consommer plus de MS.

### 2.4. Résultats de la production laitière

Les résultats moyens de la production laitière sont reportés au **tableau 6**.

**Tableau 6. Résultats moyens de la production laitière (kg) au cours des 3 lactations par stade (1er contrôle, 30<sup>ème</sup>, 60<sup>ème</sup> et 90<sup>ème</sup> jour), Troupeau (T), race (PH, MB) et par rang de lactation (L).**

PL (kg/jour)	Race	Rang de lactation			Moyenne	Moyenne T
		L1	L2	L3		
<b>PI (1er C)</b>	<b>PH</b>	10±2	12±1,8	11,7±2,1	11,2±2	12,1±2,2
	<b>MB</b>	12±3	12,5±2,1	14,3±2,1	12,9±2,4	
<b>30ème</b>	<b>PH</b>	16±2	16,9±2	16,4±1,2	16,4±1,7	16,9±1,8
	<b>MB</b>	17±2	17±2	18±2	17,3±2	
<b>60ème</b>	<b>PH</b>	17,7±1,4a	18±3a	18±2a	17,9±2,1	19±2,3
	<b>MB</b>	18,8±2,6b	19,4±2,2b	22±3b	20,1±2,6	
<b>90ème</b>	<b>PH</b>	15,3±1,6a	16±1,5	15,4±1,2a	15,6±1,4a	16,8±1,9
	<b>MB</b>	17±2b	17,5±2,5	19,2±2,6b	17,9±2,4b	
<b>PL305</b>	<b>PH</b>	<b>3 965±328a</b>	<b>4 660±420a</b>	<b>5 180±400a</b>	<b>4602±383</b>	<b>4790±396</b>
	<b>MB</b>	<b>4 211±340b</b>	<b>5 024±360b</b>	<b>5 700±530b</b>	<b>4978±410</b>	
<b>PLT (kg)</b>	<b>PH</b>	4016± 427a	4780± 486a	5384±500a	4727±471	4898±467
	<b>MB</b>	4270± 460b	5128± 450b	5810±480b	5069±463	
<b>DL (j)</b>	<b>PH</b>	328± 11	345± 15	360± 25	345± 17a	336±19
	<b>MB</b>	317± 17	327± 23	337± 26	327± 22b	
<b>PL/j</b>	<b>PH</b>	12,2±1,3	13,8±1,4	15±1,4	13,7±1,4	14,6±1,4
	<b>MB</b>	13,5±1,5	15,7±1,4	17,2±1,4	15,5±1,4	

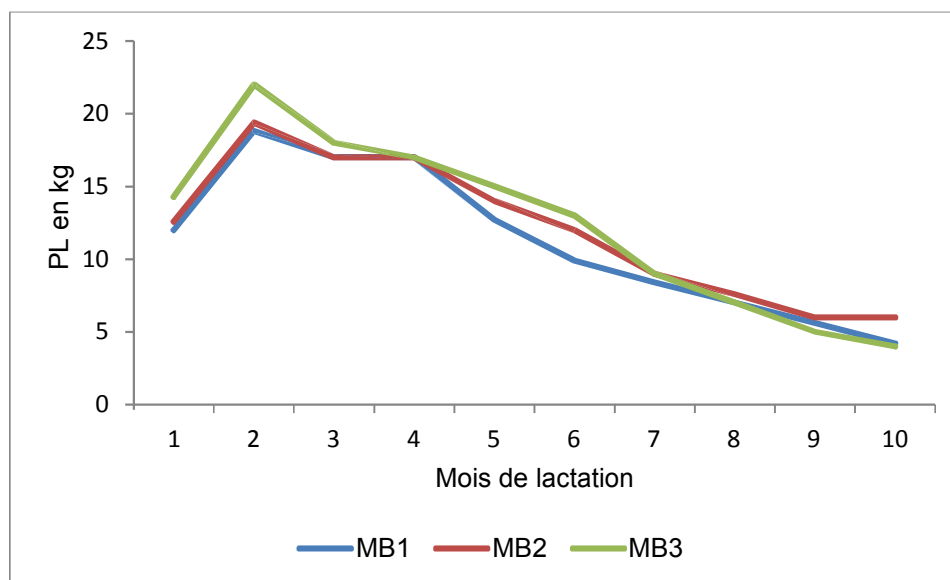
Les résultats dans la même ligne et la même colonne suivis de lettres distinctes sont différents au seuil de  $p < 0,05$

Durant les 3 lactations la MB a produit plus de lait (PL305) (MB 4211-5024 - 5700kg et PH : 3965-4660-5180kg de lait,  $p < 0,05$ ). La différence était de plus en plus importante durant les 3 lactations pour les deux races.

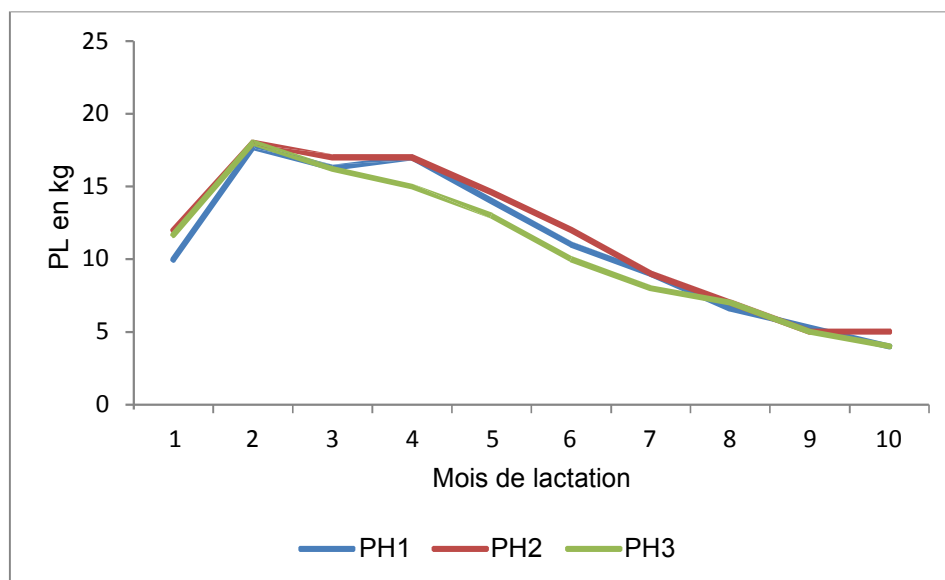
Pendant les 3 lactations, quelle que soit la race, la production laitière initiale (PI) a varié entre 10 et 14,3 kg/j, la moyenne des 3 lactations a été de 12,1kg/j. L'augmentation de la PL au 30ème jour a été en moyenne de 40%, avec des variations allant de 30 à 60%. Au contrôle suivant le pic le coefficient de persistance a varié entre 85 et 90% et a été en moyenne de 88% sur les 3 lactations (**Tableau 6**).

### 2.4.1. Cubes de lactation

Les courbes de lactation (**Figures 9a et 9b**) nous ont permis d'observer l'expression des pics de lactation et la persistance lactée. Si on observe ces courbes tracées à partir des données du contrôle laitier, on remarque pour l'ensemble des lactations les effets des périodes alimentaires, d'abord aux 3ème et 4ème contrôles (60 et 90 jours de lactation) et en fin de lactation. Ceci correspond aux périodes alimentaires R2 et R3.



**Figure 9a** : Courbes des 3 lactations de la Montbéliarde



**Figure 9b** : Courbes des 3 lactations de la Prim'Holstein

En comparant les deux races on note que pour la MB le niveau des courbes évoluent entre les lactations surtout au-delà du redressement du bilan énergétique, alors que la PH affiche un redressement des courbes des deux premières lactations de manière plus prononcée que la MB, mais sa 3<sup>ème</sup> lactation montre un affaissement uniforme à partir de la Pl max.

### 2.4.2. Matières utiles

Les teneurs moyennes en matières utiles sont reportées aux tableaux 7 et 8. Les analyses de la laiterie nous ont permis de visualiser la tendance du troupeau au niveau de la production grâce aux taux de matières utiles. Sur les 3 lactations et sur les résultats des premiers contrôles successifs les TB et TP moyens ont été variables entre races et rang de lactation.

Au 1<sup>er</sup> contrôle la comparaison intra-race des TB et TP moyens entre lactation, montre une augmentation d'une lactation à l'autre (TB‰ : 46,5 - 47- 48,2 vs 44,2 -46,5 - 48 et TP ‰ : 34,8 -35,2 - 35,7 vs 32,2 - 33,4 - 34,8 ; respectivement pour la PH et la MB). La comparaison des TB et TP moyens entre races, a révélé des différences significatives en 1<sup>ère</sup> lactation (TB ‰ : 46,5 vs 44,2 et TP ‰ : 34,8 vs 32,2) et pour l'ensemble des lactations la PH a produit plus de matière utiles au

## Partie Expérimentale

1<sup>er</sup> contrôle (TB ‰ : 47,2 vs 46,2 et TP ‰ : 35,3 vs 33,5), respectivement pour la PH et la MB.

**Tableau 7. Résultats moyens des TB et TP (‰) au cours des 3 lactations par stade (1er contrôle, 30<sup>ème</sup>, 60<sup>ème</sup> et 90<sup>ème</sup> jour), race (PH, MB) et par rang de lactation (L).**

Stade	Race	Rang de lactation							
		L1		L2		L3		Moyenne	
		TB	TP	TB	TP	TB	TP	TB	TP
1er C	PH	46,5±2,2a	34,8±3,4a	47,0±2	35,2±3,6	48,2±2,6	35,7±2,8	47,2±2,3	35,3±3,3
	MB	44,2±1,6b	32,2±2,1b	46,5±2,7	33,4±1,7	48,0±2	34,8±2,6	46,2±1,8	33,5±2,1
30 <sup>ème</sup>	PH	36,4±2,2a	30,2±2,6	33,0±2,5	29,5±1,7	32,8±2,6	29,2±2,8	34,1±2,4	29,6±2,4
	MB	34,2±2,6b	29,3±1,5	32,2±2,1	28,4±2,7	32,4±2,7	28,5±1,7	32,9±2,4	28,7±2
60 <sup>ème</sup>	PH	32,4±2,2	29,4±2,4	33,0±1,5	26,5±2	31,8±2,2	27,2±1,6	32,4±2	27,7±2
	MB	31,2±1,8	28,6±2,3	31,2±1,6	25,4±1,7	31,4±2,2	26,5±1	31,3±1,9	26,5±1,7
90 <sup>ème</sup>	PH	37,2±1,6a	29,8±2,9	36,2±2,6	28,3±2,3	35,2±2,1	28,4±2,2	36,2±2,1	28,8±2,5
	MB	34,0±2b	29,0±3	37,8±2,4	28,2±1,6	34,6±2,3	28,2±2,4	35,5±2,2	28,5±2,3
%o/kg/L	PH	38,3±2	30,9±1,8	37,1±2	30,2±3,6	37,9±2,8	29,5±1,8	37,8±2,3	30,2±1,7
	MB	37,4±1,4	30,3±1,6	36,3±2	30,6±1,8	37,7±1,8	30,2±1,6	34,6±1,7	30,4±1,7
MU/j	PH	467±50	377±40	512±45	417±42	568±53	443±41	518±53	413±42
	MB	505±56	409±46	570±51	481±43	649±53	520±43	536±48	471±43

Les résultats dans la même ligne et la même colonne suivis de lettres distinctes sont différents au seuil de  $p < 0,05$

Au 2<sup>ème</sup> contrôle à 30 j et au pic de lactation les TB et TP, et indépendamment de la race et du rang de lactation, ont diminués relativement pour atteindre des moyennes à 30j variant, respectivement pour la PH et la MB, entre TB ‰: 36,4 -32,8 et TP ‰: 30,2 - 29,2 vs TB ‰ : 34,2 - 32,2 et TP ‰ : 29,3 - 28,4).

Au 3<sup>ème</sup> contrôle (PL max) les TB et TP sont à leurs valeurs minimales et atteignent respectivement pour la PH et la MB des moyennes variant entre TB ‰ : 33 - 31,8 et TP ‰ : 29,4 – 27,2 vs TB ‰ :31,4 – 31,2 et TP ‰ : 28,6 – 25,4).

Au 4<sup>ème</sup> contrôle (90j), les TB et TP augmentent indépendamment de la race et du rang de lactation. Comparativement aux niveaux atteint au pic, les augmentations sont remarquables au niveau des TB par rapport aux TP, qui atteignent respectivement des moyennes variant entre TB ‰ : 37,2 - 35,2 et TP ‰ : 29,8- 28,4 vs TB ‰ : 37,8 – 34 et TP ‰ : 29 -28,2 ; pour la PH et la MB.

L'analyse des données relatives au rapport TB/TP (**tableau 8**) montre des valeurs moyennes voisines de 1 au 30<sup>ème</sup>, au pic de lactation, ces valeurs s'expliquent par les

## Partie Expérimentale

chutes enregistrées aux deux taux suite au déficit énergétique. Le redressement des apports énergétiques au 90<sup>ème</sup> jour permet une augmentation dans les taux butyreux (TB) et protéiques (TP).

**Tableau 8.** Evolution du rapport TB/TP par stade (1er contrôle, 30<sup>ème</sup>, PI max et 60<sup>ème</sup> jour), race (PH, MB) et par rang de lactation (L).

Stade	Race	Rang de lactation		
		L1	L2	L3
1er C	PH	1,34	1,34	1,35
	MB	1,37	1,39	1,38
30 <sup>ème</sup>	PH	1,21	1,12	1,12
	MB	1,17	1,13	1,14
60 <sup>ème</sup>	PH	1,10	1,25	1,17
	MB	1,09	1,23	1,18
90 <sup>ème</sup>	PH	1,25	1,28	1,24
	MB	1,17	1,34	1,23

### 2.5. Evolution du poids et des réserves corporelles

Les résultats moyens de l'évolution de la NEC sont reportés au **Tableau 9**. Pour être constant dans la notation, l'observation de toutes les vaches est faite dans la même position.

**Tableau 9.** Variations du poids vif (PV) et de la note d'état corporel (NEC) aux principales phases physiologiques des 3 lactations (L)

Stade	Race	Rang de lactation		
		L1	L2	L3
PV au vêlage	PH	510±45a	555±49a	580±33
	MB	580±38b	607±42b	620±28
NECV	PH	2,8±0,2a	2,4 ±0,2	2,0±0,2a
	MB	3,0±0,2b	2,6±0,3	2,4±0,2b
NEC30	PH	2,3±0,2a	1,8±0,2	1,6±0,3
	MB	2,6±0,3a	2±0,3	1,8±0,3
NEC60	PH	2±0,2a	1,8±0,2	1,5±0,2a
	MB	2,4±0,3b	2± 0,3	1,8± 0,2b
NECT	PH	2,4±0,2a	2,1±0,3	1,7±0,3a
	MB	2,6±0,3b	2,3 ±0,2	2±0,2b

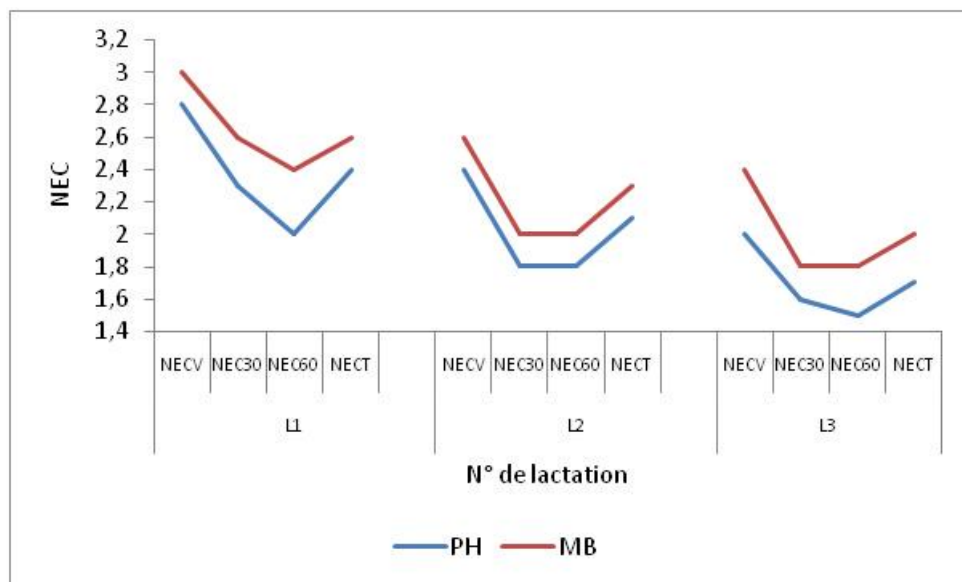
Les résultats dans la même ligne et la même colonne suivis de lettres distinctes sont différents au seuil de  $p < 0,05$  exprimés pour la perte dans la NEC par rapport à la NECV

## Partie Expérimentale

C'est une méthode qualitative et subjective mais avec une relative précision. Sa fiabilité est supérieure à celle de la pesée de l'animal qui peut varier suivant le poids du contenu digestif, de l'utérus. Cette méthode est répétable et reproductible : l'incertitude n'est que d'un demi-point entre notateurs et pour un même notateur quelle que soit son expérience pour 90% des animaux (Ferguson, et al., 1994). Les différences apparaissent surtout sur les animaux maigres.

Le poids vif (PV) au 1er vêlage a été plus élevé ( $p < 0,05$ ) chez la MB ( $580 \pm 45$  kg) par rapport la PH ( $510 \pm 37$  kg). Pour les deux races, le PV a augmenté au cours des 2ème et 3ème vêlages, pour atteindre, respectivement  $607 \pm 42$  kg et  $620 \pm 28$  kg pour la MB et  $555 \pm 49$  kg et  $580 \pm 33$  kg pour la PH.

Au cours des 30 premiers jours de la 1ère lactation, la mobilisation des réserves corporelles a été de 0,5 (PH) et 0,4 (MB) et n'a pas été significative, par contre à 60 jours la PH a mobilisé plus que la MB (respectivement, 0,8 et 0,6 point ( $P < 0,05$ )).



**Figure 10** : Courbes de variation de la NEC au cours des lactations successives

Au tarissement de la 1ère lactation, les réserves n'ont pas été totalement reconstituées pour les deux races (NEC des MB : 2,6 et PH : 2,4). Les mobilisations de graisses au cours de la 2ème et 3ème lactation ont été similaires au 30ème jour de

## Partie Expérimentale

lactation, en moyenne de 0,6 ; le seuil de 2 points a été atteint par les deux races et s'est maintenu jusqu'au 60ème jour. Pour les deux races, le retour au niveau des réserves au vêlage n'a jamais été atteint et ce pour les 3 lactations.

Au cours des 3 lactations, et indépendamment de la race, l'état corporel suit une évolution caractérisée par 2 grandes phases : l'une comprise entre le vêlage et le 60ème jour de lactation, l'autre au-delà du 60ème jour (**Figure 10**).

### 2.6. Evolution des besoins et apports nutritionnels

#### 2.6.1. Bilan énergétique

Le calcul des besoins énergétiques et azotés a été établi à partir de l'estimation des poids vifs pour l'entretien et de la production moyenne de lait. Les apports sont calculés à partir des consommations moyennes de MS et des concentrations moyennes énergéto-proteiques des rations consommées par phase de contrôle (**Tableau 10**).

**Tableau 10. Concentrations énergétique et protéique moyennes des rations consommées par stade (1er contrôle, 30<sup>ème</sup>, 60<sup>ème</sup> et 90<sup>ème</sup> jour), race (PH, MB) et par rang de lactation (L).**

Stade	Race	Rang de lactation								
		L1			L2			L3		
		UFL	PDIE	PDIN	UFL	PDIE	PDIN	UFL	PDIE	PDIN
1 <sup>er</sup> C	PH	0,80	83	78	0,78	86	78	0,81	87	132
	MB	0,78	84	77	0,78	83	79	0,80	82	118
30 <sup>ème</sup>	PH	0,74	87	78	0,73	85	81	0,69	85	126
	MB	0,77	85	81	0,69	86	82	0,67	88	135
60 <sup>ème</sup>	PH	0,83	88	78	0,69	85	125	0,69	83	123
	MB	0,76	87	83	0,77	90	135	0,80	87	125
90 <sup>ème</sup>	PH	0,83	85	129	0,81	85	129	0,81	85	129
	MB	0,82	88	135	0,79	88	135	0,82	87	132

Les apports énergétiques sont en deçà des besoins (**Tableau 11 et Figures 11a et 11b**).

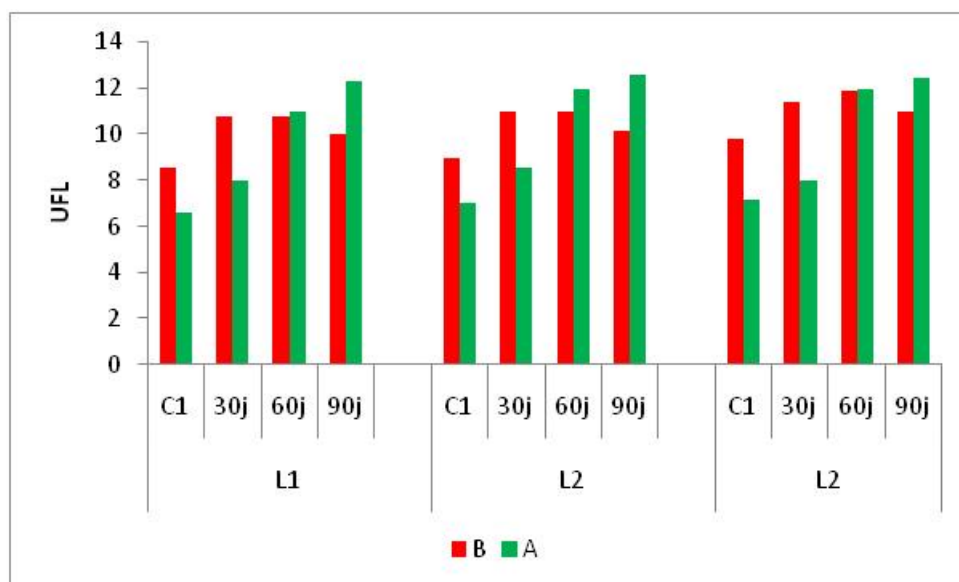
## Partie Expérimentale

Le déséquilibre entre les apports énergétiques et les dépenses persiste jusqu'au 60<sup>ème</sup> jour et se rétablit à 90 jours pour devenir positif.

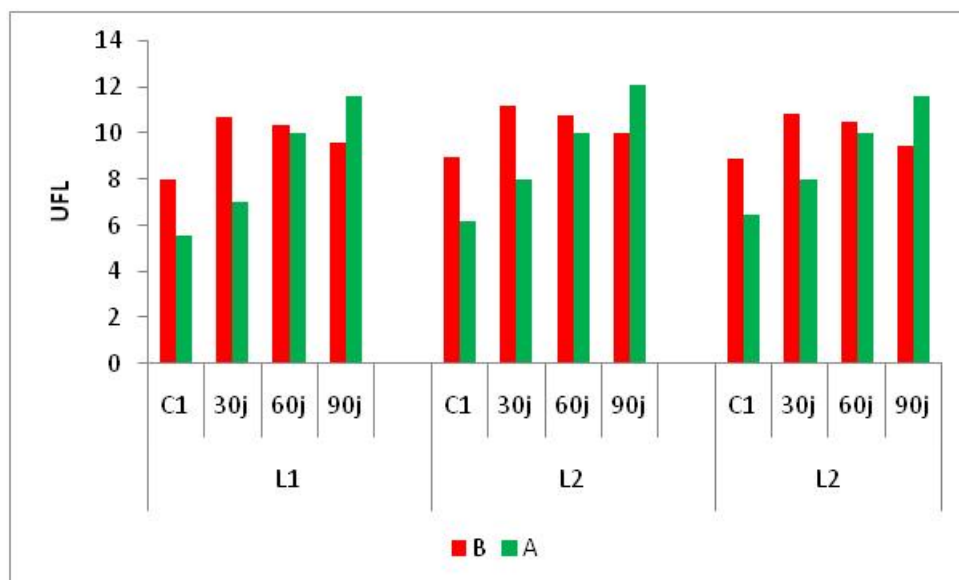
**Tableau 11. Taux (%C) de couverture des besoins (B) et apports (A) énergétiques par stade (1er contrôle, 30<sup>ème</sup>, 60<sup>ème</sup> et 90<sup>ème</sup> jour), race (PH, MB) et par rang de lactation (L).**

Stade	Race	Rang de lactation								
		L1			L2			L3		
		B	A	%C	B	A	%C	B	A	%C
1 <sup>er</sup> C	PH	8	5,6	70	9	6,2	69	8,9	6,5	73
	MB	8,6	6,6	77	9	7	78	9,8	7,2	74
30 <sup>ème</sup>	PH	10,7	7	66	11,2	8	72	10,9	8	73
	MB	10,8	8	74	11	8,6	78	11,4	8	70
60 <sup>ème</sup>	PH	10,4	10	96	10,8	10	93	10,5	10	95
	MB	10,8	11	102	11	12	109	11,9	12	101
90 <sup>ème</sup>	PH	9,6	11,6	120	10	12,1	121	9,5	11,6	122
	MB	10	12,3	123	10,2	12,6	123	11	12,5	113

Au cours de la première semaine de lactation les taux de couverture des dépenses énergétiques ne sont que de 70% pour la PH et 77% pour la MB, et descendent respectivement à 66% et 74% au 30<sup>ème</sup> jour. Ce n'est qu'au 90<sup>ème</sup> jour de lactation que l'équilibre entre besoins et apport se rétablit est assure largement la couverture avec un taux moyen de 120%. Ce déficit énergétique est récurant et réapparaît au cours des lactations suivantes et pour les deux races. Comparativement par rapport à la PH la MB a toujours ingéré plus d'énergie.



**Figure 11a.** Évolution du bilan énergétique chez la Montbéliarde



**Figure 11b.** Évolution du bilan énergétique chez la Prim'Holstein

### 2.6.2. Bilan énergétique-protéique

Le bilan des apports protéiques est reporté aux **tableaux 12 et 13**. Sur le plan quantitatif, indépendamment de la race et du rang de lactation, la comparaison des quantités moyennes entre les besoins (B) et les apports (A) montre que les apports protéiques (PDI) sont en dessous des besoins, et surtout au cours des 30 premiers jours de lactation.

## Partie Expérimentale

**Tableau 12. Besoins (B) en PDI et apports en PDIE et PDIN, en g/Vache/jour par stade (1er contrôle, 30<sup>ème</sup>, 60<sup>ème</sup> et 90<sup>ème</sup> jour), race (PH, MB) et par rang de lactation (L).**

Stade	Race	Rang de lactation								
		L1			L2			L3		
		A	B	PDI	A	B	PDI	A	B	PDI
1er C	PH	581	437	780	688	624	876	696	1056	861
	MB	714	508	876	747	711	900	738	1062	986
30 <sup>ème</sup>	PH	827	546	1068	935	891	1111	986	1462	1087
	MB	884	648	1116	1088	1025	1116	1056	1620	1164
60 <sup>ème</sup>	PH	1056	780	1034	1233	1871	1068	1204	1784	1039
	MB	1262	913	1116	1364	2093	1116	1305	1875	1221
90 <sup>ème</sup>	PH	1190	1496	934	1275	1935	950	1275	1935	900
	MB	1320	1701	1016	1408	2160	1024	1392	2112	1100

**Tableau 13. Déséquilibre azotés moyens en g/Vache/jour (D) pour PDIE (e) et PDIN (n), cumulés (DC) au 30<sup>ème</sup>, 60<sup>ème</sup> et 90<sup>ème</sup> jour), par race (PH, MB) et par rang de lactation (L).**

Stade	Race	Rang de lactation								
		L1			L2			L3		
		D(g)	DC(kg)	R*	D	DC	R*	D	DC	R*
30 <sup>ème</sup>	PH	522(n)	15,6	40	220(n)	6,6	6	101	3	-59
	MB	468(n)	14	30	91(n)	2,7	7	108	3,2	-71
60 <sup>ème</sup>	PH	254(n)	22,2	28	+164(e)	-	-64	-165	-	-58
	MB	203(n)	20	32	+248(e)	-	-61	-84	-	-48
90 <sup>ème</sup>	PH	+256(e)	-	-26	+325(e)	-	-55	+375	-	-57
	MB	+304(e)	-	-30	+384(e)	-	-60	+292	-	-58

R\* : (PDIE-PDIN/UFL)

Les déficits cumulés entre les besoins et les apports de matières protéiques (DC) (**Tableau 12 et 13**) en 1<sup>ère</sup> lactation sont importants en début de lactation et ont varié entre 14 et 15,6 kg de PDI à 30 jours et 20 et 22,2 kg à 60 jours. L'équilibre entre besoins et apports se rétablit à 90 jours en 1<sup>ère</sup> lactation, et au 30<sup>ème</sup> jour durant la 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> lactation ou il devient positif. Sur le plan qualitatif, si on observe l'apport d'azote dégradable, jugé par le rapport PDIE-PDIN/UFL de la

ration, on note qu'il est au dessus de la norme requise qui ne doit pas dépasser 4 en 1<sup>ère</sup> lactation jusqu'au 60<sup>ème</sup> jour, et seulement jusqu'au 30<sup>ème</sup> jour en 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> lactation.

### 2.6.3. Bilan électrolytes des rations

Il existe plusieurs équations pour évaluer l'équilibre ionique des aliments, parmi les plus couramment utilisées nous avons le bilan électrolytique alimentaire (BEA) = Na + K - Cl exprimé en mEq/kg<sup>-1</sup> de matière sèche de la ration totale. Dans cette étude des éléments influents sur la teneur des fourrages en ions forts comme la zone géographique et l'apport de fertilisants n'ont pas été considérés.

Les teneurs en ions forts des aliments analysés (**Tableau 14**) sont variables et relativement élevées : de 5,6 à 26,6 g / kg<sup>-1</sup> de MS et de 0,2 à 1 g / kg de MS ; respectivement pour K<sup>+</sup> et Na<sup>+</sup>.

**Tableau 14. Concentrations en minéraux des aliments utilisés dans le rationnement en g / kg de MS et bilan électrolytique alimentaire en mEq / kg<sup>-1</sup> de matière sèche**

Type de fourrage	N	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	BEA
Ensilage d'orge	6	0,7±0,3	26,6±4,4	5,0±1,0	570±97
Foin de vesce-avoine	12	0,8±0,2	25,3±3,1	6,2±0,8	504±65
Paille	18	1,0±0,4	19,0±4,2	4,5±0,5	400±110
Trèfle en vert	4	1,0±0,4	23,7±3,8	6,5±0,5	463±100
Orge en grain	15	0,2±0,1	5,6±0,8	1,3±0,4	114±13

Les BEA des fourrages ont varié avec la forme d'utilisation +114 mEq / kg<sup>-1</sup> pour l'orge en grains à +570mEq / kg<sup>-1</sup> de MS l'ensilage d'orge. Les bilans des rations de bases courantes distribuées aux vaches en lactation (**Tableau 15**) s'étalent entre +481 en automne et en hiver et +634 en mEq / kg<sup>-1</sup> de MS en hiver et au printemps. Les bilans des rations des vaches tarées à base de pailles de céréales (+400 mEq / kg<sup>-1</sup> de MS) et à base de foin de vesce-avoine (+504 mEq / kg<sup>-1</sup> de MS).

## Partie Expérimentale

**Tableau 15. Concentrations en minéraux des régimes de base distribués aux vaches en lactation au cours de l'année en g/kg de MS et bilan électrolytique alimentaire en mEq / kg<sup>-1</sup> de matière sèche, sans l'apport complémentaire d'aliments concentrés**

Ration	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	BEA
R1	0,6±0,1	23,5±3,5	5,2±0,8	481±71
R2	0,5±0,2	29,0±4,8	4,6±0,6	634±127
R3 FVA	1,0±0,4	19,0±4,2	4,5±0,5	400±110
Paille	0,8±0,2	25,3±3,1	6,2±0,8	504±65

### 2.7. Performances de reproduction

Les résultats moyens des paramètres de reproduction des deux races sont reportés au **Tableau 16**.

La comparaison des résultats entre les deux races a révélé des différences significatives dans l'intervalle vêlage saillie fécondante (V-IAF) (PH : 145±12jours et MB : 115±17jours, p<0,05) et vêlage-vêlage (V-V) (PH 437±35jours et MB : 395±16jours, p<0,05).

**Tableau 16. Résultats moyens (en jours) des paramètres de reproduction des deux races**

Race	V-IA1	V-IAF	% 1IA	% >3IA	V-V	DL
PH	96±15a	145±12a	20	26	437±35a	345± 17a
MB	74±12b	115±17b	35	13	395±16b	327± 22a

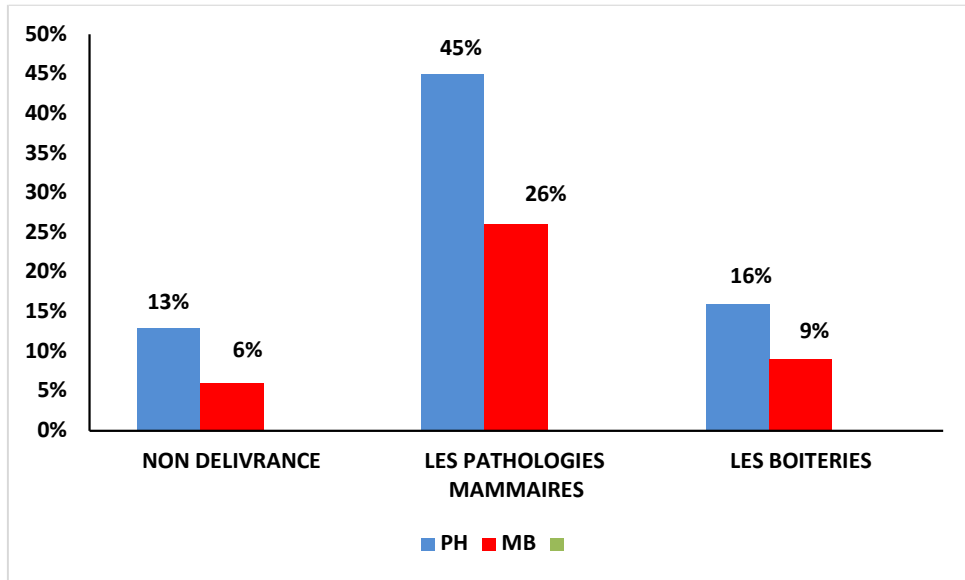
V1-IA1 : écart vêlage 1ère insémination artificielle ; V-IAF : écart vêlage insémination artificielle fécondante ; %1IA : % de réussite à la 1ère insémination ; %3IA : % de vaches ayant nécessité plus de 3 IA ; V-V : intervalle vêlage-vêlage ; DL : durée de lactation

Les résultats dans la même colonne suivis de lettres distinctes sont différents au seuil de p<0,05

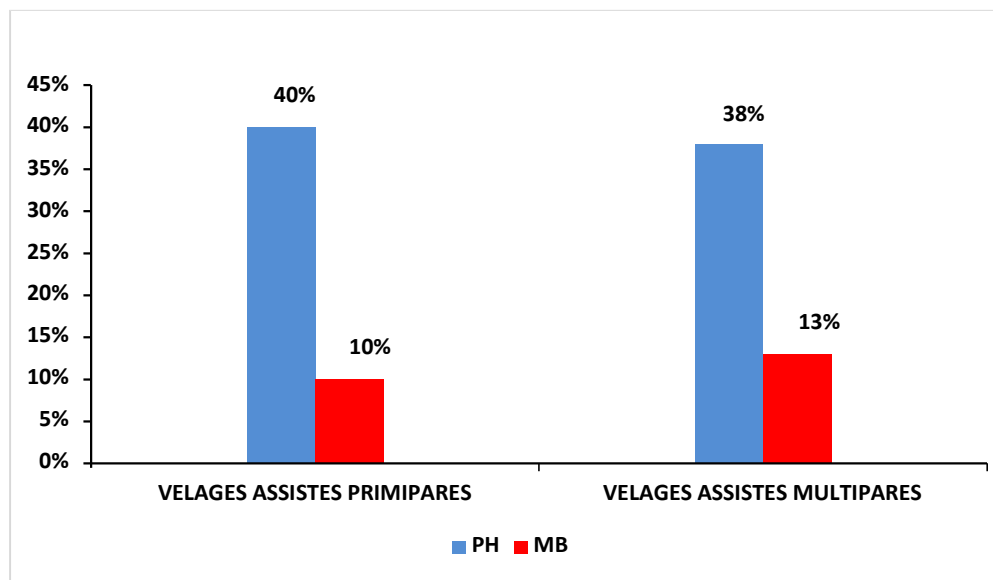
Ces résultats sont liés au délai entre le vêlage et la 1ère insémination artificielle (V1IA), qui est déterminant pour la suite des événements ; les résultats moyens ont été significativement différents entre la PH et la MB (respectivement : 96et 74 jours, p<0,03), d'autre part le taux de réussite à la 1ère IA a été meilleur chez la MB (MB : 35% et PH : 20%) ainsi que le taux de vaches ayant nécessité plus de 3IA (MB : 13% et PH : 26%).

### 2.8. Etat sanitaire

Le suivi sanitaire des deux races a fait ressortir un nombre de vèlages assistés beaucoup plus important chez la PH, particulièrement chez les primipares avec 40% contre 10% chez la MB, et pour l'ensemble des mises bas 38% contre 13% (**Figure 12a**).



**Figure 12a: Dominantes pathologies chez la PH et la MB**



**Figure 12b : Vèlages assistés chez les primipares et les multipares**

Les soins et interventions post-partum ont été plus intenses chez la PH par rapport à la MB, respectivement (13% vs 6% de non délivrance ; 45% vs 26% soins mammaires ; 16% vs 9% affections des membres) (**Figure 12b**).

### 3. Discussion

Les génisses des deux races étudiées ont été introduites en gestation de 5 à 6 mois en moyenne, mais elles avaient alors des âges différents. La MB était plus âgée (+ 7,9 ± 0,9 mois de différence en moyenne) et plus lourde (+70 ± 21 kg de différence en moyenne) et en meilleur état corporel (+0,2 points de NEC). Les Montbéliardes étaient avantagées par rapport aux Prim'Holsteins.

#### 3.1. Ingestion volontaire de matière sèche

Les résultats de l'évolution de l'ingestion de matière sèche (MSI) démontre, ce qui est déjà établi par un grand nombre d'auteurs, que le déphasage entre l'augmentation de la capacité d'ingestion et l'augmentation forte et brutale des besoins énergétiques se poursuit en début de lactation jusqu'au 30<sup>ème</sup> jour et se maintient au cours des lactations successives. En plus, les aliments distribués en début de lactation présentent une faible densité énergétique (variant entre 0,7 et 0,8 UFL/kg de MS) ne peuvent pas compenser la diminution de la quantité de MSI, les apports ne parviennent pas à combler les besoins sur cette période. La densité énergétique moyenne des rations ingérées est nettement inférieure à celle habituellement recherchée en début de lactation qui est de 0,95 UFL/kg de MS (Enjalbert, 2003). Ce même auteur note que ceci reste difficile à réaliser, car les très bons fourrages dépassent rarement 0,9 UFL/kg MS et les concentrés énergétiques courants, comme les céréales, avoisinent 1,2 UFL/kg MS (Enjalbert, 2003).

Suite au vêlage, les besoins en protéines et en énergie sont doublés à triplés. Parallèlement à cela, la quantité de matière sèche ingérée par jour n'a augmenté que de 25% durant les 30 premiers jours, et de 60% au 60<sup>ème</sup> jour après le vêlage. Ceci est en accord avec les résultats de Hayirli, et al. (2002), et pourra atteindre son maximum 2 à 4 mois après le vêlage.

Pour limiter l'ampleur du déficit énergétique, la MSI constitue l'un des enjeux du peripartum. Dans notre étude la conduite alimentaire lors du tarissement module la quantité de MSI par le fait quelle soit axée sur des fourrages secs comme le foin de vesce-avoine (FVA) ou les pailles de céréales (PC). Cette chute d'ingestion peut atteindre 30% (Goff et al., 1997; Rousseau, 2013) voir 50% (Salat, 2012; Bobe et al., 2004) dans les jours qui précèdent le part, et par la suite elle augmente progressivement (Aubadie-Ladrix, 2011) pour atteindre son maximum entre la dixième et la douzième semaine de lactation environ (Ferré, et al., 2004). Cette baisse d'ingestion est une cause majeure du déficit énergétique de fin de gestation et de début de lactation.

L'objectif est d'avoir une vache laitière avec une capacité d'ingestion la plus importante possible et une bonne intégrité hépatique, comme le rapportent Hayirli, et al. (2011) qui notent que la sévérité de la stéatose hépatique est inversement proportionnelle à la quantité de MSI.

### **3.2. Performances laitières**

#### **3.2.1. Quantités de lait**

La Montbéliarde en vêlage tardif à 32 mois a produit plus de lait que la PH en vêlage précoce à 24 mois (+246 ; +364 et +520 kg de lait, respectivement en 1ère, 2ème et 3ème lactations). Ces résultats sont en adéquation avec la bibliographie (Dobos et al, 2004 ; Abeni et al, 2000 ; Lin et al, 1987 ; Fisher et al, 1983), qui rapporte qu'un vêlage tardif permet aux primipares une PL supérieure en 1ère lactation, quelle que soit la race et la stratégie d'alimentation ; ces augmentations varient entre +34 kg et +70 kg de lait pour 10 kg de différence dans le poids vif au 1er vêlage.

La PH en vêlage précoce à 24 mois a eu en plus, les besoins supplémentaires de croissance nécessaires à son développement corporel qui est en compétition avec ceux de la lactation (Le Cozler et al, 2009), ce qui s'explique aussi par la mobilisation de réserves plus élevée chez cette race en 1ère lactation. Les meilleures

niveaux de PL de la MB sont dus à sa meilleure capacité d'ingestion qui est liée à l'âge (Hazel et al, 2013 ; Heins et al, 2008) et au PV au 1er vêlage (Veerkamp et al, 2000 ; Moore et al, 1991).

La faible PL chez la PH et la MB en 1ère lactation est liée à une faible mobilisation corporelle ; la perte n'est que de 0,5 en début de la lactation ; à cela s'ajoute la croissance relativement importante chez la PH en 1ère lactation (+45 kg) et en 2ème lactation (+25kg) par rapport à la MB (+27 kg) en 1ère lactation et (+13 kg) en 2ème lactation, qui est en concurrence avec les besoins de lactation (Le Cozler et al, 2009). Dans les mêmes conditions alimentaires et face au déficit énergétique, les effets négatifs sont plus notés chez la PH par rapport à la MB ; le même constat est rapporté par Cutillic et al (2011).

### 3.2.2. Matières utiles

Les analyses de la laiterie nous ont permis de visualiser la tendance du troupeau au niveau de la production et de la couverture énergétique grâce aux taux de matières utiles.

Dans l'ensemble les profils d'état corporel ont été insuffisants en début de lactation, particulièrement en 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> lactation ( $\leq 2$ ), et à ce stade les taux protéiques (TP) sont compris entre 25,4 et 29,4 g/kg de lait, ces résultats sont en accord avec ceux de (Ponsart et al., 2007) qui rapportent que les états de réserves insuffisants sont fréquemment associés à des taux protéiques (TP) au pic inférieurs à 28 g/kg en race Prim Holstein. De même Enjalbert (2003) note qu'il existe une liaison hautement significative entre le TP et la note d'état et que le principal facteur conditionnant le TP est l'énergie : les apports énergétiques permettent la synthèse de matières protéiques par la mamelle. Bien que l'évaluation du déficit énergétique en début de lactation passe traditionnellement par la notation de l'état corporel, la notion de TP minimum (TP le plus bas enregistré au cours des trois premiers contrôles) est de plus en plus retenue dans ce but (Martinot, 2006).

Les niveaux protéiques relativement bas confirment le déficit énergétique au moins jusqu'au 60<sup>ème</sup> jour de lactation.

Dans l'ensemble si on observe l'évolution des valeurs du TB et du TP elles révèlent en plus du déficit énergétique, la suspicion d'une situation d'acidose chez certaines vaches. Si on mixe ces valeurs en calculant le rapport TB/TP on note qu'au cours de la 1<sup>ère</sup> semaine de lactation ce rapport est proche 1,5 ce qui peut être révélateur d'une suspicion de cétose avec déficit énergétique. De même au 30<sup>ème</sup> et 60<sup>ème</sup> jour de lactation ce rapport moyen se rapproche de 1 ce qui conforte la suspicion d'état d'acidose. Les mêmes tendances ont été rapportées par Enjalbert (2003).

### **3.3. Bilan nutritionnel**

#### **3.3.1. Bilan énergétique**

En début de lactation le déficit énergétique au cours de cette période est inévitable et physiologique. L'observation des taux de couverture des besoins énergétiques révèlent des écarts d'environ 30% et 26% entre les besoins et les apports au début de la 1<sup>ère</sup> lactation respectivement pour la PH et la MB.

Ce cas de figure réapparaît au cours des lactations successives pour les deux races. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportées par Drackley, (1999) qui note que les besoins en énergie nette au début de la lactation excèdent respectivement de 26 % et 25 % les apports par l'alimentation. Ce même auteur rapporte aussi qu'en plus, respectivement 97 % et 83 % de l'énergie nette sont utilisées par la mamelle ce qui ne laisse que peu d'apport pour couvrir les besoins d'entretien et de croissance. Il est à noter que la moindre pathologie peut entraîner l'accroissement et la pérennisation d'un déficit d'énergie autour du vêlage (Goff, et al., 1997; Drackley, 1999 ; Ingvarsten, et al., 2000).

Le redressement du bilan énergétique au delà du 60<sup>ème</sup> jour de lactation est en accord avec les résultats de plusieurs auteurs qui rapportent qu'il redevient positif vers 8 semaines chez les primipares et 12 semaines maximum chez les multipares (Bareille *et al.*, 1995 ; Butler *et al.*, 1989),

### 3.3.2. Equilibre énergétique-proteique

Contrairement aux réserves énergétiques, En début de lactation, les réserves protéiques sont peu abondantes et dépendent peu du niveau de production laitière. Le muscle utérin fournit l'essentiel de ces réserves au cours de l'involution. La mobilisation des protéines musculaires squelettiques reste tolérable, sans toutefois dépasser un déficit PDI cumulé supérieur à 10 kg au cours du premier mois de lactation, ceci correspondant à environ 200 kg de lait. Ce niveau toléré du déficit en PDI est largement au-dessous des résultats enregistrés dans notre étude qui sont en majorité voisin de 15 kg toutes races et lactation confondues. On conçoit la faiblesse relative de cette valeur comparée au déficit énergétique toléré chez des vaches à haut potentiel.

La concentration protéique moyenne (g de PDI :kg MS) des rations distribuées en début et en milieu de lactation (<100g/kg de MS) est en dessous des apports recommandés sur les rations complètes, qui proposent une teneur en PDI de 120 g/kg MS en début de lactation, contre 110 g/kg MS chez des vaches en milieu de lactation (Chenais, 1990). Lorsque le déficit azoté concerne l'apport en PDI, c'est-à-dire un manque d'acides aminés absorbés, en début de lactation, on observe une diminution de la production laitière, expliquée par une moindre utilisation des réserves énergétiques.

Le déficit en azote dégradable (apport PDIN inférieur à PDIE) constaté en 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> lactation, limite l'efficacité de la digestion microbienne et entraîne une diminution de production laitière par diminution de l'ingestion. Ce déficit s'observe davantage pour des rations de tarissement où les fourrages sont très déficitaires en azote dégradable. La flore ruminale tolérant alors moins facilement un changement rapide de transition, la moindre capacité d'ingestion en début de lactation entraîne alors une moindre production laitière (Chew, 1984 ; Greenfield, 2000).

Par contre on observe un excès d'azote dégradable (apport PDIN supérieur à l'apport PDIE), au cours de la 3<sup>ème</sup> lactation. L'excès d'azote dégradable entraîne d'une part une sollicitation supplémentaire du foie : outre la néoglucogénèse

importante en *postpartum* et une éventuelle stéatose, l'ammoniac absorbé au niveau ruminal active les processus hépatiques de détoxification.

D'autre part, la transformation de l'ammoniac en urée est coûteuse en énergie, ce qui n'est pas souhaitable en période de déficit énergétique. Une alternative, permettant d'accroître le niveau azoté de la ration en limitant un excès d'azote dégradable, passe par l'utilisation de protéines protégées sous forme de tourteaux tannés. Ce type de ration présente également l'intérêt d'optimiser le pic de lactation, mais peut avoir des conséquences secondairement sur le déficit énergétique, et donc sur le risque d'apparition de cétose, la stimulation de la production n'étant pas compensée par une augmentation de l'appétit(Enjalbert, 2003).

### **3.3.3. Bilan anion-cation**

La teneur en ions forts a varié avec la forme d'utilisation, ce qui est en adéquation avec la tendance des résultats rapportés par Meschy et Peyraud, (2004).

Le bilan électrolytique est très influencé par la teneur en  $K^+$ , or la plupart des sols du nord algérien sont riches en cet élément. La teneur en  $Na^+$  peut être due au fait que la majorité des prélèvements ont été effectués dans des zones situées dans la bande des 100 km par rapport à la mer. Le foin et les pailles sont conservés généralement sur des périodes excédant une année. Les proportions du mélange vesce-avoine sont respectivement, 40 % de vesce / 60 % d'avoine pour le foin et 20 % de vesce / 80 % d'avoine pour l'ensilage. Ces données doivent être prises en considération. L'élevage laitier étant concentré dans le nord du pays, il faudra envisager de produire des fourrages pauvres en ions forts dans les terres intérieures.

Les bilans des rations de bases courantes distribuées aux vaches en lactation sont positifs, ce qui expose fortement ces dernières aux risques d'accidents vitulaires lors du vêlage suivant, en particulier dans les élevages où les problèmes de fécondité sont fréquents, ce qui rallonge les durées de tarissement.

Les régimes proposés aux vaches tarées ont des valeurs de BEA supérieures à +200 mEq / kg de matière sèche ou plus (+ 504 et + 400 mEq / kg<sup>-1</sup> de matière sèche. Il faudrait d'abord envisager de modifier le régime des vaches tarées et leur servir des fourrages à faible teneur en potassium. La réduction de la prise alimentaire avant la mise bas peut créer des problèmes plus graves que la fièvre du lait, comme le déplacement de la caillette et la cétose. Pour contrôler efficacement la fièvre du lait et la carence en calcium dans le sang, le BEA devrait se situer entre - 100 mEq / kg<sup>-1</sup> et - 200 mEq / kg<sup>-1</sup> de matière sèche dans un régime de transition.

D'après les résultats d'Apper-Brossard et al, 2009, l'accroissement du BE de la ration accroît fortement la matière sèche ingérée (MSI) ; la relation est curvilinéaire, l'effet du BE étant surtout important lorsqu'il s'accroît depuis des valeurs négatives vers des valeurs légèrement positives. Ainsi, l'accroissement du BE de -200 à +100 mEq / kg MS s'accompagne d'un accroissement de la MSI de 4,7 kg chez la vache. L'ingestion maximale est obtenue pour un BE de la ration égal à +600 mEq / kg de MSI chez les vaches en milieu lactation.

### **3.4. Poids vif et réserves corporelles**

Indépendamment de l'âge, le PV et surtout la NEC au premier vêlage sont déterminants dans la carrière laitière de la primipare. On constate que la MB a mis bas avec une NEC (3 points) et la PH (2,8 points), ce qui est en dessous des notes préconisées.

L'état d'engraissement varie au cours de la lactation. Selon certains auteurs l'objectif est d'avoir une note de 3,5 au tarissement et que celle-ci reste stable jusqu'au vêlage (Enjalbert, 1995; Rousseau, 2013; Duffield, et al., 1998; Laumonier, 2006). En revanche, certains auteurs préconisent une note légèrement plus basse, 3,25 au vêlage (Walsh, et al., 2007; Seifi, et al., 2011).

En effet, dans le cas où une vache vèle trop maigre, (NEC<3) elle ne parviendra pas à combler le déficit en perdant du poids (elle mobilisera 3 à 4 fois moins ses réserves) (Enjalbert, 1998). Face au déficit énergétique, l'organisme va mobiliser du tissu adipeux.

## Partie Expérimentale

---

Cet état est physiologique et normal à ce stade, ceci dit, il arrive qu'on assiste à un déséquilibre exacerbé entre les entrées (ingestion) et les sorties (production). Dans ce cas, deux phénomènes peuvent découler de ce problème d'adaptation des mécanismes de régulation : la stéatose et la cétose.

La quantité de matière sèche ingérée en début de lactation diminue en fonction de l'état corporel au vêlage (Broster et Broster, 1998). La relation est proportionnelle pour un état corporel situé entre 1,6 et 3,8 au vêlage (échelle 1 à 5). La différence de matière sèche ingérée par jour est de 1,3 kg entre deux groupes de vache ayant un écart de note d'état d'un point : une vache ayant une note de 3,5 au vêlage consomme 1,3 kg de moins par jour qu'une vache ayant une note de 2,5.

En effet, au 1er vêlage, il est admis une NEC moyenne variant entre 3,5 et 3,2 (Seifi et al, 2011 ; Walsh, et al, 2007 ; Enjalbert, 1998). Le PV optimum au 1er vêlage est recherché en vue de maximiser la production laitière (PL); il varie beaucoup selon les auteurs. A 32 mois au 1er vêlage, la MB était plus lourde de + 70 kg que la PH ; son PV était conforme aux PV cités dans la bibliographie et qui sont de 540-570 kg (Keown et Everett, 1986) à 580-630 kg (Hoffmann, 1997). La PH a vêlé avec un PV en dessous des recommandations qui sont de 82 % du PV adulte (van Amburgh et al, 1998) à 90-95% (Le Cozler et al, 2009) pour cette race. L'évolution du PV au cours des lactations suivantes a été modérée chez la MB (+27kg et +13kg) et importante chez la PH +45 kg et +25 kg.

La faible PL, chez les deux races, par rapport à leurs potentialités, s'explique par le déficit énergétique qui se prolonge jusqu'au 60ème jour pour toutes les lactations. En effet, Waltner et al (1993) rapportent une baisse de 322 kg de lait dans les 90 jours du début de lactation, suite à une diminution de la NEC au 1er vêlage de 3 à 2.

Au cours de la première phase, une diminution significative de l'état corporel a été observée avec une perte de 0,5 point ceci est en accord avec les résultats observés par de nombreux auteurs qui notent en moyenne une diminution de 2,8 à

2,5 points durant les 60 premiers jours de lactation (Drame et al., 1999 ; Edmonson et al., 1989 ; Ferguson et al., 1994).

Cette perte d'état est une manifestation de l'utilisation intense des réserves corporelles survenant après le vêlage. Une mobilisation de 20 à 70 kg de lipides a été rapportée au cours des 60 jours suivant le vêlage (Otto et al., 1991). Les raisons de la mobilisation des réserves graisseuses et donc de la diminution de l'état corporel observée en début de lactation sont liées à la balance énergétique négative. La production laitière moyenne augmente après le vêlage pour atteindre un maximum, tandis que la consommation d'énergie reste plus faible que la quantité d'énergie nécessaire à la production laitière. En compensation de ce déficit, la vache utilise ses réserves de graisse.

La seconde phase observée sur la courbe d'état corporel se situe au-delà du 60ème jour *postpartum*, avec une augmentation de la NEC (Drame et al., 1999 ; Waltner et al., 1993) Celle-ci traduit la reconstitution des réserves énergétiques de l'animal, liée au rétablissement de sa capacité d'ingestion de matière sèche ainsi qu'à l'activation de la lipogenèse au détriment de la lipolyse qui diminue. Les excédents de nutriments absorbés seront ainsi stockés dans les tissus de réserve, à l'origine d'une augmentation de la note d'état corporel.

Selon (Waltner et al., 1993) à la fin de la lactation, la note d'état corporel redevient égale à celle du vêlage, ce qui n'est pas le cas constaté dans nos résultats, car les vaches regagnent dans la NEC sans jamais revenir au niveau d'engraissement du vêlage. En 3<sup>ème</sup> lactations, les vaches atteignent leur niveau d'état corporel le plus bas au 60ème jour suivant le vêlage (Waltner *et al.*, 1993).

### **3.5. Reproduction**

Les paramètres de reproduction sont comparables aux résultats rapportés dans l'étude de Miroud et al.(2014) sur des données prises sur un effectif important. En effet dans cette étude l'intervalle entre le vêlage et l'insémination fécondante moyen (IV-IF) été de  $148,3 \pm 96,2$  jours et l'IV-V moyen été de  $430 \pm 75$  jours.

## Partie Expérimentale

---

Dans notre étude, le bilan énergétique a certainement une influence majeure à cette période, l'expression des chaleurs diminue à chaque cycle tant qu'il reste négatif. Bien que les observations individuelles n'ont pas été enregistrées, il est à noter que dans leur étude Spicer et al., (1990) rapportent qu'au cours du deuxième cycle, seulement 66,7% des vaches en bilan énergétique négatif manifestent leurs chaleurs avant l'ovulation, contre 80% des vaches en bilan énergétique positif.

D'autre part Enjalbert (2002) note que la valeur absolue de la note d'état corporel ainsi que sa variation influencent la fertilité et/ou la fécondité. Un mécanisme pathogénique possible est une diminution de la progestéronémie. En effet, la sécrétion de progestérone par le corps jaune est limitée chez des vaches qui ont subi un déficit énergétique, au moins jusqu'au cinquième cycle post-partum, et le taux de réussite à l'insémination s'en trouve très affecté.

Dans une étude comparative des résultats de différentes études, on trouve un lien de dépendance significatif entre la NEC au vêlage et le TRIA1, seulement pour les vaches ayant une NEC faible au vêlage par rapport à celles ayant une note intermédiaire. Les vaches vêlant en état insuffisant se voient diminuer de dix points leur TRIA1. Cette relation de dépendance n'est pas retrouvée pour les vaches ayant une note élevée au vêlage, mais, pour celles-ci, l'IVIF est supérieur (Heuer et al., 1999 ; Lopez-Gatius et al., 2003).

Dans l'ensemble les performances de reproduction relativement faibles, avec un nombre moyen d'IA par vache de 2,6 pour la MB et 3,2 pour la PH sont liées à un affaiblissement progressif de l'état des réserves qui descend en dessous de 2,5 points de NEC en 2ème et 3ème lactations, comme rapporté par Lopez-Gatius et al (2003), qui constatent une réduction du taux de conception pour une NEC <2,5 au vêlage ainsi qu'à l'IA1. Comme indiqué plus haut, un faible PV au 1er vêlage baisse l'ingestion en début de lactation et peut donc renforcer le bilan énergétique négatif qui, chez les vaches laitières, prolonge les délais VIA1 (Butler 2000; Liefers et al, 2003), ainsi que sa durée (De Vries et Veerkamp, 2000). Cependant le vêlage tardif

## Partie Expérimentale

---

permet aux MB de maintenir relativement de meilleures performances de reproduction.

Une tendance générale vers une détérioration des performances de reproduction est observée lorsque la perte d'état corporel après vêlage s'accroît. Pour Pryce et al. (2001), les vaches qui perdent de l'état, celles qui sont plus maigres à la 10ème semaine et au delà, affichent une dégradation de leurs performances de reproduction.

La perte d'état corporel au cours du 1er mois *postpartum* est associée à une diminution du taux de réussite à l'insémination (Domecq et al., 1997a) : les vaches perdant 0,4 et 0,8 points durant le 1er mois de lactation ont un TRIA1 inférieur en valeur relative de 14,5 % et de 26,5 % respectivement par rapport aux vaches ne perdant pas de note d'état au cours de la même période. Pour Butler (2005b), chaque demi-point de note d'état corporel perdu est associé à une baisse de 10% du taux de conception.

Globalement, lorsque la perte d'état n'excède pas 1 point, sur une échelle de notation de 0 à 5, l'influence de l'amaigrissement sur les performances de reproduction reste modeste. Au-delà, l'effet devient important (Butler et al., 1989). Les animaux présentant un profil de note d'état corporel constamment inférieur de près de 1,5 point au profil optimal, présentent un IVIA1 augmenté de près d'une vingtaine de jours. A 110 jours de lactation, la probabilité de fécondation est inférieure de 15 points par rapport à celle du profil optimal (Tillardet et al., 2003). Des corrélations positives significatives ont été démontrées entre les durées des intervalles vêlage-reprise de l'activité ovarienne, vêlage-première insémination, vêlage conception et le degré de mobilisation des réserves corporelles (Benaichet et al., 1999).

Une perte d'état supérieure à 0,5 point au cours des 30 premiers jours *postpartum* est associée avec une probabilité d'ovulation avant 50 jours inférieure à 50 %, contre plus de 80 % pour les vaches dont la perte d'état est inférieure à 0,5. L'infertilité de ces vaches est d'autant plus importante que leur retard à l'ovulation

les prédispose à une probabilité de fécondation plus faible : une vache ovulant après J50 aura 50 % de chances d'être gestante à 200 jours (Butler, 2005b).

### 3.6. Etat sanitaire

Le suivi sanitaire des deux races a fait ressortir un nombre de vêlages dystociques beaucoup plus important chez la PH, particulièrement chez les primipares, car ces dernières ont été inséminées à un âge précoce en plus de leur grande sensibilité aux changements environnementaux, dont l'une des principales conséquences est le vêlage dystocique (Salat, 2005).

La fréquence des dystocies plus élevée chez la PH, surtout au 1er vêlage, peut être liée à son âge précoce comme le rapportent Mee et al (2011) ; Les soins et interventions post-partum ont été plus intenses chez la PH par rapport à la MB en raison des complications qui ont fait suite généralement aux vêlages difficiles, en association avec des facteurs alimentaires et les défauts d'hygiène, ces complications peuvent se présenter sous forme de blessures de la matrice, rétention placentaire, retard d'involution utérine ainsi que l'absence de cyclicité après 30jours (institut de l'élevage, 2000). Le vêlage tardif diminue le risque d'une pathologie au niveau de la mamelle en général et d'une mammite sévère en particulier. Les cas de dystocies, de vêlages assistés, de mammites et d'affections au niveau des membres ont été plus importants chez la PH. Ceci est en accord avec ce que rapportent Waage et al (1998). Il semble que c'est notamment le vêlage très tardif (à 3 ans) qui permet une forte diminution du risque de mammite, ce qui explique les faibles fréquences chez la MB. Selon Gröhn et al.,(1995) les principaux objectifs à atteindre pour la maîtrise des troubles du péripartum sont : Rétention placentaire (< 12 %), métrite (< 10 %), mammite (< 10 %) ce qui reste loin de nos résultats.

Hormis les relations établies avec l'hypocalcémie, qui ne peut expliquer toutes les non délivrances, il semble actuellement de plus en plus clair que le déficit de l'immunité participe fondamentalement à l'étiologie des rétentions placentaires (Leblanc *et al.*, 2004). De plus, Kimura (2002) a mis en évidence, chez les vaches à non délivrance, que tout élément détériorant l'immunité à médiation cellulaire augmenterait le risque de non délivrance et une susceptibilité accrue aux infections.

## Partie Expérimentale

---

Drackley (1999) indique que la consommation alimentaire de vaches grasses Holstein hautes productrices, est, avant le vêlage, inférieure de 18% et après le vêlage, de 20% par rapport à celle de vaches Montbéliardes à état corporel adéquat, qui ne présenteront pas de troubles ultérieurs. (Goff et Horst, 1997).

Un bilan énergétique négatif a également des répercussions à long terme, en particulier l'intensité du déséquilibre est corrélée à l'apparition de troubles locomoteurs (boiteries d'origine podale) et sa durée, directement liée à une chute de la fécondité (Collard *et al.*, 2000), aussi les rations énergétiques élevée avec un taux de concentrés élevé et taux de fibres bas, prédisposent à la fourbure en particulier sous sa forme chronique (institut de l'élevage, 2000)

Les besoins en vitamines et oligoéléments de la péri- parturiente ne sont pas précisément connus. En revanche, il est établi que l'amélioration des niveaux sanguins en vitamine E , en rétinol fait chuter le nombre de mammites et de métrites en début de lactation (Leblanc, 2004), de même, les carences en zinc et sélénium sont des facteurs de risque avérés de ces deux maladies.

### 4. Conclusion

Parmi les facteurs de risque de la dégradation actuelle des performances des vaches laitières, notamment en races Prim'Holstein et Montbéliarde, le niveau du déficit énergétique postpartum des femelles reproductrices occupe une place prépondérante. L'intensité et la durée de ce déficit, inévitable après la mise bas, dépendent du niveau de production laitière, mais également des réserves corporelles au moment du vêlage et des apports alimentaires. L'évaluation du déséquilibre énergétique, permise par la méthode de la notation de l'état corporel, laisse apparaître globalement qu'au cours du postpartum, une perte d'état exagérée serait préjudiciable aux performances.

Les BEA des rations actuelles des vaches tarées les exposent fortement aux risques métaboliques, surtout en début de lactation. La production fourragère doit tenir compte de la zone de culture et de la richesse des sols. Il faudra envisager de produire ces fourrages dans les terres intérieures et d'autres fourrages de la famille des graminées à faible bilan électrolyte doivent être intégrés à l'assolement fourrager.

L'estimation régulière de la note d'état corporel, en vue de l'obtention de profils, constitue un outil d'intérêt non seulement dans une approche individuelle par la détection des sujets à risque, mais aussi à l'échelle du troupeau pour l'évaluation, et sa correction éventuelle, de l'alimentation énergétique distribuée aux vaches laitières.

Le contrôle de l'implication du statut énergétique dans l'infertilité des vaches laitières s'inscrit dans la nécessaire approche globale du troupeau par le praticien en vue d'identifier les facteurs de risque de l'infertilité dans l'élevage : contrôle de l'alimentation, des délais de mise à la reproduction, de l'implication des affections péri et postpartum ainsi que de l'environnement des animaux.

Les résultats enregistrés au cours des 3 années montrent des réponses différentes entre les deux races qui ont été introduites à des âges différents puis élevées dans les mêmes conditions.

## Partie Expérimentale

---

Face au déficit énergétique, les deux races ont réagi par des niveaux de performances en dessous de leurs potentialités de production laitière et de reproduction au cours des 3 lactations successives.

Les vaches de race Montbéliarde, plus âgées en moyenne de  $7,9 \pm 0,9$  mois au départ, ont montré de meilleures performances de production laitière et de reproduction, par rapport à la Prim'Holstein, malgré le déficit nutritif prolongé en début de lactation, dans les conditions étudiées.

Pour les deux races, l'évolution des réserves corporelles s'est dégradée progressivement au cours des 3 lactations pour atteindre des niveaux critiques en dessous de 2 points au 60ème jour de lactation. Cependant, la Montbéliarde a toujours retrouvé un meilleur état de réserves par rapport à la Prim'Holstein.

Pour les deux races, les performances de reproduction ont été influencées d'une part par la dégradation continue de l'état corporel, d'autre part par la gestion et la maîtrise technique de l'insémination artificielle, provoquant le rallongement des délais de fécondité.

Les effets négatifs ont été plus notés chez la PH vêlant pour la première fois à 24,2, mois que chez la MB vêlant à 32,1 mois.

Perspectives :

L'importation de génisses pleines doit être objective et doit tenir compte de la race, l'âge à l'introduction, l'âge au premier vêlage, les conditions d'alimentation et la maîtrise de la reproduction, et globalement du bilan à un âge donné entre productions et dépenses.

# ANNEXES

# Recommandations

---

## RECOMMANDATIONS

### 1. Prévention alimentaire de la cétose

Meilleur ajustement des apports énergétiques, en fonction du stade physiologique, afin de:

- Limiter l'amaigrissement par l'apport suffisant de concentrés chez la vache en début de lactation.
- Changements de régime progressif et respect d'un bon équilibre alimentaire: En veillant surtout aux rapports cellulose/amidon/sucres solubles, en fournissant un minimum de bons fourrages, suffisamment de céréales.
- éviter les carences en protéines dégradables (optimum 12 à 14 % de MS), mais aussi les excès.
- bien prévenir les carences en soufre, cobalt, iode...

La prévention alimentaire de la cétose met principalement en cause:

- un niveau alimentaire restreint en cours de tarissement, en utilisant un maximum de fourrages pour accroître la capacité d'ingestion afin d'éviter la suralimentation présente, tout en préparant une forte consommation après vêlage avec d'excellentes transitions alimentaires dans les semaines qui entourent le vêlage pour permettre la meilleure adaptation des villosités et de la microflore du rumen en apportant une complémentation concentrée suffisamment progressive après vêlage.

### 2. Prévention de l'alcalose

La prévention consiste à apporter :

- Des protéines dégradables optimum = 12-14%
- Des glucides fermentescibles optimum = amidon + sucres + pectines + hémicelluloses fermentescibles  $\approx$  35 à 40% de MS avec équilibre PDIN/ PDIE égalisés synchronisés étalés sur toute la journée.

Le dosage de l'urée du lait est un bon critère pour vérifier l'équilibre de la ration.

Taux d'urée optimal dans le lait: 0,27-0,30 g/l

< 0.20 g/L si déficit en protéines dégradables:

# Recommandations

---

> 0.-40 g/L si excès de protéines dégradables.

### **3. Prévention de l'acidose**

La prévention de l'acidose est une nécessité dans tous les types de production à risque, elle consiste à éviter les baisses durables du PH du rumen. Pour cela il faut :

-Associer aux aliments rapidement mastiqués, des aliments à mastication plus longue.

-Tenir compte de l'importance relative de l'amidon et des glucides du concentré.

-Moudre les céréales.

-Faire une transition alimentaire sur deux semaines pour que la flore du rumen s'adapte aux nouveaux aliments.

Fractionner la distribution des concentrés.

### **4. Prévention de la fièvre vitulaire**

La lutte repose sur le bon équilibre de l'alimentation pendant le tarissement :

-Pendant la période de tarissement, veiller à un apport de calcium de 55g à 70g par vache par jour.

-Eviter la suralimentation énergétique se traduisant par une note d'état de 4 ou plus.

### **6. Prévention de la rétention placentaire**

Les causes alimentaires spécifiques des retentions placentaires et de leurs complications de métrites sont principalement :

-les rations pauvres en azote ( foin ou ensilage d'herbe non complémentés)

-les déficits minéraux majeurs : calcium, magnésium, sodium.

-les carences en vitamines A.

Il faudrait donc faire les corrections qui s'imposent.

### **7. Prévention de l'infertilité**

#### **7.1. Les facteurs alimentaires impliqués**

La reproduction est une fonction de luxe dont l'héritabilité est à peu près nulle. Elle est la première affectée par toute erreur alimentaire, même très nuancée, difficile à identifier, se manifestant de manière généralement insidieuse et non spécifique. De

## Recommandations

---

ce fait, l'implication de l'alimentation lors d'un problème de fertilité oblige à écarter au préalable les autres causes éventuelles (depuis la détection des chaleurs jusqu'aux infections), puis à examiner avec précision l'ensemble du rationnement alimentaire, y compris en période de tarissement et pendant tout le début de lactation.

Sur le plan alimentaire, toute surcharge, toute carence, tout déséquilibre peuvent intervenir.

Les différents facteurs concernés s'établissent suivant une hiérarchie dont il convient de tenir compte pour une approche méthodique de l'infertilité nutritionnelle dans les troupeaux de vaches laitières : déficit énergétique, excès d'azote dégradable, déficiences minérales, carences en vitamine A et/ou carotènes, contaminations nocives.

### **7.1.1. Le déficit énergétique du début de lactation**

Est le premier responsable de l'infertilité des VLHP ; comme il augmente avec la productivité, il explique la baisse progressive de fertilité.

### **7.1.2. L'excès alimentaire d'azote dégradable**

Entraîne une intoxication ammoniacale qui entrave le maintien ou le rétablissement de la glycémie. Elle inhibe aussi la synthèse de progestérone et elle est directement toxique pour l'embryon (d'où des « retours » tardifs) ou le fœtus (d'où des avortements). Le danger peut venir de l'herbe très jeune, des ensilages d'herbe ou de luzerne imparfaitement conservés ou de complémentations abusives ou mal raisonnées en urée ou en ammoniac. Rappelons à ce propos que le dosage de l'urée du lait (> 0,30 g/l) est alors un excellent indicateur.

### **7.1.3. Les déficiences minérales**

En rapport avec l'infertilité, elles concernent principalement le phosphore, le manganèse, le zinc et le cuivre, parfois l'iode (avec des régimes à base de crucifères qui sont riches en facteurs antithyroïdiens). L'excès de calcium et la carence en vitamine D aggravent les déficits en ces oligoéléments, tout en pouvant conduire secondairement à une hypocalcémie qui prédispose aux rétentions placentaires, aux retards d'involution utérine, et aux métrites.

# Recommandations

---

## **7.1.4. La carence en vitamine A et/ou en carotènes**

Est vraisemblable avec des foins jaunis, des ensilages de maïs surtout s'ils comportent des taux élevés d'urée, de nitrates ou d'alcool. Elle intervient directement sur la fonction de reproduction, mais conditionne également la défense immunitaire contre les métrites, avec le zinc la vitamine E et le sélénium...

Différents agents pharmacodynamiques, bactériens ou fongiques, peuvent aussi compromettre la fécondité tels que les phyto-oestrogènes de la luzerne ou des trèfles (surtout quand ces fourrages sont parasités), la zéaralénone du maïs moisi, la listéria d'ensilages mal conservés, *Aspergillus fumigatus* apporté par des fourrages moisiss.

## **7.2 Bilan énergétique et fertilité**

Le déficit énergétique du début de lactation entraîne une hypoglycémie qui se maintiendrait tant que la perte de poids corporel reste supérieure à 200 g/VL/j. il en procéderait, dans la cascade des interrelations hormonales, des diminutions conjointes des sécrétions d'insuline, des hormones de la reproduction (LH, FSH ...), provoquant un arrêt de l'activité ovarienne et des chaleurs.

Celui-ci est d'autant plus long que le déficit énergétique et l'amaigrissement qu'il induit sont plus durables et surtout plus accentués. Plus précisément, la première ovulation surviendrait en moyenne 10 jours après la dépression maximale du bilan énergétique et du poids corporel. Dès lors, on comprend la nécessité d'atténuer et de raccourcir cette phase de bilan énergétique négatif. Grâce à une bonne conduite du rationnement alimentaire visant à couvrir au plus tôt et au mieux les besoins de lactation.

Au-delà, chez les vaches en mauvais état corporel à la période souhaitable pour la fécondation, il est conseillé de pratiquer une complémentation spéciale de reproduction (Flushing) consistant à distribuer 2 à 3 Kg supplémentaires de concentrés pendant les 2 ou 3 semaines qui entourent l'insémination.

Le taux d'acétone du lait, au-dessus de 23 mg/l, est un excellent critère de l'excès du déficit énergétique qui compromet prioritairement la fertilité de la vache, parallèlement au degré d'amaigrissement (au-delà d'une chute d'état de 1,25 – 1,5 point) et à la productivité laitière en 60 jours ou au 60<sup>e</sup> jour, aussi bien même que en

## Recommandations

---

21 jours ou au 21<sup>e</sup> jour. Sa détermination mériterait grandement d'être associée au dosage de l'urée du lait, très bon témoin d'un éventuel excès d'azote dégradable qui représente sans doute le 2<sup>e</sup> danger majeur à l'égard de la reproduction.

### **8. Prévention Alimentaire des métrites, mammites et autres**

La prévention de l'infertilité comme des métrites et mammites est un exemple caractéristique des nombreuses interrelations alimentaires.

Les graves erreurs de rationnement énergétique aboutissant à la cétose immunitaires, particulièrement à l'encontre des métrites et des mammites.

La déficience en PDIA affecte l'élaboration des immunoglobulines. L'excès d'azote dégradable conduit à un dysmicrobisme ruminal producteur d'amines vasodilatatrices, telles que l'histamine. Celle-ci prédisposent aux inflammations qui propices aux complications infectieuses, notamment de l'utérus ou de la mamelle.

Toute cause d'hypocalcémie et/ou d'hypomagnésémie plus ou moins latente, par l'intermédiaire d'une insuffisance hépatique (cétose ou « maladie du foie gras »), ou à la suite d'une privation calcique abusive en vue de trop bien prévenir les fièvres vitulaires, amoindrit la contractilité des fibres musculaires lisses. Elle favorise donc les rétentions placentaires, les retards d'involution utérine, métrites et infertilité, mais aussi les mammites (notamment colibacillaires) par mauvaise vidange de la mamelle.

Parmi les oligoéléments, zinc vitamine A et/ou carotènes, sélénium vitamine E semblent avoir des rôles électifs de stimulation de l'immunité, spécialement utiles à la prévention des métrites et des mammites.

Le B carotène (pris comme représentant le plus efficace de l'ensemble des carotènes) a un rôle spécifique encore discuté, bien que très vraisemblable à défaut d'être complétement prouvé. En particulier, il stimulerait électivement la production de progestérone, en pratique, il augmenterait les manifestations œstrales et faciliterait la ponte ovulaire, la fécondation ainsi que la nidation.

Pour le moins, c'est le précurseur exclusif (avec quelques caroténoïdes) de la vitamine A pour des herbivores. La conversion se déroule en majorité dans la muqueuse intestinale (en notant au passage que le « corps jaune », qui doit sa couleur aux caroténoïdes, dispose aussi d'une caroténase). Elle exige des apports

## Recommandations

---

également suffisants en phosphore et en iode (puisque la caroténase intestinale est activée par la thyroxine). La vitamine A est bien stockée dans le foie, permettant des apports discontinus dans la mesure d'une bonne intégrité de celui-ci (absence de stéatose, de dégénérescence, de parasitisme). Mais, pour sortir du foie, la vitamine A doit être prise en charge par une protéine transporteuse dont la synthèse est tributaire du zinc ; rappelons que l'assimilation de ce dernier est gênée par les excès de calcium. Ajoutons les rôles pro-immunitaires des antioxydants tels que le sélénium, la vitamine E mais aussi le carotène.

A l'inverse, l'amaigrissement rapide (entraînant une augmentation des lipides sanguins) les corps cétoniques, l'acidose lactique, les mycotoxicooses (comme l'aflatoxicose) ont des effets anti-immunitaires. Les produits du catabolisme azoté ruminal ajoutent les conséquences négatives de leurs propriétés inflammatoires.

La reproduction est très sensible à toute erreur alimentaire, et particulièrement au déficit énergétique du début de lactation, mais aussi à tout déséquilibre nutritionnel. Un rationnement rigoureux pendant la période du tarissement et du début de lactation est impératif pour prévenir un amaigrissement excessif.

Le dosage de l'acétone dans le lait permet de détecter précocement un déficit énergétique excessif. De la même façon, le taux d'urée du lait est un excellent indicateur d'un abus d'azote dégradable également néfaste à la reproduction.

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

## Références bibliographiques

---

- Abeni F., Calamari L., Stefanini L. and Pirlo G., 2000.** Effects of daily gain in pre- and post pubertal replacement dairy heifers on body condition score, body size, metabolic profile, and future milk production. *Journal of Dairy Science* 83, 7, 1468-78
- Apper-Bossard E. et Peyraud J. L. ,2004 .** Effet du bilan électrolytique sur l'ingestion et la production de lait des vaches laitières : approche bibliographique *Rech. Ruminants*, 11, 266
- Apper-Bossard E., Peyraud J.L. et Dourmad J.Y.,2009 .** Effet du bilan électrolytique de la ration sur l'équilibre acido-basique et les performances zootechniques des animaux domestiques à fort niveau de production *INRA Prod. Anim.*, 22 (2), 117-130
- Arzul P., Enjalbert F., 2006.** Conduite de la génisse laitière du sevrage au vêlage. Conséquences des déséquilibres alimentaires. Régimes alimentaires pratiqués en France. In: *Journées nationales des GTV*. Dijon 17 18 19 mai 2006, 175-181
- Aubadie-Ladrix M., 2011.** La cétose des vaches laitières. 2011, pp. 79-88.
- Bareille S., Bareille N., 1995 .**La cétose des ruminants - Point Vet, ; 27 (Maladie métabolique des ruminants) : 727-738
- Bauman D.E., Currie W.B., 1980.** Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J Dairy Sci*, 63: p. 1514-1529.
- Bazin S., 1984.** Grille de notation de l'état d'engraissement des vaches pies-noires. ITEBRNED, Paris (France). 31 p.
- Bazin S., 1985.** La conduite des vaches laitières du tarissement au pic de lactation – Paris (France) : ITEBRNED, 28 p.
- Bazin S., 1989 .** Grille de notation de l'état d'engraissement des vaches montbéliardes. Paris, *ITEB-RNED*. 1989, 27 p.
- Bazin S., 1989.** Grille de notation de l'état d'engraissement des vaches montbéliardes. ITEBRNED, Paris (France). 27 p.
- Beam S.W, Butler W.R., 1999.** Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in *postpartum* dairy cows - *J Reprod Fertil Suppl*, 54: 411-424
- Beam S.W, Butler W.R., 1998.** Energy balance, metabolic hormones, and early *postpartum* follicular development in dairy cows fed prilled lipid. *J Dairy Sci*, 81:221-131.

## Références bibliographiques

---

- Bell A.W., 1995.** Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J Dairy Sci*, 78: 3105-3114.
- Benaich S., Guerouali A., Belahsen R., Mokhtar N., Aguenou H., 1999.** Effet du degré de mobilisation des réserves corporelles après le vêlage sur la fonction reproductive de la vache laitière en post-partum. *Revue de Méd. Vét*, 150 (5): p. 441-446.
- Bertics S.J., Grummer R.R., Cadorgina-Valino C., Stoddard E.E., 1992.** Effect of prepartum dry matter intake on liver triglyceride concentration and early lactation. *J. Dairy Sci.*, 75 (1914-1922).
- Bobé G., Young J.W., Beitz D.C. ,2004.** Invited Review: Pathology, Etiology, prevention and treatment of Fatty Liver in Dairy Cows. *J Dairy Sci*, 87:3105-3124.
- Broster W.H., Broster V.J., 1998.** Body score of dairy cows. *J Dairy Res*, 65: p. 155-173.
- Brugère-Picout J. 1995.** Baisse de la disponibilité en Glucose. *La Dépêche Vétérinaire - supplément technique*. 24 au 30 Juin 1995, 46, pp. 9-21.
- Brugère-Picoux J., Remy D. 1995 .** Maladies métaboliques chez la vache laitière et biochimie clinique. *La Dépêche Technique*, supplément technique:1-29.
- Butler W.R., Everett R.W., Coppock C.E., 1981.** The relationships between energy balance, milk production and ovulation in postpartum holstein cows. *J Anim Sci*, 53:743-748.
- Butler W.R, Smith R.D., 1989.** Interrelationships between energy balance and *postpartum* reproductive function in dairy cattle - *J Dairy Sci*, 72 : 767-783
- Butler W.R, Smith R.D., 1989.** Interrelationships between energy balance and *postpartum* reproductive function in dairy cattle. *J Dairy Sci*, 72:767-783.
- Butler W.R. ,1998.** Review: effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. *J Dairy Sci*, 81:2533-2539.
- Butler W.R., 2000.** Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Animal Reproduction Science*, 60-61: p. 449-457.
- Butler W.R., 2001.** Nutritional effects on resumption of ovarian cyclicity and conception rate in *postpartum* dairy cows. In: *Fertility in the High Producing Dairy Cow*. Diskin MG (Ed.). British Society of Animal Science, pp. 133-145
- Butler W.R., 2005.** Nutrition, negative energy balance and fertility in the *post partum* dairy cows. *Cattle practice*, 13 (1): p. 13-17.
- Butler W.R., 2005b:** Relationships of negative energy balance with fertility – *Adv Dairy Tech*,; 17: 35-46

## Références bibliographiques

---

- Campbell M.H, Miller J.K, Schrick F.N., 1999.** Effects of additional cobalt, copper, manganese and zinc on reproduction and milk yield of lactating dairy cows receiving bovine somatotropin. *J Dairy Sci*, 82:1019-1025.
- Caple I.W, Halpin C.G. ,1985.** Biochemical assessment of nutritional status. In: Proceedings of the postgraduate committee in veterinary science. University of Sydney, 307-337.
- Carlsson J. ,1989.** Milk urea as a marker of nutritional imbalance in dairy cows with special reference to fertility. In: Proc. 7th Int. Conf. Prod. Diseases. Cornell University, Ithaca, New york, 397-400.
- Chenais F., Augéard P., Bazin S., Martial J.P., Masson D., 1990.** Les rations complètes à base d'ensilage de maïs : atouts et mise en oeuvre - Paris (France) : ITEB-RNED, 48 p.
- Chew B.P., Murdock F.R., Riley R.E., Hillers J.K., 1984.** Influence of prepartum dietary crude protein on growth hormone, insulin, reproduction and lactation of dairy cows - *J Dairy Sci*, ; 67 : 270-275
- Chilliard Y., Remond B., Sauvant D., Vermorel M., 1983 .** Particularités du métabolisme énergétique. *Bull Tech C R Z V*, 53:37-64.
- Chilliard Y., Remond B., Agabriel J., Robelin J., Verite R., 1987.** Variations du contenu digestif et des réserves corporelles au cours du cycle gestation-lactation - *Bull Tech CRZV Theix INRA*,; 70 : 117-130.
- Coche B, Le Coustumier J, Zundel E. 1987 :** L'involution utérine. *GTV*, 87:43-68.
- Collard B.L., Boettcher P.J., Dekkerst J.C., Petitclerc D., Schraeffer L.R., 2000.** Relationship between energy balance and health traits of dairy cattle in early lactation. *J. Dairy Sci*, 83, 2683-2690;
- Coleman D.A., Thayne W.V., Dailey R.A., 1985.** Factors affecting reproductive performance of dairy cows. *J Dairy Sci*, 68:1793-1803.
- Curtis C.R., Erb H.N., Sniffen C.J., Smith R.D., Kronfeld D.S. 1985.** Path analysis of dry period nutrition, postpartum metabolic and reproductive disorders, and mastitis in Holstein cows. *J Dairy Sci*, 68:2347-2360.
- Cutullic E., Delaby L., Gallard, Y., Disenhaus C., 2011.** Dairy cows' reproductive response to feeding level differs according to the reproductive stage and the breed. *Animal*, 5, 731-740.
- Cuvelier, C., Cabaraux J.-F. ; Dufrasne I. ; Istasse L. et Hornick J.L.2005.** Transport sanguin et métabolisme hépatique des acides gras chez les ruminants. *Annales de Médecine Vétérinaire*. 2005, 149, pp. 117-131.

## Références bibliographiques

---

- Danvin C. 1988.** Reproduction et carence en zinc chez les bovins laitiers. Thèse de Doctorat vétérinaire. Ecole nationale vétérinaire de Toulouse, 84 p.
- Dawuda P.M., Scaramuzzi R.J., Leese H.J., Hall C.J., Peters A.R., Drew S.B., Wathes D.C., 2002.** Effect of timing of urea feeding on the yield and quality of embryos in lactating dairy cows. *Theriogenology*, 58:1443-1455.
- De Vries M.J., Van der Beek S., Kaal-Lansbergen L.M., Ouweltjes W., Wilmink J.B.M. 1999.** Modeling of energy balance in early lactation and the effect of energy deficits in early lactation on first detected estrus postpartum in dairy cows. *J Dairy Sci*, 82:1927-1934.
- De Vries M. J. and Veerkamp R. F., 2000:** Energy Balance of Dairy Cattle in Relation to Milk Production Variables and Fertility. *Journal of Dairy Science* 83, 62-69
- De Wit A.A.C, Cesar M.L.F, Kruip T.A.M. ,2000.** Effect of urea during in vitro maturation on nuclear maturation and embryo development of bovine cumulus-oocyte-complexes. *J Dairy Sci*, 84:1800-1804.
- Dirksen G.U., Liebich H.G., Mayer E., 1985.** Adaptative changes of the ruminal mucosa and their functional and clinical significance - *Bov Pract*,; 20 : 116-120
- Disenhaus C., Augeard P., Bazin S., Philippeau G. ,1985.** Nous, les vaches taries. *Technique. EDE, Rennes*, 65 p.
- Disenhaus C., Grimard B., Trou G., Delaby L., 2005.** De la vache au système : s'adapter aux différents objectifs de reproduction en élevage laitier? *Renc. Rech.Ruminants*, 12: p. 125-135.
- Dobos R. C., Nandra K. S., Riley K., Fulkerson W. J., Alford A. and Lean I. J. 2004 .** Effects of age and liveweight at first calving on first lactation milk, protein and fat yield of Friesian heifers. . *Australian Journal of Experimental Agriculture* 44, 969-974
- Domecq J.J., Skidmore A.L., Lloyd J.W., Kaneene J.B., 1997a.** Relationship between body condition scores and conception at first artificial insemination in a large dairy herd of high yielding holstein cows - *J Dairy Sci*, ; 80 : 113-120
- Drackley J. K., 1999.** Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier ? *Journal of Dairy Science*. Juin 1999, 82, pp. 2259-2273.
- Drackley J. K., 2004.** Physiological adaptations in transition dairy cows. 2004, Vol. 51, pp. 74-87.
- Drame E.D., Hanzen C., Houtain J.Y., Laurent Y., Fall A., 1999.** Profil de l'état corporel au cours du post-partum chez la vache laitière. *Ann. Med. Vét.*, 143: p. 265-270.

## Références bibliographiques

---

- Drogoul C., et Raymond G. 2004.** Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. 2004, Vol. 1, p. 270.
- Duffield T.F., Lissemore K.D, McBride B.W. and Leslie K.E. 2009.** Impact of hyperketonemia in early lactation dairy cows on health and production. *J. Dairy Sci.* 92:571-580
- Duffield T.F. 2011.** Monitoring strategies for transition dairy cows for special patients. 2011.
- Edmonson A.J., Lean I.J., Weaver L.D., Farver T., Webster G., 1989.** A body condition scoring chart for holstein dairy cows. *J Dairy Sci*, 72: p. 68-78.
- Enjalbert F., 1994.** Relations alimentation-reproduction chez la vache laitière. *Point Vét*, 158: p. 77-83.
- Enjalbert F. 1995.** Rationnement en peripartum et maladies métaboliques. *Le Point Vétérinaire*, 27:719-725.
- Enjalbert F., 1995.** Conseil alimentaire et maladies métaboliques en élevage. *Point Vét*, 27 (N° spécial maladies métaboliques): p. 33-38.
- Enjalbert F. 1996.** Les constituants des aliments et leur digestion chez les bovins : bases physiologiques. *Proceeding SNGTV*. 1996, pp. 13-20.
- Enjalbert F., 1998 :** Contraintes nutritionnelles et métaboliques pour le rationnement en peripartum. *Le nouveau praticien*. 1998, 59-68
- Enjalbert F. 1998.** Alimentation et Reproduction chez la vache laitière. *SNDF*. 1998.
- Enjalbert F., 2002.** Relations entre alimentations et fertilité : actualités. *Point Vét*, 227: p. 46-50.
- Enjalbert F., 2002.** Reproduction et fertilité des vaches laitières. *Activéto*, 14: p. 16-17.
- Enjalbert F., 2003 .** Les contraintes nutritionnelles autour du vêlage - *Point Vet*, ; 34 (236) : 40-44
- Ennuyer M., 2000.** Les vagues folliculaires chez la vache, applications pratiques à la maîtrise de la reproduction. *Point Vét*, 31 (209): p. 9-15.
- Ferguson J.D., Chalupa W.V., 1989.** Impact of protein nutrition on reproduction in dairy cows. In: Interactions of nutrition and reproduction. *J Dairy Sci*, 72:746-766
- Ferguson J.D., 1991.** Nutrition and reproduction in dairy cows. *Veterinary clinics of north America : food animal practice*, 7:483-507.

## Références bibliographiques

---

- Ferguson J.D., Galligan D.T., Thomsen N., 1994** . Principal descriptors of body condition score in Holstein cows - *J Dairy Sci*, 77 : 2695-2703
- Ferran A., 2012.** Digestion microbienne chez les ruminants. <http://physiologie.envt.fr>. [Enligne]2012.[http://physiologie.envt.fr/spip/IMG/pdf/12Digestion\\_microbienne\\_chez\\_les\\_ruminants2012.pdf](http://physiologie.envt.fr/spip/IMG/pdf/12Digestion_microbienne_chez_les_ruminants2012.pdf). 107
- Ferré D. et Aubadie-Ladrix M. 2004.** la cétose et la stéatose de la vache laitière : importance économique, physiopathologie, conséquences pathologiques. *Journées Nationales GTV*. pp. 443-454.
- Fisher L J, Hall J. W. and Jones S.E. 1983** . Weight and age at calving and weight change related to first lactation milk yield. *Journal of Dairy Science* 66, 21-67
- Folman Y., Rosenberg M., Ascarelli I., Kaim M., Herz Z. 1983.** The effect of dietary and climate factors on fertility and on plasma progesterone and oestradiol-17B levels in dairy cows. *J Steroid Biochem*, 19:863-868.
- Freret S., Charbonnier G., Congnard V., Jeanguyot N., Dubois P., Levert J., et al., 2005.** Expression et détection des chaleurs, reprise de la cyclicité et perte d'état corporel après vêlage en élevage laitier. *Renc. Rech.Ruminants*, 12: p. 149-152.
- Gearhart M.A., Curtis R., Erb H.N., Smith R.D., Sniffen C.J., Chase L.E., et al., 1990.** Relationship of changes in condition score to cow health in holsteins. *J Dairy Sci*, 73: p. 3132-3140.
- Gerloff B.J., 1987.** Body condition scoring in dairy cattle. *Agri-practice*, 8 (7): p. 31-36.
- Gerloff, B.J. ,2000.** Dry cow management for the prevention of ketosis and fatty liver in dairy cows. *Vet. Clin. North Am. - Food Animal Practice*. 2000, Vol. 16, pp. 283-292.
- Gillund P., Reksen O., Gröhn Y.T., Karlberg K. 2001.** Body condition related to ketosis and reproductive performance in Norwegian dairy cows. *J Dairy Sci*, 84:1390-1396.
- Goff J., Horst R.L., 1997.** Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders. *J Dairy Sci*, 80:1260-1268.
- Grappin R., Jeunet R ,1979.** Méthodes de routine pour le dosage de la matière grasse et des protéines du lait de chèvre .*Lait* 589, 345-360.
- Greenfield R.B, Cecava M.J, Johnson T.R., Donkin S.S., 2000.** Impact of dietary protein amount and rumen undegradability on intake, peripartum liver triglyceride, plasma metabolites, and milk production in transition dairy cattle - *J Dairy Sci*, 83 : 703-710

## Références bibliographiques

---

- Grimard B, Sauvant D., Chilliard Y. ,2002.** Les relations nutrition-reproduction dans l'espèce bovine. In : La journée de printemps de l'association française de zootechnie. INA-PG, Fédération européenne de zootechnie, 18 p.
- Grummer R..R. 1993.** Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science.* 1993, Vol. 76, 12, pp. 3882-3896.
- Gustafsson A.H., Carlsson J., 1993.** Effects of silage quality, protein evaluation systems and milk urea content on milk yield and reproduction in dairy cows. *Livestock Production Science*, 37:91-105.
- Hady P.J., Domecq J.J., Kaneene J.B., 1994.** Frequency and precision of body condition scoring. *J Dairy Sci*, 77: p. 1543-1547.
- Hammon D.S., Holyoak G.R., Dhiman T.R. ,2005.** Association between blood plasma urea nitrogen levels and reproductive fluid urea nitrogen and ammonia concentrations in early lactation dairy cows. *Animal Reproduction Science*, 86:195-204.
- Harrison J.H., Hancock H.R., Conrad H.R., 1984.** Vitamin E and Selenium for reproduction of the dairy cow. *J Dairy Sci*, 67:123-132.
- Harrison R.O., Young J.W., Freeman A.E., Ford S.P., 1989.** Effect of lactational level on reactivation of ovarian function and interval from parturition to first visual oestrus and conception in high producing Holstein cows. *Anim Prod*, 49:23-28.
- Harrison R.O., Ford S.P., Young J.W., Conley A.J., Freeman A.E., 1990.** Increased milk production versus reproductive and energy status of high producing dairy cows. *J Dairy Sci*, 73:2749-2758.
- Hayirli A., Grummer R.R., Nordheim E.V., Crump P.M., 2002 –** Animal and dietary factors affecting feed intake during the pre-fresh transition period in Holsteins. *Journal of Dairy Science* 85, 3430-3443.
- Hayirli A., D.H. Keisler L. Doepel and H. Petit.,2011.** Peripartum responses of dairy cows to prepartal feeding level and dietary fatty acid source. *Journal of Dairy Science.* 2011, Vol. 94, pp. 917-930.
- Hazel A. R., Heins B. J., Seykora A. J. and Hansen L. B. ,2013 :** Montbéliarde-sired crossbred compared with pure Holsteins for dry matter intake, production, and body traits during the first 150 days of first lactation. *Journal of Dairy Science* 96, 1915-23
- Heinrichs A.J., O'connor M.L., 1991.** Charting body condition identifies problems in dairy cows –*Feedstuffs*, 15 : 15-16

## Références bibliographiques

---

- Heins B. J., Hansen L. B., Seykora A. J., Hazel A. R., Johnson D. G. and Linn J. G. 2008** . Crossbreds of Jersey x Holstein compared with pure Holsteins for body weight, body condition score, dry matter intake, and feed efficiency during the first one hundred fifty days of first lactation. *Journal of Dairy Science* 91, 9, 3716-22
- Hemingway R.G., 2003**. The influences of dietary intakes and supplementation with selenium and vitamin E on reproductive diseases and reproductive efficiency in cattle and sheep. *Veterinary Research Communications*, 27:159-174.
- Herd T.H. ,1988**. Fatty liver in dairy cows. *Veterinary Clinics of North America : Food Animal Practice*. 1988, Vol. 4, 2, pp. 269-287.
- Herd T.H., 1988**. Fuel homeostasis in the ruminant. *Veterinary Clinics of North America : Food Animal Practice*. 1988, Vol. 4, 2, pp. 213-232.
- Herd T.H. ,2000**. Ruminant Adaptation to Negative Energy Balance - Influences on the etiology of Ketosis and Fatty Liver. *Veterinary Clinic of North America : Food Animal Practice*. Juillet 2000, Vol. 16, 2, pp. 215-230. 108
- Heuer C., Schukken Y.H., Dobbelaar P., 1999**. Post-partum body condition score and results from the first test day milk as predictors of disease, fertility, yields, and culling in commercial dairy herds. *J. Dairy Sci.*, 82: p. 295-304.
- Hoffman P C., 1997** . Optimum Body Size of Holstein Replacement Heifers. *Journal of Animal Science* 75, 3, 836-845.
- Hurley W.L, Doane R.M. ,1989**. Recent developments in the roles of vitamins and minerals in reproduction. *J Dairy Sci*, 72:784-804.
- Ingraham R.H., kappel L.C., Morgan E.B., Babcock D.K. ,1982**. Temperature-humidity vs seasonal effects on concentrations of blood constituents of dairy cows during the pre and postcalving periods: relationship to lactation level and reproductive functions. *American Society of Agricultural Engineers*, pp. 565-570
- Ingraham RH, kappel LC, Morgan EB, Srikandakumar A., 1987**. Correction of subnormal fertility with copper and magnesium supplementation. *J Dairy Sci*, 70:167-180.
- Ingvartsen K.L., Andersen J.B., 2000**. Integration of metabolism and intake regulation: a review focusing on periparturient animals. *J. Dairy Sci.*, **83**, 1573-1597.
- Jouany J-P., Brouduscou L., Prins R.A., Komizarczuk-Bony S., 1995**. Métabolisme et nutrition de la population microbienne du rumen. In *Nutrition des Ruminants Domestiques*. R. Jarrige, Y. Ruckebush, C. Demarquilly, M-H. Farce, M. Journet Eds. INRA Editions, Versailles, Fr, pp 349-382.

## Références bibliographiques

---

- Journet M., Remond B., 1981.** Response of dairy cows to protein level in early lactation. *Livestock Prod Sci*, 8:21-35.
- Julien W.E., Conrad H.R., Redman D.R., 2003.** Influence of dietary protein on susceptibility to alert down syndrome. *J Dairy Sci*, 60:210-
- Kenny D.A., Humpherson P.G., Leese H.J., Morris D.G., Tomos A.D., Diskin M.G., Sreenan J.M., 2002.** Effect of elevated systemic concentration of ammonia and urea on the metabolite and ionic composition of oviductal fluid in cattle. *Biol Reprod*, 66:1797-1804.
- Keown J. F. and Everett R .W., 1986 :** Effect of days carried calf, days dry, and weight of first calf heifers on yield. *Journal of Dairy Science*, 69, 1891
- Kiruma K., Goff J.P., Kehrli J.R. M.E, Reinhardt T.A., 2002.** Decreased neutrophil function as a cause of retained placenta in dairy cattle. *J. Dairy sci*, 85, 544-550.
- Larson L.L, Mabruck H.S., Lowry S.R., 1980.** Relationship between early postpartum blood composition and reproductive performance in cattle. *J Dairy Sci*, 63:283-289.
- Lean I.J, Webster G., 1992.** Previous calving to conception intervals and current reproductive performance. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*, 19:431-431.
- Lean, I. J., 2002.** Diseases of dairy animals, non infectious / Ketosis. *Encyclopedia of Dairy Science*. 2002, pp. 815-823.
- Lean, I.J., Bruss M.L., Baldwin R.L., and Trout H.F. ,1992.** Bovine Ketosis : A Review. II. Biochemistry and Prevention. *Veterinary Bulletin*. Janvier 1992, Vol. 62, 1, pp. 1-14.
- Le Bars, H., 1991.** Interrelation entre glycogénèse et lipogénèse chez les ruminants. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*. 1991, Vol. 64, 2, pp. 193-206.
- Le Blanc S.J., Leslie K.E., Duffield T.D., 2005.** Metabolic Predictors of Displaced Abomasum in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. 2005, Vol. 88, 1, pp. 159-170.
- Le Cozler Y., Peccatte J .R, Porhie J. Y., Brunshwig P. et Disenhaus C., 2009 .** Pratiques d'élevages et performances des génisses laitières : état des connaissances et perspectives. *Inra Productions Animales*, 22, 4, 303-316
- Liefers S .C., Veerkamp R. F., Delavaud C., Chilliard Y. and van der Lende T. 2003.,** Leptin Concentrations in Relation to Energy Balance, Milk Yield, Intake, Live Weight, and Estrus in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 86, 799–807

## Références bibliographiques

---

- Lin C. Y., Lee A. J., Mcallister A. J., Batra T. R., Roy G. L., Vesely J. A., Wauthy J. M. and Winter K. A., 1987.** Intercorrelations among milk production traits and body and udder measurements in Holstein heifers. *Journal of Dairy Science* 70, 11, 2385-93
- Littledike E.T., Goff J. ,1987.** Interactions of calcium, phosphorus, magnesium, and vitamin D that influence their status in domestic meat animals. *J Anim Sci*, 65:1727-1743.
- Loeffler S.H., Devries M.J., Schukken Y.H., 1999.** The effects of time of disease occurrence, milk yield, and body condition on fertility of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 82: p. 2589-2604.
- Lopez-Gatius F., Yaniz J., and Madriles-Helm D., 2003.** Effects of body condition score and score change on the reproductive performance of dairy cows: a meta-analysis. *Theriogenology* 59, 3-4, 801-812
- Maas J., 1983.** Interpreting serum chemistry screens in cattle. *Mod Vet Pract*, 64:963-967.
- Markusfeld O., Galon N., Ezra E., 1997.** Body condition score, health, yield and fertility in dairy cows. *The Veterinary Record*, 141:67-72.
- Markusfeld O., 1987.** Inactive ovaries in high-yielding dairy cows before service: a etiology and effect on conception. *The Veterinary Record*, 121:149-153.
- Martinot Y., 2006.** TP mini : un outil de mesure du déficit énergétique. In: *Journées nationales des gtv*. Dijon, 17 18 19 mai, 709-714
- Mayne C.S., McCoy M.A., Lennox S.D., Mackey D.R., Verner M., Catney, D.C., 2002.** Fertility of dairy cows in Northern Ireland. *Vet Rec*, 150: p. 707-713.
- Mee J F, Berry D P, Cromie A R., 2011.** Risk factors for calving assistance and dystocia in pasture-based Holstein–Friesian heifers and cows in Ireland. *The Veterinary Journal* 187, 189-194
- Meissonnier E., 1994.** Tarrissement modulé, conséquence sur la production, la reproduction et la santé des vaches laitières. *Point Vét*, 26: p. 69-75.
- Meschy MF., 1994.** Les minéraux et la reproduction. *B T I A*, 74:18-25.
- Meschy F et Peyraud J L., 2004.** Teneurs en ions forts des fourrages et calcul de la valeur de leur bilan alimentaire cations anions et de leur bilan électrolytique *Renc. Rech. Ruminants*, 11, 255-258

## Références bibliographiques

---

- Miroud K., Hadeb A., et Kaidi R., 2009.** La détermination du profil métabolique: indicateur de suivi de la reprise de l'activité ovarienne post-partum de la vache laitière dans l'Est Algérien. *Livestock Research for Rural Development. Volume 21, Article 85.* Retrieved February 12, 2016.
- Miroud K., Hadeb A., Khelef D., Ismail S., et Kaidi R 2014.** Bilan de reproduction de la vache laitière dans le nord-est de l'Algérie. *Livestock Research for Rural Development. Volume 26, Article #107.* Retrieved February 12, 2016
- Moore R K., Kennedy B W., Schaeffer L R., and Moxley J E., 1991.** Relationships between age and body weight at calving and production in 1st lactation Ayrshires and Holsteins. *Journal of Dairy Science* 74, 1, 269-278
- Ndiaye N.P., 2002 .** Contrôle de qualité de différentes marques de laits en poudre commercialisés au Sénégal- Université Cheikh Anta Diop de Dakar.
- Ocon OM., Hansen PJ., 2003.** Disruption of bovine oocytes and preimplantation embryos by urea and acidic PH. *J Dairy Sci*, 86:1194-1200.
- Oetzel GR., 1998.** Dairy nutrition management. Nutritional management of dry dairy cows. *Compend. Contin. Educ. Pract. Vet. Food Animal*, 20, 391-396.
- Opsomer G., Gröhn YT., Hertl JA., Coryn M, Deluyker HA, De Kruif A. 2000.** Risk factors for postpartum ovarian dysfunction in high producing dairy cows in Belgium: a field study. *Theriogenology*, 53:841-857.
- Otto K.L., Ferguson J.D., Fox D.G., 1991.** Relationship between condition score and composition of ninth to eleventh rib tissue in holstien dairy cows. *J Dairy Sci*, 74: p. 852-859.
- Paccard P., 1995.** L'alimentation et ses répercussions sur la fécondité. UNCEIA, 124-135.
- Paragon BM., 1991.** Qualité alimentaire et fécondité chez la génisse et la vache adulte : importance et place des nutriments non énergétiques. *GTV*, 91:39-52.
- Paragon BM., 1995.** Sel, minéraux et alimentation des ruminants. Compagnies des Salins du Midi, 72p.
- Paragon BM., 1997.** Apportez du magnésium pendant le pâturage. *PLM*, 48-49.
- Park AF., Shirley JE., Titgemeyer EC., Meyer MJ., Vanbaale MJ., Vandehaar MJ.. 2002.** Effect of protein level in prepartum diets on metabolism and performance of dairy cows. *J Dairy Sci*, 85:1815-1828.
- Payne JM., 1983.** Maladies métaboliques des ruminants domestiques. Medical Books Ltd.

## Références bibliographiques

---

- Pehrson B., Plym Forshell K., Carlsson J., 1992.** The effect of additional feeding on the fertility of highyielding dairy cows. *J Vet Med*, A39:187-192.
- Peyraud J L et Apper-Bossard E., 2006.** L'acidose latente chez la vache laitière. *INRA Prod. Anim.*, 19 (2), 79-92
- Ponsart C., Dubois P., Charbonnier G., Leger T., Freret S., Humblot P., 2007.** Evolution de l'état corporel entre 0 et 120 jours de lactation et reproduction des vaches laitières hautes productrices. In: *Journées nationales des GTV*. Nantes, 23-24-25 mai, 347-356
- Pryce J.E., Coffey M.P., Simm G., 2001.** The relationship between body condition score and reproductive performance. *J Dairy Sci*, 84: p. 1508-1515.
- Pugh DG., Elmore RG., Hembree TR., 1985.** A review of the relationship between mineral nutrition and reproduction in cattle. *Bovine Pract*, 20:10-
- Pushpakumara P.G.A., Gardner N.H., Reynoldsc K., Beever D.E., Wathes D.C., 2003.** Relationship between transition period diet, metabolic parameters and fertility in lactating dairy cows. *Theriogenology*, 60: p. 1165-1185.
- Reid IM., Dew SM., Collins RA., 1983a.** The relationships between fatty liver and fertility in dairy cows: a farm investigation. *J Agric Sci Camb*, 101:499-502.
- Reid IM., Roberts CJ., Treacher., Williams LA., 1986.** Effect of body condition at calving on tissue mobilization, development of fatty liver and blood chemistry of dairy cows. *Anim Prod*, 43:7-15.
- Reist M., Erdin D.K., Von Euw D., Tschumperlin K.M., Leuenberger H., Hammon H.M., 2003.** Postpartum reproductive function : association with energy, metabolic and endocrine status in high yielding dairy cows. *Theriogenology*, 59: p. 1707-1723.
- Reynolds C.K., Aikman., P.C., Lupoli B., Humphries D.J. and Beever D.E., 2003.** Splanchnic metabolism of dairy cows during the transition from late gestation through early lactation. *Journal Dairy Science*, 86, 1201-1217.
- Rhoads ML., Rhoads RP., Gilbert RO., Toole R., Butler WR., 2006.** Detrimental effects of high plasma urea nitrogen levels on viability of embryos from lactating dairy cows. *Animal Reproduction Science*, 91:1-10.
- Roche JF., Diskin MG., 2000.** Resumption of reproductive activity in the early postpartum period of cows. In: *Fertility in the high-producing dairy cow*. Diskin MG (Ed.). British Society of Animal Science. *Animal Science*, 31-42.
- Rousseau., C., 2013.** Alimentation des vaches taries : les bases théoriques. *Le Point Vétérinaire*. 2013, Vol. 44, Numéro spécial : Prévention nutritionnelle en élevage bovin, pp. 86-92.

## Références bibliographiques

---

- Rowlands GJ., 1980.** A review of variations in the concentrations of metabolites in the blood of beef and dairy cattle associated with physiology, nutrition and disease, with particular reference to the interpretation of metabolic profiles. *World Rev Nutr Diet*, 35:172-235.
- Salat O., 2005.** Les troubles du péripartum de la vache laitière : risques associés et moyens de contrôle. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire France*. 2005, Vol. 158, 2, pp. 153-160.
- Salat O., 2012.** La stéatose hépatique. *Affections hépatiques chez les bovins avec un focus sur les méthodes diagnostiques*. s.l. La Dépêche Technique, 2012, Vol. 130, pp. 3-7.
- Sauvant D et Peyraud J L., 2010.** Calculs de ration et évaluation du risque d'acidose *INRA Prod. Anim.*, 23 (4), 333-342
- Seegers H., Malher X., 1996.** Analyse des résultats de reproduction d'un troupeau laitier. *Le point vétérinaire*, 28:127-136.
- Seifi H A., LeBlanc S., Leslie K.E., Duffield T.F., 2011.** Metabolic predictors of Post Partum Disease and Culling Risk in Dairy Cattle. *The Veterinary Journal*. 2011, 188, pp. 216-220
- Serieys F., 1997.** Le tarissement des vaches laitières. Editions France Agricole.
- Sinclair KD., Kuran M., Gebbie FE., Webb R., McEvoy TG., 2000.** Nitrogen metabolism and fertility in cattle: II. Development of oocytes recovered from heifers offered diets differing in their rate of nitrogen release in the rumen. *J Anim Sci*, 2670-2680.
- Spicer L.J., Tucker W.B., Adams G.D., 1990.** Insulin-like growth factor-1 in dairy cows : relationships among energy balance, body condition, ovarian activity, and estrous behavior. *J Dairy Sci*, 73: p. 929-937.
- Staples C.R., Thatcher W.W., 1990.** Relationships between ovarian activity and energy status during the early postpartum period of high producing dairy cows. *J Dairy Sci*, 73: p. 938-947.
- Steffan J. 1987.** Résultats d'une enquête épidémiologique: influence de facteurs affectant la fertilité et la fécondité des vaches laitières. *B T I A*, 12-19.
- Strang BD., Bertics SJ., Grummer RR., Armentano LE., 1998.** Effect of long-chain fatty acids on triglyceride accumulation, gluconeogenesis, and ureagenesis in bovine hepatocytes. *J Dairy Sci*, 81:728-739.
- Tillard E., Humblot P., FAYE B., 2003 :** Impact des déséquilibres énergétiques postpartum sur la fécondité des vaches laitières à la réunion. *Renc. Rech. Ruminants*, 10: p. 127-129.

## Références bibliographiques

---

- Vagneur M., 1994.** Relation nutrition fertilité chez la vache laitière. *GTV*, 94:133-140.
- Van Amburgh M E., Galton D M., Bauman D E., Everett R W., Fox D G., Chase L E and Erb H N., 1998.** Effects of three prepubertal body growth rates on performance of Holstein heifers during first lactation. *Journal of Dairy Science* 81, 2, 527-538
- Van Saun R.J., Idleman S.C., Sniffen C.J., 1993.** Effect of undegradable protein amount fed prepartum on postpartum production in first lactation holstein cows. *J Dairy Sci*, 76:236-244.
- Van Saun R.J., Sniffen C.J., 1996.** Nutritional management of the pregnant dairy cow to optimize health, lactation and reproductive performance. *Animal Feed Science and Technology*, 59:13-26.
- Vasseur E., Gibbons J., Rushen J., et de Passillé A M., 2013.** Development and implementation of a training program to ensure high repeatability of body condition score of dairy cow in animal welfare assessments. *J. DairySci.* 96, 4725-4737
- Veerkamp R F., Oldenbroek J K., Van Der Gaast H J and Van Der Werf J H J., 2000.** Genetic Correlation between days until Start of Luteal Activity and Milk Yield, Energy Balance, and Live Weights. *Journal of Dairy Science* 83, 577–583
- Villa-Godoy A., Hughes T.L., Emery M.S., Chapin L.T., Fogwell R.L., 1988.** Association between energy balance and luteal function in lactating dairy cows. *J Dairy Sci*, 71:1063-1072.
- Waage S., Sviland S and Odegaard S A., 1998.** Identification of Risk Factors for Clinical Mastitis in Dairy Heifers. *Journal of Dairy Science* 81, 1275–1284
- Walsh S., Buckley F., Pierce K., Byrne N., Patton J and Dillon P., 2008.** Effects of breed and feeding system on milk production, body weight, body condition score, reproductive performance, and postpartum ovarian function. *Journal of Dairy Science* 91, 4401–13
- Waltner S S., McNamara J P and Hillers J K ., 1993.** Relationship of body condition score to production variables in high producing Holstein dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 76, 3410.
- Wattiaux M.A., 2000a.** Métabolisme des hydrates de carbone chez la vache laitière. *Essentiels Laitiers*. 2000 - 1, p. Chap. 2.
- Wattiaux M.A., 2000b.** Métabolisme protéique chez la vache laitière. *Essentiels laitiers*. 2000 - 2, p. Chap. 2.

## Références bibliographiques

---

- Wattiaux M.A., 2000c.** Métabolisme des lipides de la vache laitière. *Essentiels Laitiers*. 2000 - 3, p. Chap. 2.
- Wolter R., 1997.** Alimentation de la vache laitière. Editions France Agricole.
- Youssef FG., 1989.** Mineral status of grazing ruminants in Trinidad and tobago. In: Paturages et alimentation des ruminants en zone tropicale humide, Xande A, Alexandre G, (Eds.), INRA, Pointe à Pitre (Guadeloupe), 137-144.