

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur
et de la recherche scientifique
Université Chadli Bendjedid
El Tarf



جامعة الشاذلي بن جديد

UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشاذلي بن جديد
الطارف

Faculté des Sciences de la Nature et
de la Vie

Département des sciences
Vétérinaires

كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم العلوم البيطرية



Projet de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Docteur Vétérinaire

**LA RELATION ENTRE L'ETAT CORPOREL ET LA
PRODUCTION LAITIERE CHEZ LES VACHES LAITIERES
DANS L'EST ALGERIEN (2016/2017).**

Soutenu le : 03/07/2017

Présenté Par :

MESSADI CHAHINEZ Née le 03/11/1992
AMIRI SANA Née le 11/06/1993
MESBAH MERIEM IMEN Née le 30/05/1994

Président : Dr. Zeghdoudi .M MCB Université Chadli Bendjedid El Tarf

Examineur : Dr. Hocine .A MAA Université Chadli Bendjedid El Tarf

Promoteur : Dr. Merdaci .L MCB Université Chadli Bendjedid El Tarf

Année universitaire 2016 - 2017

Université Chadli Bendjedid d'El Tarf. BP : 73, El Tarf 36000 Algérie جامعة الشاذلي بن جديد

الطارف ص.ب رقم 73 الطارف 36000-الجزائر

الهاتف : +213 38 60 18 93 :+213 38 60 14 17 Fax : +213 38 60 09 43

<http://www.univ-eltarf.dz>

Remerciements

Au nom de dieu clément et miséricordieux

C'est avec les plus sincères sentiments accompagnés d'un profond respect et gratitude permanente que nous tenons à exprimer à notre chère encadreur Dr Merdaci Latifa pour son aide précieuse, son entière disposition, sa patience, ses conseils durant toute la période de préparation de ce mémoire.

Nos remerciements les plus vifs et francs vont aussi au jury Dr Zaghoudi Mourad et Dr Hocine Abedrezak pour leur gentillesse et modestie et d'avoir accepté d'évaluer notre travail.

Nous tenons aussi à remercier tous les employés des fermes suivantes : CNIAAG, ITMAS, SIDI MOUMEN qui nous ont beaucoup aidés tout au long de l'élaboration de ce travail.

Aussi de même à toute personne ayant contribué de près ou de loin de peu ou de trop à la concrétisation de ce mémoire.

Merci Beaucoup

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A mes chères parents Nacer et Karima que nulle dédicace ne puisse exprimer mes sincères sentiments, pour leur patience illimitée, leur encouragement continu, leur aide, en témoignage de mon profond amour et respect pour leurs grands sacrifices.

A ma chère sœur Nouha pour son soutien moral, surtout aux moments des examens, pour laquelle j'exprime mes sentiments de fraternité et d'amour.

A tous les membres de ma famille grands et petits : grand mères, tantes, oncles, cousins et cousines pour lesquels j'exprime amour et respect, sans oublier ma nounou Mama Houria et Jedi Issa et leurs enfants surtout Sarah.

Au nom de l'amitié et en souvenir des meilleurs moments passés ensemble, je dédie ce mémoire à ma sœur de cœur Chahinez ; à Meriem, Iness, Halla, Widad, Inen.

A ceux qui m'aiment

§

Ceux que j'aime

Sana

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à :

Mes très chers parents, **Uacer** et **Uadia** que nulle dédicace ne puisse exprimer mes sincères sentiments, pour leur patience illimitée, leur encouragement contenu, leur aide, en témoignage de mon profond amour et respect pour leurs grands sacrifices.

Mes chers sœurs **Rayen** et **Meriem** et à mon frère adoré **Zaki**, à qui je dois tout l'amour, pour leur soutien dans les moments difficiles ; avec tous mes vœux de les voir réussir dans leur vies.

A tous les membres de la famille : **grand-mère, tantes, oncles, cousins** et **consines** pour lesquels j'exprime amour et respect.

Ma seconde famille, mes amis : **Boutayna, Uadia, Meriem**, en souvenirs des plus beaux instants qu'on a passé ensemble et en particulier une personne chers à mes yeux : **Sana**.

A tous ceux que j'aime
Chahinez B.

Dédicaces

Dieu merci pour chaque instant qu'il fait et qui nous rend plus forts, plus ambitieux, patients et dévoués à nos causes.

Hommage à mes grands pères qu'Allah leurs accorde le paradis

Au symbole de l'amour, de la tendresse et de toute ma raison de vivre, avare ne serais-je de ne prétendre vouloir t'offrir que cet humble travail qui n'est autre que le produit de ton fruit en guise de remerciement et de gratitude pour tout ce que tu as fait et continue à faire pour moi. Puisses-tu trouver, maman chérie, dans ce travail un maigre tribut qui n'osera jamais prétendre véhiculer tout ce que je ressens à ton égard. Affectueusement, ta fille ...

A l'homme de ma vie , mon exemple éternel ,mon soutien moral et source de joie et de bonheur ,celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, qui éclaire mon chemin et m'illumine de douceur et d'amour , que dieu te garde pour nous Papa

A ma grande sœur et ma deuxième mère :Amina merci pour tous les moments de complicité et de soutien

A la prunelle de mes yeux ma petite sœur Camélia la bougie de la maison

A mes chères grand mères que dieu leurs accorde une longue vie Inchaallah

A tous les membres de ma famille : tantes , oncles , cousins et cousines et sans oublier ma petite Razan .A ceux que j'aime beaucoup, qui m'ont toujours soutenus et étaient toujours à mes côtés, mes chers am(e)s en particulier Kaouther . Je termine avec les

personnes avec qui j'ai partagé tout le travail, qui ont supportés mon humeur au moment de stress merci Chahinez et Sana

A tous ceux qui me sont chères...

A tous ceux qui m'aiment ...

A tous ceux que j'aime...

Je dédie ce travail.

Meriem

Résumé

Notre travail vise à étudier l'effet de la dynamique de l'état corporel sur l'évolution des performances de production laitière des vaches laitières de race Holstein et Montbéliard dans des élevages à l'est algérien. Au total 36 vaches laitières ont été suivies sur une période du mois de Novembre au mois de Mai. Les performances de production laitière les plus élevées (quantité produite) ont été observées chez les vaches dotées d'une note d'état corporel (NEC) > 2 au tarissement ou au 1^{er} mois post-partum. L'utilisation modeste des réserves corporelles en début de lactation (NEC de $2,39 \pm 0,31$) vers le 90 jours de post-partum par rapport à ($2,33 \pm 0,39$ au 1^{er} mois post-partum) est la conséquence des besoins faibles pour la production laitière ($13,12 \pm 2,47$ litres par jour au pic) témoignant ainsi des limites imposées par le milieu d'élevage à l'expression des potentialités génétiques.

Mots clés : bovin laitier, performances laitières, réserves corporelles.

Summary

In fact our work's aim is to study the effect of the body's condition dynamism on the evolution of Holstein and Montbeillard milk cow production performances.

On the whole 36 milk cows from the eastern Algeria cattle breeding .have been observed from November to May. The highest milk production performances (produced quantity) have been shown with cows of body condition score (BCS>2 when drying up or during the first month post-partum. the modest use of body reserves in beginning of lactation (BCS is $2,39\pm 0,31$) towards the 90's day of the post –partum in comparison with ($2,33\pm 0,39$ in) first month post-partum. Is the consequence of the weak needs for the milk production ($13,12\pm 2,47$ liters a day to top) showing thus, imposed limits, by the breeding environment on the expression of the genetic potentialities.

Keywords: Dairy cattle, milk performance, Body reserves.

ملخص

في الواقع عملنا هذا يهدف الى دراسة نتيجة ديناميكية الحالة الجسمية فيما يخص تطور امكانيات إنتاج الحليب عند أبقار من سلالة هو لشتاين ومونبليارد المربيات في مزارع الشرق الجزائري .

المجموع هو 36 بقرة حلوب كانت تحظى بمتابعة من شهر نوفمبر الى شهر ماي . فالنتيجة كانت ان اعلى نسبة إنتاج الحليب ظهرت عند البقرات التي تحصلت على علامة الحالة الجسمية (ع ح ج) < 2 في مرحلة الراحة او في الشهر الاول بعد الولادة. الاستعمال المتواضع للمخزون الجسمي عند بداية فترة الرضاعة (ع ح ج) $2,39 \pm 0,31$ نحو اليوم 90 بعد الولادة مقابل $(2,33 \pm 0,39)$ في الشهر الاول بعد الولادة. هذا نتيجة لاحتياجات الضعيفة لإنتاج الحليب $(13,12 \pm 2,47)$ لتر في اليوم كأقصى ذروة مبينا هكذا الحدود المفروضة من طرف بيئة المزارع للتعبير على الامكانيات الجينية .

الكلمات الرئيسية: بقرة حلوب، إنتاج الحليب، احتياطات الجسم.

SOMMAIRE

Introduction

Partie Théorique :

I. Importance de l'alimentation chez la vache laitière	1
I.1. Évolution des besoins nutritionnels	1
I.2. Couverture des besoins énergétiques.....	3
I.2.1. Le besoin énergétique au tarissement	4
I.2.1.1. Conséquences du déficit énergétique au tarissement	4
I.2.1.2. Excès énergétique au tarissement.....	4
I.2.2. Début de lactation	5
I.2.2.1. Conséquences du déficit énergétique en début de lactation	7
I.2.3. Évolution de l'ingestion de matière sèche ingérée (MSI).....	9
I.3. Besoins azotés.....	11
I.3.1. Digestion des matières azotées	11
I.3.2. Couverture des besoins azotés.....	12
I.3.3. Déficit azoté.....	14
I.4. Digestion des lipides.....	14
I.4.1. Lipomobilisation lors du <i>peripartum</i>	15
I.4.2. Cétogenèse.....	18
I.5. Apport en minéraux, vitamines et oligo-éléments.....	18
I.5.1. Reproduction et déficit en oligo-éléments et en vitamines.....	19
I.5.2. Reproduction et déficit en macroéléments.....	20
I.6. Particularités des ruminants.....	21
II. Evaluation des réserves énergétiques	22
II.1. Exécution de la notation.....	22
II.1.1. Moments.....	22
II.1.2. Suivi.....	22
II.2. Le poids vif.....	23
II.2.1. Estimation du poids d'une vache.....	23
II.2.2. Relation avec la note d'état.....	23
II.3. Evolution de la note d'état corporel (NEC).....	24
II.3.1. NEC au tarissement.....	24

II.3.2. NEC au vêlage.....	24
II.4. Perte d'état au cours du post-partum.....	25
II.4.1. Appétit des vaches.....	25
II.4.2. Objectifs d'évolution de la NEC après le vêlage.....	26
II.5. Effets de la NEC sur la production laitière.....	26
II.5.1. Niveau de production.....	26
II.5.2. NEC et matières utiles du lait.....	27
II.5.3. Gestion de la production laitière.....	27
II.5.4. Relation NEC et reproduction.....	28
Partie expérimentale :	
III. Matériels et méthodes	31
III.1. Lieux d'étude.....	31
III.1.1. Matériel biologique	33
III.2. Méthodes	33
III.2.1 Note de l'état corporel	33
III.2.2. Production laitière	34
III.2.3. Traitement statistique des données	35
IV. Résultats	36
IV.1. La variabilité de la Note d'état corporel (NEC).	36
IV.2. La production laitière	36
V. Discussion	39

CONCLUSION

LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	page
01	Besoins énergétiques quotidiens d'une vache laitière de 600 kg en fonction de son stade physiologique (d'après INRA, 1988)	05
02	Caractéristiques de la balance énergétique en début de lactation en fonction de la parité source : (De Vries, 1999)	10
03	Besoins azotés quotidiens d'une vache laitière en fonction de son poids et du stade physiologique (d'après INRA, 1988)	13
04	Evolution de la note d'état corporel durant la lactation	36
05	Evolution de la production laitière (litre par jour) au cours d'une lactation (7 premiers mois de gestation)	36
06	La somme de la production laitière selon la note de l'état corporel au 1^{er} mois PP	37
07	La somme de la production laitière selon la note de l'état corporel au 2^{ème} mois PP	37
08	La somme de la production laitière selon la note de l'état corporel au 3^{ème} mois PP	38

LISTE DES FIGURES

N°	Titre	page
01	Evolution des besoins autour du vêlage (Enjalbert, 2003)	02
02	Evolution comparée de l'appétit et des besoins alimentaires autour du vêlage d'après Enjalbert, 2003)	10
03	Vue générale du métabolisme protéique chez la vache laitière (Wattiaux, 2000b)	12
04	Vue générale du métabolisme lipidique chez la vache (Wattiaux, 2000c)	16
05	Evolution 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)	17
06	Situation géographique de CNIAAG	31
07	Situation géographique d'ITMAS	32
08	Situation géographique de la région de Souk Ahras.	32
09	Evolution de la production laitière au cours des sept premiers mois de lactation	37

LISTE DES PHOTOS

N°	Titre	page
01	Race Holstein	33
02	Race Montbéliarde	33
03	Note de l'état corporel vue de derriere	34
04	Note de l'état corporel vue de coté	34
05	personnel lors de la traite	35

Introduction

De nos jours, le lait constitue un des produits primordiaux dans notre consommation quotidienne, il est la principale source de nutriments, entièrement complet, nécessaire pour le développement de l'organisme durant les premiers mois de la vie des jeunes avant qu'ils puissent digérer d'autres types d'aliments

Voilà pourquoi il faut se baser sur la reproduction qui est devenue au cours de ces derniers moments une inquiétude de plus en plus importante en industrie laitière (**BAILLARGEON, 2004**)

L'Algérie est le premier consommateur de lait au Maghreb (**Kacimi El Hassani ,2013**) .il occupe une place très importante dans la portion journalière de chacun afin de combler le manque en protéines d'origine animal (**Senoussi 2008**), cela se traduit par sa variété nutritionnelle et son prix de fait qu'il est soutenu par la subvention de l'état.

La vache est considérée telle une machine de production, mais comme toute machine, elle a besoin d'un bon entretien. La clé d'une bonne production laitière est l'alimentation, il faut aussi prendre en considération d'autres éléments tels que : la race, la conduite d'élevage, le bâtiment d'élevage, maîtrise sanitaire et hygiénique... car toute perturbation dans les paramètres précédents, entraînera une baisse de la reproduction.

Le succès de cette dernière est un enchaînement d'événements .en premiers temps la vache doit être cyclé, ensuite elle exprime les chaleurs, détection des chaleurs, production d'un ovocyte prêt pour la fécondation, insémination au bon moment, l'utérus doit recevoir l'embryon, lui permettre de s'installer et de survivre durant toute la période de la gestation.

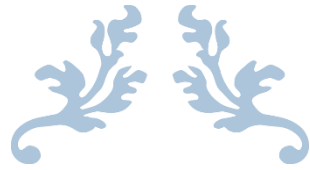
La note de l'état corporel (**NEC**) est un très bon indicateur pour la réalisation d'un suivi d'élevage et pour juger le statut nutritionnel de l'animal en apportant des solutions à certaines imperfections pour l'amélioration des performances chez les bovins.

L'objectif visé par notre étude est d'évaluer en première partie l'importance de l'alimentation chez la vache laitière

Le travail est divisé en deux parties :

*Une étude bibliographique qui est portée sur l'importance de l'alimentation chez la vache laitière l'évolution de la NEC

*Une partie expérimentale concernant l'effet de la NEC sur la production laitière.



PARTIE THEORIQUE





I. Importance de l'alimentation chez la vache laitière

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).

I.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, 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.

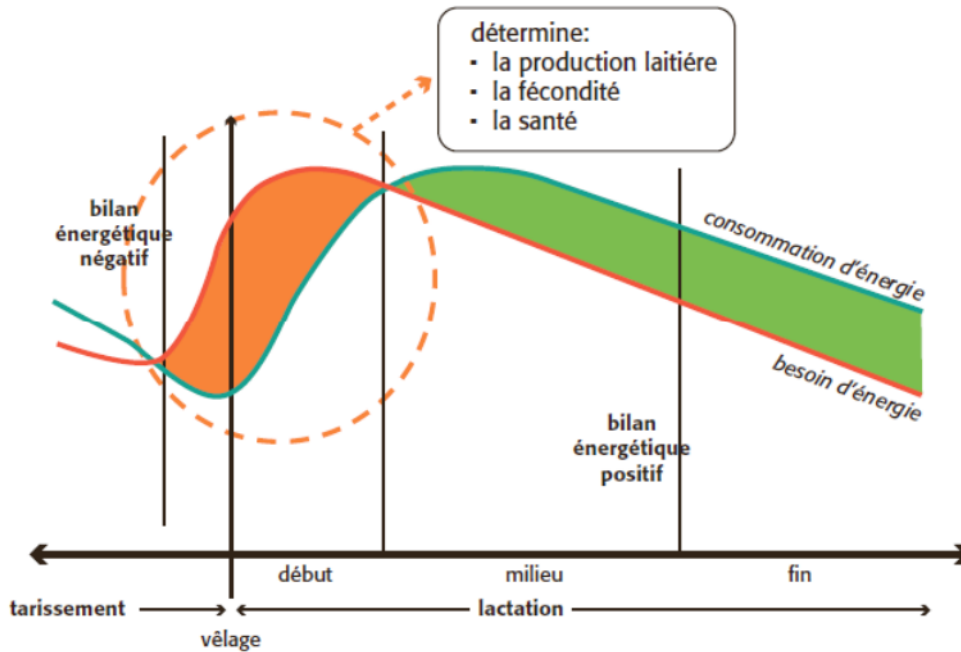


Figure 1 : Evolution des besoins autour du vêlage (Enjalbert, 2003).

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

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 antioxydant 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

2^{ème} 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*

I.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'homéomère



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 liposition.

I.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).

I.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, La sous-alimentation énergétique durant le tarissement entraînerait 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).

I.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.

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 recouvrir. 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	
<p><i>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(%)).</i></p>		

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).

- 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 pré- colostrum. 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 sub clinique, entraîne un écrêtement du pic de production laitière, sans rattrapage complet ultérieur (Gustaffson et al., 1993). Une affection intercurrente (métrite, mammite, 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.

I.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.

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 vêlage – 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. 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 2ème 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).

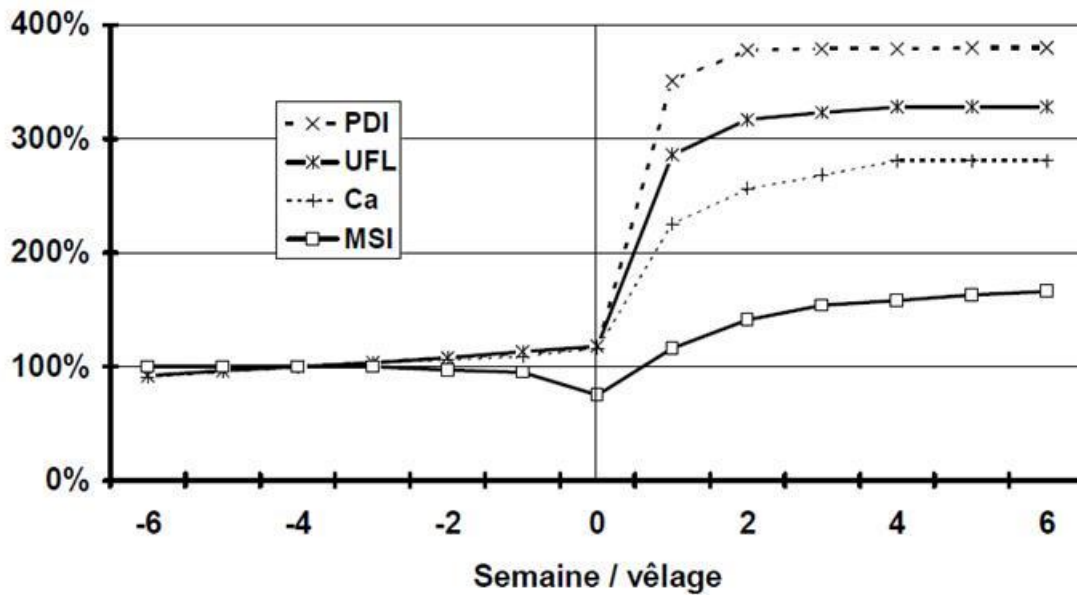


Figure 2: Evolution comparée de l'appétit et des besoins alimentaires autour du vêlage d'après Enjalbert, 2003)

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	Moment ou le bilan énergétique
Primipares	7 ^{ème} semaine	12 ^{ème} semaine	4,8 j	56,2 j
2 ^{ème} lactation	5 ^{ème} semaine	14 ^{ème} semaine	5,4 j	85,3 j
Multipares	6 ^{ème} semaine	16 ^{ème} 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).



I.3. Besoins azotés

I.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**).

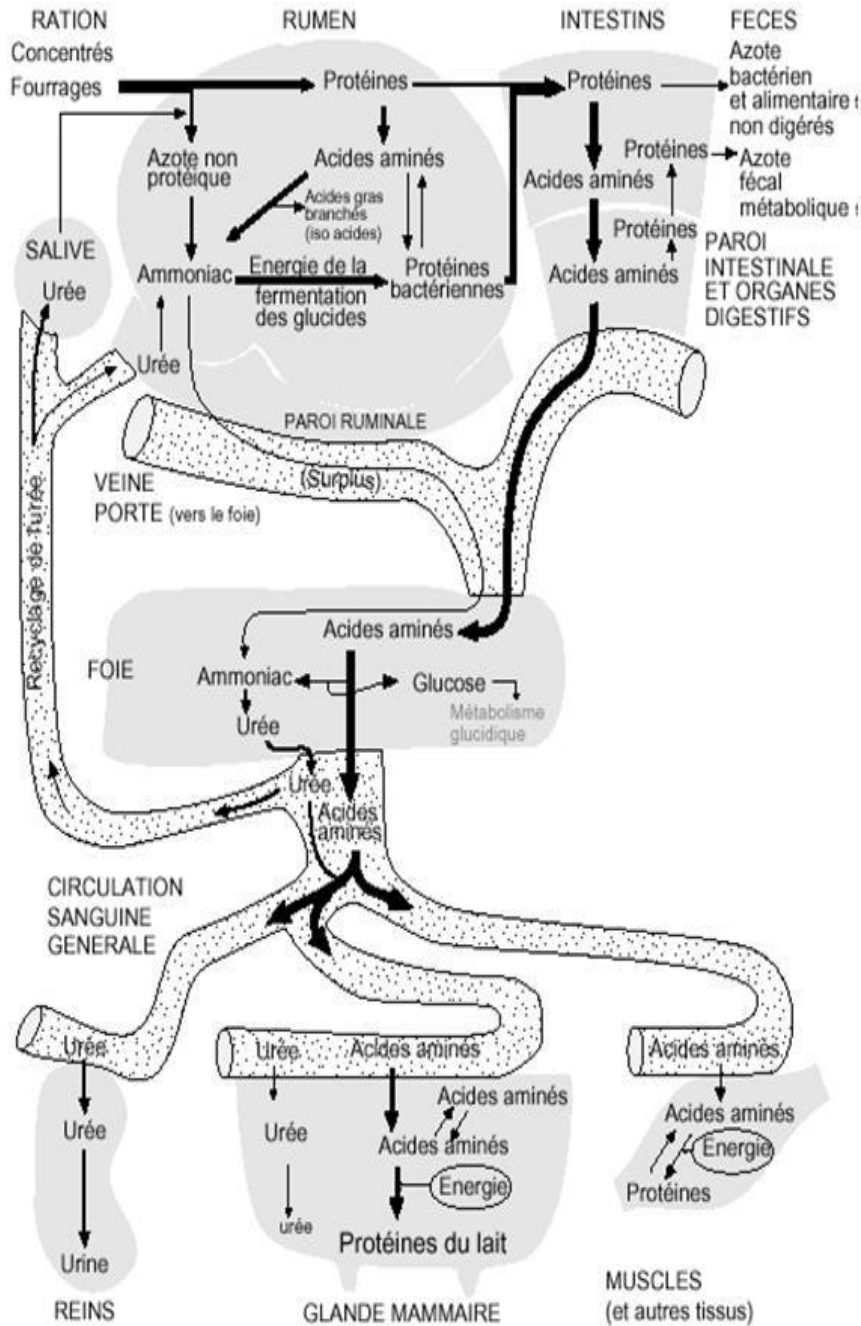


Figure 3: Vue générale du métabolisme protéique chez la vache laitière (Wattiaux,2000b)

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, 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+ (50xPV/2)	7 ^{ème} mois + 75g	48g de PDI
PV en kg	8 ^{ème} mois + 135g	Pour produire 1 kg de lait standard
	9 ^{ème} 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 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 protéine 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).

I.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.

I.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.

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

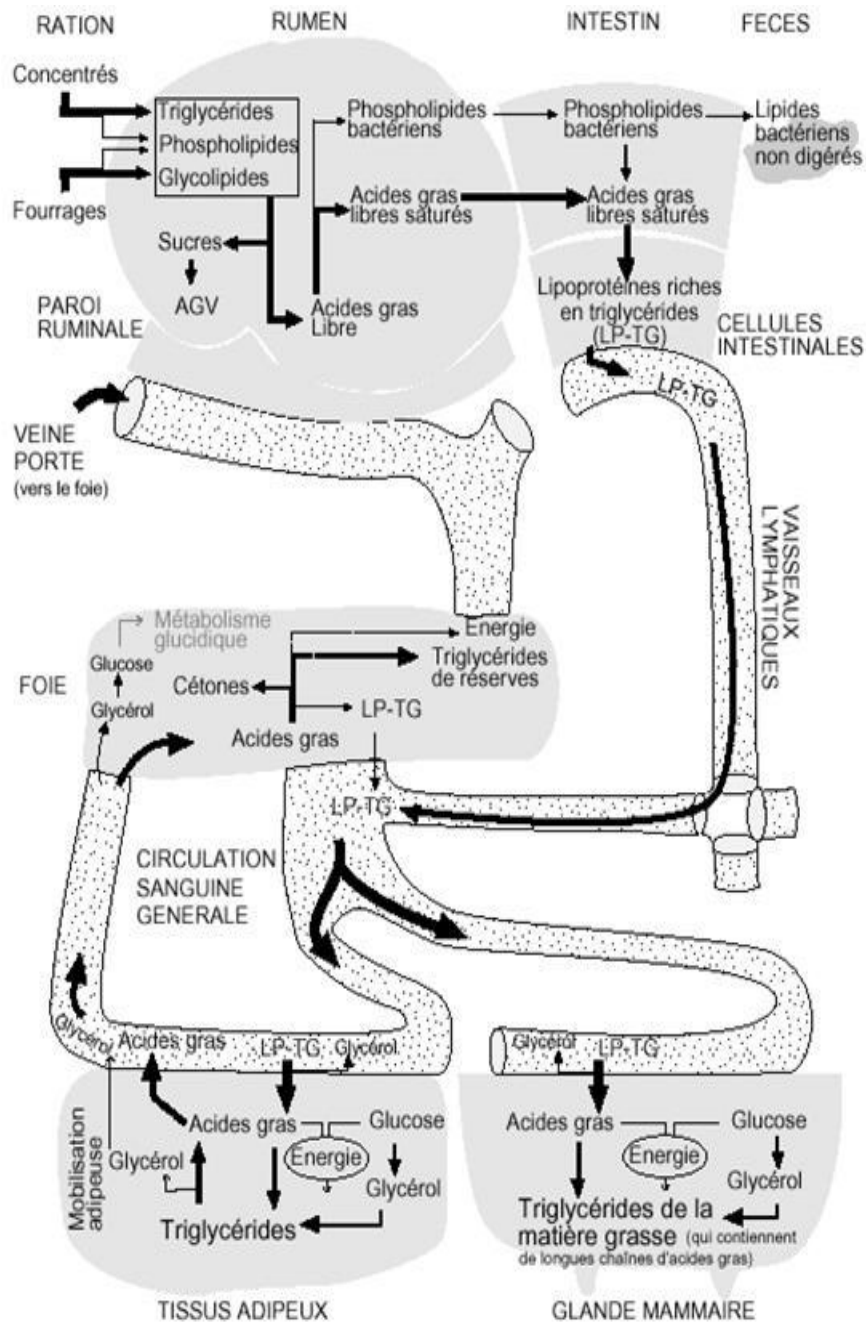


Figure 4: Vue générale du métabolisme lipidique chez la vache (Wattiaux, 2000c).

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 arrivant au tarissement avec une note d'état corporel de 3 à 3,5 sur 5. 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 (**Figure 5, Favardin et al., 2006**).

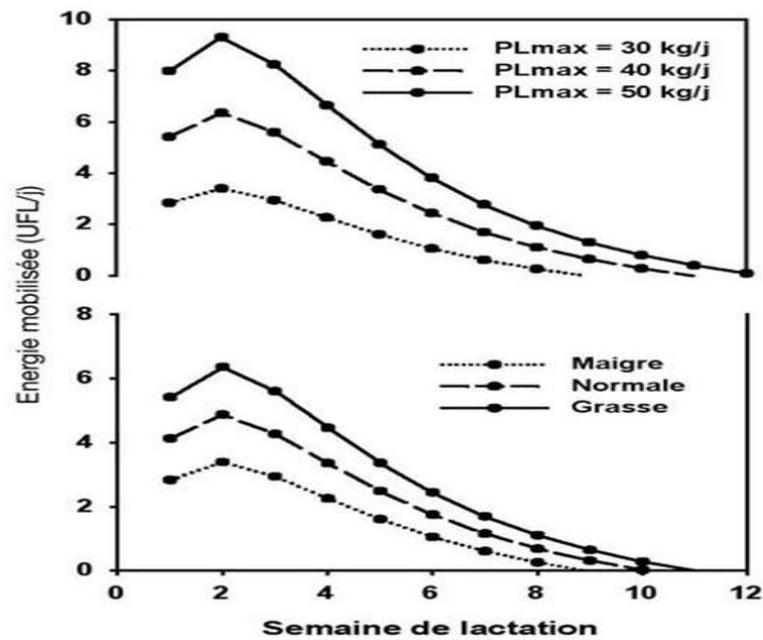


Figure 5 : évolution de la mobilisation potentielle des réserves (en UFL/j) d'une vache multipare en début de lactation en fonction de sa production potentielle au pic de production et de sa note d'état corporelle au vêlage (maigre = 2, normale = 3,25, grasse = 4,5) (Faverdin et al., 2006)

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).



I.4.2. Cétogenèse

Les corps cétoniques sont représentés par trois molécules qui sont l'Acétone (Ac), l'Acéto-acétate (AcAc), le Beta-Hydroxybutyrate (βHB). 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 μmol.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 cétogenèse 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 βHB 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 βHB 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 βHB, et que son augmentation est commencé à la 2^{ème} semaine pour atteindre sa valeur maximale à la 4^{ème} semaine post-partum, pour diminuer ensuite vers le 50^{ème} jour.

Ce taux a montré aussi que les vaches s'exposaient plus à un état de cétogenèse 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).

I.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).



I.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.

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 VIF 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 ou le taux de réussite de l'IA 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.

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

II. Evaluation des réserves énergétiques

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.

II.1. Exécution de la notation

II.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).

II.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).

II.2. Le poids vif

II.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.

II.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).



II.3. Evolution de la note d'état corporel (NEC)

II.3.1. 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).

II.3.2. 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 de 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 évènements (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.

II.4. 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).

II.4.1. 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 3ième 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.

II.4.2. 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 ≥ 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 ≤ 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.

II.5. 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.

II.5.1. 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).

II.5.2. 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).

II.5.3. 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 vêlages, 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 vêlage 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

II.5.4. 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 ± 31 jours après le vêlage et les femelles inséminées 82 ± 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 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 tous des 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.



PARTIE PRATIQUE





III. Matériels et méthodes :

III.1. Lieux d'étude :

L'élevage N °1 : Ferme exploitation C.N.I.A.A.G de Benhamada est le résultat de l'aboutissement d'un projet Algéro-américain au cours de l'année 1987 l'unité reçoit son cheptel de vache de race Holstein en 1991.

Elle est située à proximité du chef-lieu de la commune de Zerizer, daïra de Besbes wilaya de EL-Tarf a 25 km de l'est d'Annaba, elle est délimité par :

- la commune d'Echatt nord
- la commune de Benmhidi à l'est
- la commune de Besbes au sud

Climat : climat subhumide **690mm /50an** et sa température est douce



Figure n°6 : Situation géographique de CNIAG

L'élevage N °2 : Ferme école « ITMAS » située au centre –ville de Guelma juste à côté de la grande poste et le stade communale Ali Abda, cette ferme est la plus ancienne de Guelma contient plus de 30 vaches et 3 bâtiments d'élevage de poules pondeuses et 2 bâtiments d'élevage de poulets de chair et d'un institut d'agriculture avec des classes pédagogiques.

Climat : le climat est subhumide ; la pluviométrie est d'environ 450 à 600 mm/an.



Figure n°7 : Situation géographique d'ITMAS

L'élevage N°3 : ferme privée située au nord de la wilaya de Soug -Ahras dans la localité de Sidi Moumen daïra de Mechrouha, wilaya de Soug –Ahras.

Climat : Un climat tempéré chaud est présent à Mechroha. L'été, à Mechroha, les pluies sont moins importantes qu'elles ne le sont en hiver. Selon la classification de Köppen-Geiger, le climat est de **type Csa**. Elle affiche 14.0 °C de température en moyenne sur toute l'année. Il tombe en moyenne 762 mm de pluie par an.



Figure n°8 : Situation géographique de la région de Souk- Ahras



III.1.1. Matériel biologique :

Notre étude a porté sur 36 vaches laitières appartenant à deux races : Holstein et Montbéliarde, le suivi s'est fait durant la période allant de la mise bas jusqu'au tarissement pour la majorité d'entre elles, et ce de novembre 2016 à mai 2017.



Photo 1 : Race Holstein (Photo personnelle)



Photo 2 : Race Montbéliarde
(Photo personnelle)

III.2. Méthodes :

III.2.1. Note de l'état corporel :

Les trois lots ont été suivis aux principales phases physiologiques : au, du 1^{er} mois de lactation, jusqu'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)

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.



Photo 3 : Note de l'état corporel vue de derriere (personnelle)



Photo 4 : Note de l'état corporel vue de coté (personnelle)

III.2.2. Production laitière :

Les données du contrôle laitier ont été planifiées pour déterminer la production laitière par mois et par vache.

La quantité de production laitière a été prise à l'aide des registres de productions animale de chaque ferme.



Photo 5 : personnel lors de la traite

III.2.3. Traitement statistique des données :

Les données récoltées ainsi que les résultats obtenus ont été traité par le logiciel MINITAB17.



RESULTATS & DISCUSSION





IV. Résultats :

IV.1-La variabilité de la Note d'état corporel (NEC)

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 4. La NEC au tarissement (7^{ème} mois de gestation) est de $2,40 \pm 0,22$. Au 1^{er} mois après vêlage, on assiste à une légère diminution de la NEC avec une moyenne de $2,33 \pm 0,39$. C'est à partir du 2^{ème} mois PP que la NEC commence à se rétablir de façon très progressive jusqu'à arriver à une note $2,46 \pm 0,22$ au 6^{ème} mois PP.

Tableau 4 : Evolution de la note d'état corporel durant la lactation.

Mois	N	Min	Moyenne	Ecart-type	Max	Médiane	Erreur standard	P
Tarissement	5	2	2,40	0,22	2,50	2,5	0,100	0,005
1 ^{er} mois PP	36	1,5	2,33	0,39	3	2,5	0,065	0,009
2eme mois PP	36	1,5	2,37	0,37	3	2,25	0,061	0,016
3eme mois PP	29	1,75	2,39	0,31	3	2,5	0,058	0,043
4eme mois PP	29	1,75	2,37	0,28	2,75	2,5	0,052	0,005
5eme mois PP	18	1,75	2,43	0,26	2,75	2,5	0,063	0,005
6eme mois PP	7	2	2,46	0,22	2,75	2,5	0,085	0,005

IV.2- La production laitière :

L'étude descriptive de la production laitière au cours des sept premiers mois de lactation montre que le niveau de production est de $14,54 \pm 2,21$ litres par jour au pic de lactation (tableau 5). L'analyse de la courbe de lactation qui s'étend dans notre cas jusqu'au 7^{ème} mois PP (Figure 9), permet de constater que le coefficient de persistance, qui est le pourcentage mensuel de diminution de la production, chute de 11% du 4^{ème} au 6^{ème} mois de lactation, sachant que celui-ci ne devrait pas chuter de plus de 10% par mois.

Tableau 5 : Evolution de la production laitière (litre par jour) au cours d'une lactation (7 premiers mois de gestation)

Mois	N	Min	Moyenne	Ecart-type	Max	Médiane	Erreur standard	P
Tarissement	5	8	11,20	2,77	15	12	1,24	0,51
1 ^{er} Mois PP	36	5	13,15	4,19	26	12	0,69	0,045 <0,05
2eme Mois PP	36	11	14,54	2,21	20	14,25	0,37	0,12
3eme Mois PP	29	6	13,12	2,47	18	13	0,45	0,17
4eme Mois PP	26	6	13,07	2,74	18	13,5	0,53	0,27
5eme Mois PP	18	9	12,41	2,16	16	12,75	0,51	0,26
6eme Mois PP	5	9,5	11,70	2,16	15	12	0,97	0,38

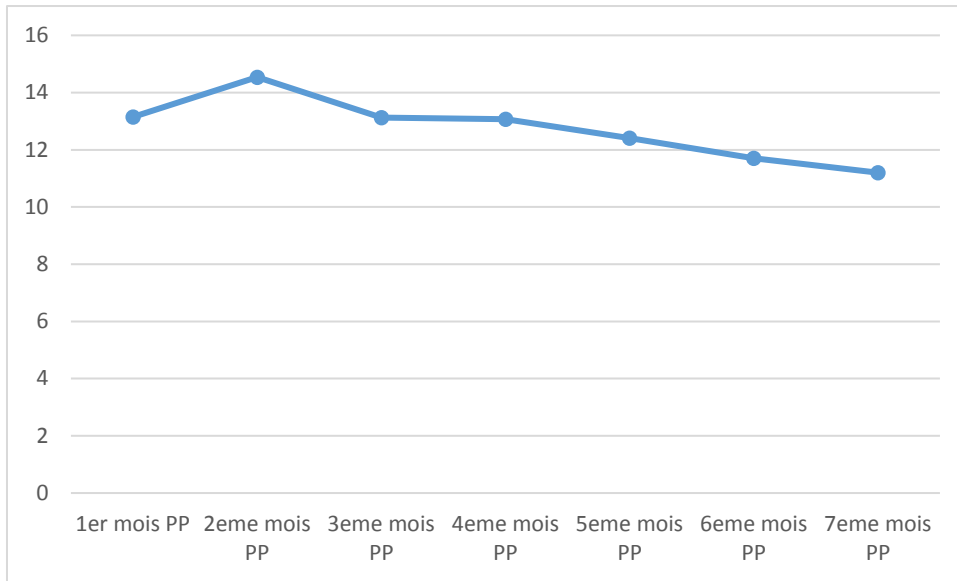


Figure9 : Evolution de la production laitière au cours des sept premiers mois de lactation.

Tableau6 : La somme de la production laitière selon la note de l'état corporel au 1^{er} mois PP.

Note de l'état corporel		Nombre de vaches	La somme de la production laitière
Tarisement	>2	3	29
	≤2	2	27
1 ^{er} mois pp	>2	3	33,5
	≤2	2	34

Tableau7 : La somme de la production laitière selon la note de l'état corporel au 2^{ème} mois PP.

Note de l'état corporel		Nombre de vaches	La somme de la production laitière
Tarisement	>2	3	29
	≥2	2	27
2 ^{ème} mois pp	>2	3	41
	≤2	2	25



Tableau8 : La somme de la production laitière selon la note de l'état corporel au 3^{ème} mois PP.

Note de l'état corporel		Nombre de vaches	La somme de la production laitière
Tarissement	>2	3	29
	≤2	2	27
3^{ème} mois pp	>2	3	37
	≤2	2	34

D'après les tableaux (6, 7,8) les résultats révèlent que les vaches avec une Nec >2 présentent une production laitière supérieure à celle avec $NEC \leq 2$ et ce que se soit au tarissement, au 1^{er} mois pp, 2em mois pp, 3em mois pp.



V. Discussion :

Notre objectif est de mieux comprendre le comportement et le métabolisme de la vache laitière en fin de gestation et en début de lactation, en utilisant comme outil de diagnostic l'évolution de la note d'état corporel.

A partir des principaux résultats trouvés nous proposons des mécanismes vraisemblables pour expliquer sous forme d'un schéma analytique deux phases critiques du péri-partum (tarissement), le début de lactation.

Au tarissement : le métabolisme de la vache n'est que peu sollicité durant cette période. L'état corporel enregistré après le début de tarissement (au 7^{ème} mois de gestation) est en moyenne $2,40 \pm 0,22$ ce qui est inférieur aux normes décrites par la bibliographie (3 à 4 selon Gerloff, 1987 ; Rodenburg, 1996 ; Aubadie-Ladrix, 2005) ce qui prouve que les vaches puisent de leur réserves.

Au début de lactation : la mise bas est accompagné de plusieurs changements métaboliques et endocrines, c'est à ce moment-là que la production laitière augmente jour après jour pour atteindre son pic entre le 2^{ème} et le 3^{ème} mois post-partum.

Cette augmentation est accompagnée d'une élévation des besoins de l'animal ou la capacité d'ingestion évolue de façon progressive pour atteindre un bon niveau au 4^{ème} mois post-partum (Enjalbert, 2005). Ce décalage entre la courbe d'ingestion de la matière sèche et la courbe de lactation et des besoins fait que la vache est par conséquent dans une phase de mobilisation de réserves corporelles liée à une alimentation insuffisante (Chilliard et al, 1998). Il y'a donc intérêt à accumuler des réserves pendant le tarissement surtout pour des vaches hautes productrices. Dans notre étude, suite au démarrage de la lactation, l'état corporel des vaches montre une mobilisation progressive et modérée avec un minimum de la note d'état corporel enregistré au 2^{ème} mois post-partum cependant elle reste toujours dans les normes (perte < 1 point selon Gerloff, 1987).

A partir du 2^{ème} mois post-partum, l'état des réserves commence à se rétablir mais de façon assez progressive jusqu'à l'arriver à une note de $2,40 \pm 0,22$.

En fin de lactation, se rapprochant ainsi des valeurs trouvés par Laouadi (2011) et qui sont $2,79 \pm 0,57$.

Pendant cette période (du 2^{ème} au 7^{ème} mois de lactation) la formation des tissus corporels constitue la priorité ; une période où les nutriments issus de l'ingestion de la matière sèche couvrent plus les besoins de la production laitière, ainsi que les apports alimentaires excédentaires en énergie sont convertis en tissus corporels, c'est-à-dire pour la constitution des réserves graisseuses, chez les vaches faibles pourrait être expliqué par la faible adaptation des vaches laitières à leur nouvel environnement.

Ce dernier englobe plusieurs facteurs à savoir la saison, la conduite de l'élevage et l'alimentation.

En revanche, la note de l'état corporel peut être considérée comme un outil de diagnostic fiable car elle a une influence significative sur la production laitière au pic de lactation.



CONCLUSION



CONCLUSION

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 la 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.

A l'issue de nos résultats, nous pouvons conclure que le niveau de production laitière est un paramètre très important pour juger le comportement de l'animal. Le niveau de production dans notre étude s'avère assez modeste pour les vaches de race Prim'Holstein et Montbéliarde, et ne permet pas de montrer un effet significative de la note d'état corporel sur la production laitière aux 2^{ème} et 3^{ème} mois de lactation.

Ce travail a permis d'améliorer les connaissances sur la période du péri-partum, mais il nécessite qu'il soit confirmé sur des effectifs plus importants et en mesurant d'autres variables (reproduction) et d'autres paramètres qui méritent des investigations plus poussées dans des travaux ultérieurs.

REFERENCES 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 *Renc. 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.

Bell A.W., 1995. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late

Benaich S., Guerouali A., Belahsen R., Mokhtar N., Aguentaou 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).

Bobe 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

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., Augeard 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., Schraeffler 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.

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., Augéard 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.

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.

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/12 Digestion_microbienne_chez_les_ruminants2012.pdf](http://physiologie.envt.fr/spip/IMG/pdf/12_Digestion_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

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

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.

Herdt T.H. ,1988. Fatty liver in dairy cows. *Veterinary Clinics of North America : Food Animal Practice*. 1988, Vol. 4, 2, pp. 269-287.

Herdt T.H., 1988. Fuel homeostasis in the ruminant. *Veterinary Clinics of North America : Food Animal Practice*. 1988, Vol. 4, 2, pp. 213-232.

Herdt 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.
- Ingvarstsen 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.
- 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 JM. , 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.
- Laouadi M ,Tennah S ,Bouzerd S. Madani T,2011.** Relation entre l'état corporel et la production laitière dans un élevage bovin au nord Algérien .*Européen zonnal of scientific research* pp.570-581.
- 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
- 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.** Tarissement 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
- Miroud K., Hadeff 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., Hadeff 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 parturient 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.

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., Reynolds 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.

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.

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.

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.