



Institut des Sciences  
Vétérinaires- Blida

Université Saad  
Dahlab-Blida 1-



Projet de fin d'études en vue de l'obtention du  
**Diplôme de Docteur Vétérinaire**

**Etude bibliographique sur la relation de la note d'état corporel et la reproduction de la  
vache laitière**

Présenté par  
**HAMIDI BOUDJELTHIA YASSINE  
DEBARA ABDERRAHMEN**

Soutenu le 27/06/2017

**Devant le jury :**

<b>Président(e) :</b>	Mr SALHI O.	MAA	ISV-Blida
<b>Examineur :</b>	Mr KAABOUB E.	MAA	ISV-Blida
<b>Promoteur :</b>	Mrs MEFTI KORTEBY H.	MCB	USD-Blida

**Année :2016 /2017**

# Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

La première personne que nous tenons à adresser nos profonds remerciements et nos profondes reconnaissances à *Madame Hakima Kortoby Mefi* pour l'orientation, la confiance, la patience qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port. Qu'elle trouve dans ce travail un hommage vivant à sa haute personnalité.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail Et de l'enrichir par leurs propositions.

Nous souhaitant adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

# Résumé

Ce travail de mémoire se propose de réaliser une étude bibliographique sur la reproduction de la vache laitière, la note d'état corporel et les paramètres de réussite. L'objectif est d'étudier la physiologie de la reproduction chez les vaches laitières par une recherche détaillée sur le contrôle hormonal gonado-hypothalamo-hypophysaire.

Une étude est établie sur le métabolisme affectant la fertilité du *post partum* par analyse de la balance énergétique, azotée, minérale et vitaminique conditionnant la réussite de la reproduction

Une étude exhaustive sur la note d'état corporel est établie, ainsi qu'une prospection détaillée sur les facteurs l'affectant. Cette étude servira comme un tableau de bord aux praticiens afin d'atteindre les objectifs normatifs de la reproduction soit « un veau/ vache/ an ».

Mots clés : - Reproduction - Vache laitière - Note d'état corporel - Métabolisme

# Abstract

This work of memory is proposing to carry out a bibliographic study on the reproduction of the dairy cow, the note of body condition and the parameters of success. The objective is to study the physiology of reproduction in dairy cows by a detailed research on the hormonal control gonadosomatic-hypothalamic-pituitary.

A study is established on the metabolism affecting post-partum fertility by analysis of the energy, nitrogen, mineral and vitamin balance conditioning the success of the reproduction.

A comprehensive study of the body condition note is established, as well as a detailed survey of the factors affecting it. This study will serve as a dashboard for practitioners to achieve the normative objectives of reproduction as "a calf/cow/year".

Keywords:Reproduction-milk cow-body condition Note-metabolism

# ملخص

هذا العمل الذي يتقو مبهذا ذكره يقتتر حاجر اءدر اسءبليو غرافية يشاناستنساخالبقرة، وملاحظهحالهالجسم، ومعايير النجاح. والهدفمنذلكهو در اسءفسيو لوجيا التكاثر فيالأبقار منخلالاجراء بحثمفصلعناالسيطرةالهرمونية-الغدة-الدرقية-النخامية. وقدأعدتدر اسءعناالأيضالذييؤثر عليالخصوبةبعءالولادةمنخلاللتحليلالطاقةو النيتروجينو المعادنوتواز نالفيتامينتتكييفنجانالتكاثر. قءوضعتدر اسءشاملهلمذكورةحالهالجسم، وكذلكدر اسءاستقصائيةمفصلهلعواملالتيتؤثر عليه. سنكونهذالهالدر اسءبمثابهلو همعلوماتللممار سينتتحقيقالأهدافالمعياريةللاستنساخبوصفها "عجل/بقره/سنة الكلماتالرئيسية:--الاستنساخ--حليبالبقر--ملاحظهحالهالجسم - الأيض.

# Tables des matières

Remerciement

Résumé

Tables des matières

Listes des tableaux

Listes des figures

Liste des abréviations

Introduction.....01

## I. Physiologie de la reproduction chez la vache laitière

1. Cycle œstrale de la vache.....02

1.1. Physiologie de l'activité ovarienne cyclique chez la vache laitière.....02

1.1.1. Ovogenèse .....02

1.1.2. Folliculogenèse .....03

1.1.3. Phase lutéale.....06

1.2. Régulation hormonale du cycle sexuel chez la vache .....06

1.2.1. Aperçu du contrôle hormonal du cycle .....06

1.2.2. Régulation de la sécrétion de la GnRH.....08

a. Facteurs internes.....08

b. Facteurs externes.....09

1.2.3. Régulation de la croissance folliculaire.....09

a. Croissance folliculaire pré-antrale.....10

b. Recrutement.....10

c. Sélection.....11

d. Dominance.....11

2. Physiologie reproductrice Post-partum de la vache laitière .....12

2.1. Péri-partum et postpartum immédiat .....12

2.2. Reprise d'activité sexuelle après le vêlage .....13

# Tables des matières

2.2.1. Rétablissement de l'activité des gonadotrophines postpartum .....	13
2.2.2. Reprise du développement folliculaire postpartum .....	13
3. Bilan de reproduction .....	14
3.1. Les facteurs individuels .....	15
3.1.1. L'âge .....	15
3.1.2. Génétique.....	16
3.1.3. La production laitière .....	16
3.2. Facteurs collectifs .....	17
3.2.1. Détection des chaleurs .....	17
3.2.2. Conduite d'insémination post-partum .....	19
3.2.3. Insémination .....	20
a. Technique de l'insémination .....	20
b. Moment de l'insémination .....	21
3.2.4. Diagnostic de gestation .....	21
a. diagnostic de gestation par la progestérone .....	22
b. diagnostic de gestation par échographie .....	22
c. diagnostic de gestation par palpation rectale .....	22
3.2.5. Nutrition.....	22
a. Alimentation énergétique .....	22
b. Alimentation en matière sèche .....	23
c. Alimentation protéiques .....	24
3.2.6. Tarrisement .....	25
3.2.7. Réforme des animaux .....	26
3.2.8. Gestion de la reproduction .....	27
3.2.9. Les paramètres d'évaluation de la reproduction .....	29

# Tables des matières

a. Les paramètres de fécondité.....	30
a.1 L'âge au premier vêlage (AV1) .....	30
a.2 L'intervalle vêlage - première saillie (IVS1) .....	31
a.3 L'intervalle vêlage - saillie fécondante (IVSF) .....	32
3.2.10. Les Paramètres de fertilité .....	35
a. Le nombre de saillies par gestation .....	35
b. Le taux de réussite en première saillie (TR1) .....	36
II. Relation entre métabolisme et fertilité du post-partum	
1. Mécanismes d'action du déficit énergétique sur la fertilité .....	38
1.1. Statut hormonal et métabolique postpartum de la vache laitière .....	38
1.1.1. Action centrale .....	40
1.1.2. Action sur l'activité ovarienne .....	41
1.1.3. Autres effets .....	43
1.2. Impact de l'alimentation azotée sur la fertilité .....	44
1.2.1. Carences azotées .....	44
a. Excès azotés .....	44
1.2.2. Influence de l'alimentation minérale et vitaminique .....	45
a. Minéraux majeurs .....	46
a.1. Rôle du calcium .....	46
a.2. Rôle du phosphore .....	46
a.3. Rôle du magnésium .....	46
a.4. Oligo-éléments et vitamines .....	46
a.4.1. Influence sur les maladies génitales du postpartum .....	46
a.4.2. Rôles dans la reprise de la cyclicité ovarienne .....	46
III. Note d'état corporel	



# Tables des matières

1. Principe et échelles de notation.....	48
1.1. Période de notation des femelles.....	48
1.1.1. Chez la génisse.....	48
1.1.2. Pour les vaches laitières .....	49
1.2. Multiplicités des systèmes de notation.....	49
1.2.1. Echelle de notation de 1 à 5 .....	50
1.2.2. Echelle de notation de 1 à 9 .....	53
1.2.3. Graduation de l'échelle.....	54
1.3. Intérêt de la notation de l'état corporel chez la vache laitière .....	54
1.4. Hiérarchie des fonctions physiologiques .....	54
1.5. Représentativité du statut énergétique de l'animal.....	55
1.5.1. Méthodes d'estimation des réserves d'énergie basées sur les profils métaboliques...56	
1.5.2. Méthodes d'estimation des réserves d'énergie basées sur le corps .....	56
a. Mesure du pli cutané .....	56
b. Mesure de la couche du lard dorsal par les ultrasons .....	57
c. Poids vif.....	58
1.5.3. Fiabilité de la méthode .....	59
1.5.4. Autres intérêts zootechniques .....	59
1.5.5. Facteurs de variation de l'état corporel .....	60
a. État physiologique.....	60
b. Ordre de parité.....	61

# Tables des matières

c. Age.....	62
d. Race.....	62
e. Influence du stade du stade « post-partum ».....	62
f. Influence du niveau de lactation.....	63
g. Influence de l'état d'engraissement au moment du part .....	65
h. Saison de vêlage et conduite .....	65

Conclusion

Références bibliographique

# Listes des tableaux

Tableau 1: Objectifs de la précision de détection des chaleurs [KLINGBORG, 1987].....	19
Tableau 2: Liste d'indices de reproduction et leur valeur optimale sous condition normale d'élevage en zone tempérée [GILBERT et al., 2005].....	30
Tableau 3: Objectifs classiques avec taux de réforme limité [SEEGERS et al., 1996].....	30
Tableau 4 : Description des scores de l'état corporel [WHITTIER et al., 1993].....	53

# Listes des figures

Figure 1: Diagramme ovarien représentant les étapes du développement folliculaire vers l'ovulation et le corps jaune ou l'atrésie [d'après PETERS et al., 1995].....	3
Figure 2 : Chronologie du développement folliculaire [d'après FIENI et al., 1995].....	4
Figure 3: Vagues de croissance folliculaire et variations hormonales au cours du cycle Œstral de la vache [d'après FIENI et al.,1995].....	6
Figure 4 : Interactions entre hypothalamus, hypophyse, ovaire et utérus au cours du cycle œstral [d'après MEREDITH, 1995].....	7
Figure 5 : Profils schématiques des concentrations hormonales plasmatiques au cours du cycle œstral progestérone ; œstradiol ; PG, prostaglandines [d'après PETERS et al., 1995].....	8
Figure 6: Rôles relatifs des gonadotrophines et des facteurs de croissance au cours du développement folliculaire [d'après WEBB,1999].....	10
Figure 7: Reprise du développement folliculaire chez la vache laitière postpartum [ENNUYER, 2000].....	14
Figure 8 : Les composantes de l'intervalle vêlage-conception [EDDY, 1980].....	35
Figure 9 : Relation entre l'urémie et le TRIA1 [d'après FERGUSON, 1991].....	45
Figure 10 : Note 1.....	50
Figure 11 : Note 2.....	51
Figure 12 : Note 3.....	52
Figure 13 : Note 4.....	52
Figure 14 : Note 5.....	55
Figure 16 : Image ultrasonique illustrant l'épaisseur du lard dorsal chez une vache [SCHRÖDER Et al., 2006].....	57-58
Figure 17 : Emplacement du site d'examen [SCHRÖDER et al., 2006].....	58
Figure 18: Les changements relatifs de la production laitière, la prise alimentaire et la note d'état d'embonpoint au cours de la lactation [VAN DER MERWE B.J. et al., 2005].....	61
Figure 19 : Evolution de l'état corporel moyen au cours du postpartum chez les vaches laitières [DRAME et al., 1999].....	63
Figure 20 : Fréquence des vaches maigres et des vaches grasses au cours du postpartum [DRAME et al., 1999].....	64

# Listes des figures

Figure 21 : Perte d'état corporel au cours des 60 premiers jours de lactation chez les vaches maigres, normales et grasses au vêlage [DRAME et al., 1999].....	65
--	----

# Liste des abréviations

1. bFGF : Basic Fibroblast Growth Factor.
2. BMP : Bone Morphogenetic Proteins.
3. EGF : Epidermal Growth Factor.
4. FSH : Hormone folliculo-stimulante.
5. GnRH : Hormone de libération des gonadotrophines hypophysaires.
6. GH : Hormone de croissance.
7. IGF : Insulin-like Growth Factors.
8. IGFBP : Insulin-like Growth Factor Binding Proteins.
9. INV : Intervalle naissance-vêlage.
10. IVS1: Intervalle vêlage-première saillie.
11. IVSF : Intervalle vêlage-saillie fécondante.
12. LH : Hormone lutéinisante.
13. NEC : Note d'état corporel.
14. PGF2 $\alpha$  : Prostaglandine.
15. TGF  $\beta$  : Transforming Growth Factors  $\beta$ .
16. TR1 : Taux de réussite en première saillie.

# Introduction

La reproduction permet la pérennité des espèces animales. La maîtrise de la connaissance de la physiologie est nécessaire pour assurer une productivité numérique normative. En effet sa répercussion pratique est d'atteindre l'objectif « un veau/vache/an » **(SOLTNER,2000)**.

Cependant plusieurs facteurs peuvent affectés la reproduction des vaches laitières, ces facteurs sont nombreux et parfois complexes. Pour simplifier la gestion de la reproduction et atteindre l'objectif, les chercheurs ont proposé des grilles simples et pratiques, permettant d'attribuer une note d'état corporel aux vaches. La note d'état corporel décrit le mieux les managements grassex qui préparent la femelle à affronter des périodes difficiles, au cours du pic de lactation tout en la préparant à la reproduction. La femelle sera dans l'obligation d'utiliser ses réserves stockées durant le tarissement.

Cette notion a été introduite depuis quelques décennies, elle est devenue un moyen efficace de gestion de l'alimentation des vaches laitières, pendant les différentes périodes critiques de leur cycle de production. Les notes qui divergent d'un intervalle admis ne sont pas souhaitées aussi bien en infra ou en supra.

La note attribuée aux vaches n'est pas stable mais plutôt dynamique au cours de sa vie reproductrice. L'objectif des scores de l'état d'embonpoint doit être compris entre 2,5 et 4,0 à la période de tarissement ou diminuant de -1 point en mise à la reproduction **(MARKUSFELD et EZRA, 1993)**.

Notre travail se scinde en trois parties :

- Première partie qui traite la physiologie de reproduction de la vache laitière.
- Deuxième partie qui traite la relation entre métabolisme et la fertilité au *postpartum*.
- Troisième partie qui fait le lien entre les deux premières par une étude exhaustive sur la note d'état corporel.

La maîtrise de la reproduction est étroitement liée aux connaissances de la physiologie et à la bonne conduite d'élevage.

## **I. LE CYCLE OESTRAL DE LA VACHE**

La vache est une espèce polyoestrienne de type continu avec une durée moyenne de cycle de 21/22 jours chez la femelle multipare et de 20 jours chez la génisse. L'activité sexuelle débute à la puberté, quand l'animal a atteint 50 à 60 % de son poids adulte, puis elle est marquée par cette activité cyclique, caractérisée par l'apparition périodique de l'œstrus. La presque totalité des génisses laitières sont cyclées à 15 mois (**MIALOT et al., 2001**).

L'œstrus ou chaleur est la période d'acceptation du mâle et de la saillie. C'est la période de maturité folliculaire au niveau de l'ovaire, suivie de l'ovulation. Cet œstrus dure de 6 à 30 heures, et se caractérise par des manifestations extérieures : excitation, inquiétude, beuglements, recherche de chevauchement de ses compagnes, acceptation passive du chevauchement et écoulement de mucus. L'ovulation a lieu 6 à 14 h après la fin de l'œstrus et est suivie par la formation du corps jaune et l'installation d'un état pré gravidique de l'utérus, correspondant à la période d'installation de la fonction lutéale (**DERIVAUX et al., 1986**).

### **1.1. Physiologie de l'activité ovarienne cyclique chez la vache**

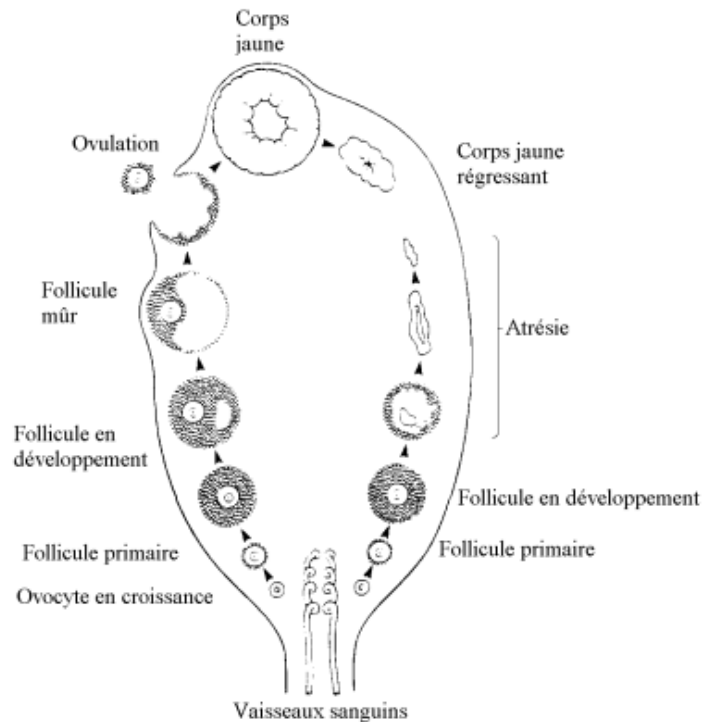
#### **1.1.1. Ovogenèse**

L'ovogenèse, débutée lors du développement embryonnaire, s'est arrêtée à la prophase méiotique, laissant les ovocytes I entourés de cellules folliculeuses. Le nombre de ces follicules primordiaux, 235 000 à la naissance chez la vache (**MIALOT et al., 2001**), diminuera avec l'âge par dégénérescence. Au cours de la succession des cycles, certains ovocytes iront jusqu'à la maturation et la ponte ovulaire, tandis que la majorité dégénèrera dans les follicules atrésiques. Seulement quelques centaines d'ovocytes primordiaux achèveront ainsi la première division de la méiose pour évoluer en ovocyte II avec émission du premier globule polaire, suivie de la seconde division méiotique. C'est au stade métaphase de cette division qu'a lieu l'ovulation, et la maturation finale se déroulera lors de la fécondation, avec émission du second globule polaire.



### 1.1.2. Folliculogénèse

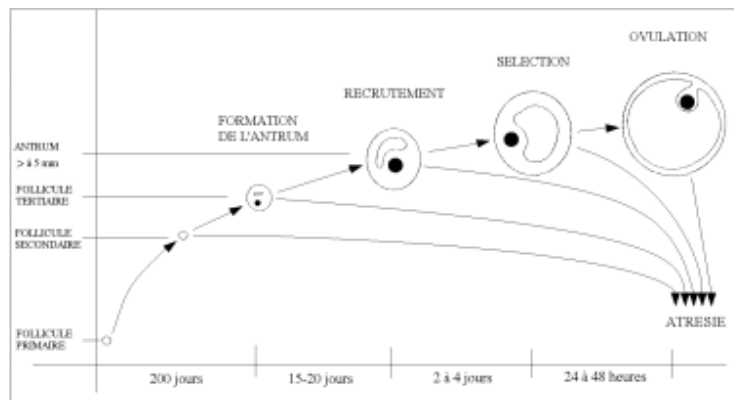
Une coupe d’ovaire de vache adulte permet de visualiser les follicules ovariens, présents depuis leur stade initial, ou follicule primordial, jusqu’au stade de follicule mûr ou dominant, libérant l’ovocyte.



**Figure 1 : Diagramme ovarien représentant les étapes du développement folliculaire vers l'ovulation et le corps jaune ou l'atrésie (PETERS et *al.*, 1995).**

La folliculogénèse est un phénomène continu, succession des différentes étapes du développement du follicule, structure endocrine temporaire, depuis le moment où il sort de la réserve constituée lors du développement embryonnaire, jusqu'à sa rupture au moment de l'ovulation. A partir de la puberté, chaque jour, environ 80 follicules primordiaux (diamètre 30  $\mu\text{m}$ ) débutent leur croissance par multiplication des cellules folliculaires et développement de l'ovocyte (FIENI et *al.*, 1995 ; MIALOT et *al.*, 2001). Cette croissance aboutit successivement aux stades de follicule primaire, secondaire puis tertiaire, à partir duquel commence la différenciation de l'antrum. Au cours de cette croissance, les

follicules acquièrent également des récepteurs les rendant potentiellement capables de répondre à une stimulation gonadotrope : récepteurs à LH (Luteinizing Hormone) pour les cellules de la thèque interne et récepteurs à FSH (Follicule Stimulating Hormone) pour les cellules de la granulosa (ENNUYER, 2000) .

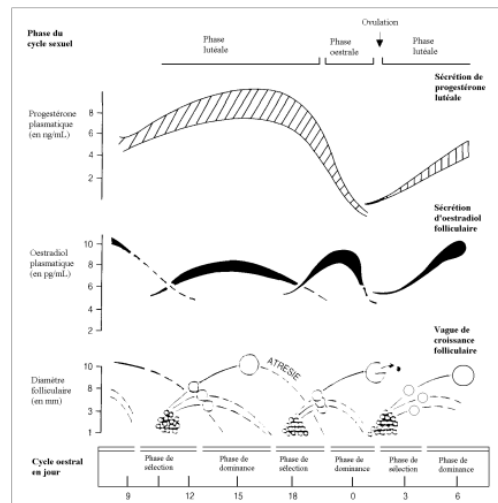


**Figure 2 : Chronologie du développement folliculaire ( FIENI et al., 1995).**

La maturation qui s'ensuit, et qui ne concerne que quelques centaines de follicules pour toute la période de la vie génitale, est communément décrite par les concepts de recrutement, sélection et dominance. Elle est sous l'influence des gonadotrophines puis de l'émergence d'un ou de plusieurs follicules ovulatoires. Le recrutement est l'entrée en croissance terminale d'un groupe de follicules gonadodépendants. La sélection est l'émergence parmi les follicules recrutés du follicule ovulatoire. La taille folliculaire au moment de la sélection correspond globalement à la taille où apparaissent les récepteurs à LH sur la granulosa (massif de cellules folliculaires). Enfin, la dominance correspond à l'amorce de la régression des autres follicules recrutés et au blocage de recrutement d'autres follicules. Avant la phase de recrutement, le développement folliculaire est très lent puisque le stade précavitaire n'est atteint qu'après 200 jours (ENNUYER, 2000 ; FIENI et al., 1995b). Au cours de cette période, l'ovocyte passe de 20 à 120  $\mu\text{m}$  et s'entoure de la membrane pellucide. Les follicules dont la taille est supérieure à 5 mm sont recrutables, c'est-à-dire qu'ils sont sensibles aux gonadotrophines. Après recrutement, la croissance folliculaire est extrêmement rapide (environ 1,5 mm/jour), essentiellement par gonflement de l'antrum. Le moment de la sélection est difficile à déterminer chez la vache en raison de l'existence de vagues folliculaires qui entraînent la juxtaposition de phénomènes de régression et de

recrutement. Chaque vague de croissance dure chez la vache une dizaine de jours (2 vagues par cycles) ou environ 6 jours (3 vagues par cycle).

Plus précisément, les vagues débutent à J2, J8 et J14 pour des cycles à 3 vagues (J0 correspondant à l'ovulation): c'est le cas le plus fréquent chez les génisses. Elles apparaissent à J2 et J11 pour des cycles à 2 vagues, essentiellement chez les vaches adultes (**ENNUYER, 2000**). En pratique courante, il est donc impossible, étant donné l'existence de 2 types possibles de cycle, de savoir a priori à quel stade de la vague se trouve la femelle, même en connaissant la date des chaleurs précédentes. Cette précision pourrait pourtant permettre de mieux adapter certains protocoles thérapeutiques, il serait notamment intéressant de déterminer la part de la génétique dans le nombre de vagues par cycle d'un animal (**CHASTANT-MAILLARD et al., 2005**). Pour chacune de ces vagues, qui surviennent au hasard entre les deux ovaires, un follicule grossit beaucoup plus que les autres. C'est ce follicule dominant qui sera susceptible d'ovuler si sa phase de maturité correspond à la lyse du corps jaune du cycle précédent. Ce follicule ovulatoire se caractérise par une taille maximum de 16 à 20 mm (des follicules de 8 à 10 mm peuvent toutefois ovuler), un nombre de cellules de la granulosa maximum ainsi qu'une atresie systématique des follicules de taille immédiatement inférieure. La croissance terminale du follicule pré ovulatoire, qui se déroule pendant la phase folliculaire, est explosive, de l'ordre de 5 à 6 mm par jour (**FIENI et al., 1995**). Ce follicule ovulera si le corps jaune du cycle précédent a régressé. En général, un seul follicule ovule par cycle ; la fréquence des ovulations multiples est de 3 à 6 % chez la vache.



**Figure 3 : Vagues de croissance folliculaire et variations hormonales au cours du cycle Œstral de la vache ( FIENI et *al.*, 1995).**

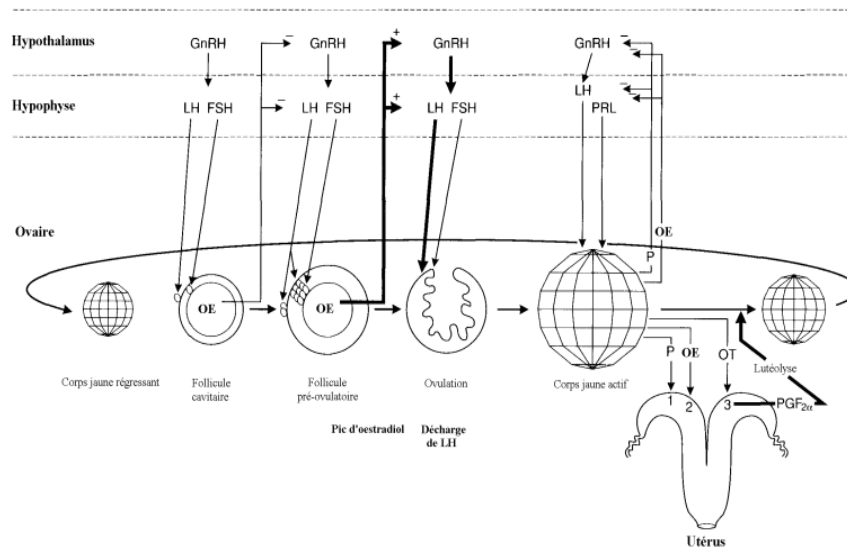
### 1.1.3. Phase lutéale

Immédiatement après l'ovulation débute la phase lutéale, tout follicule rompu étant le siège de remaniements cytologiques et biochimiques qui conduisent à la formation du corps jaune. Cet organite contient des grandes cellules issues de la granulosa et des petites provenant de la thèque interne. En fin de croissance, il atteint un diamètre minimal de 20 mm (MIALOT et *al.*, 2001). Il sécrète essentiellement de la progestérone, mais aussi des œstrogènes, de la relaxine et de l'ocytocine. L'évolution du corps jaune chez la vache se réalise en trois temps : une période de croissance de 4 à 5 jours, au cours de laquelle il est insensible aux prostaglandines ; un temps de maintien d'activité pendant 8 à 10 jours ; enfin, s'il n'y a pas eu de fécondation, une période de lutéolyse, observable macroscopiquement à partir du 17<sup>ème</sup>-18<sup>ème</sup> jour du cycle, aboutissant à la formation d'un reliquat ovarien, le corps blanc (FIENI et *al.*, 1995).

## 1.2. Régulation hormonale du cycle sexuel chez la vache

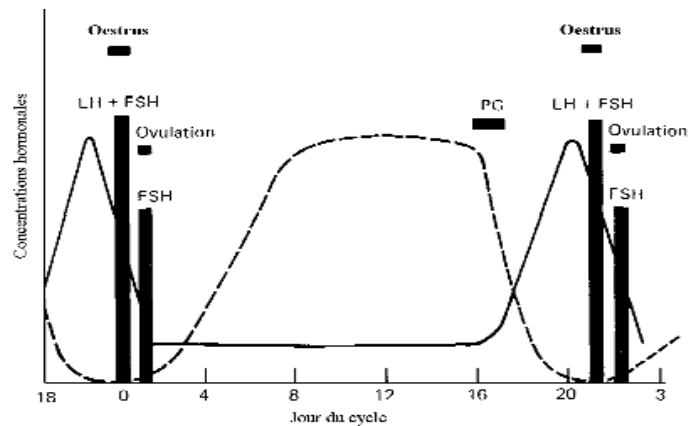
### 1.2.1. Aperçu du contrôle hormonal du cycle

La physiologie du cycle sexuel est complexe et fait intervenir le système nerveux central (axe hypothalamo-hypophysaire) et l'appareil génital (ovaires et utérus). Les interactions entre ces organes au cours d'un cycle sont représentées sur figure 4.



**Figure 4 : Interactions entre hypothalamus, hypophyse, ovaire et utérus au cours du cycle œstral ( MEREDITH, 1995).**

Quand le corps jaune régresse à la fin du cycle (du 15ème au 19ème jour du cycle), le rétrocontrôle négatif exercé par la progestérone, sécrétée au cours de la phase lutéale par le corps jaune, sur l'axe hypothalamo-hypophysaire est levé progressivement. Les gonadotrophines hypophysaires, FSH et LH, stimulent la croissance du follicule dominant, jusqu'au stade pré-ovulatoire, et son activité sécrétoire, libérant des quantités croissantes d'œstradiol. En 2 à 3 jours, la forte augmentation d'œstradiol plasmatique (à l'origine du comportement de chaleurs) entraîne une décharge importante de FSH et de LH, provoquant l'ovulation. Le corps jaune néoformé se développe sous l'influence trophique de la LH et de la prolactine, d'origine hypophysaire. Il sécrète à la fois de la progestérone et de l'œstradiol, à l'origine d'un rétrocontrôle négatif marqué sur l'axe hypothalamo-hypophysaire, ce qui inhibe une éventuelle sécrétion pré-ovulatoire de gonadotrophines tout en permettant l'émergence d'une nouvelle vague folliculaire. La progestérone provoque le stockage de précurseurs d'acides gras dans l'endomètre. Après le 10ème jour du cycle, à partir de ces précurseurs, l'œstradiol induit la synthèse de prostaglandines utérines PGF<sub>2α</sub>, qui seront ensuite libérées par l'action de l'ocytocine lutéale sur ses récepteurs utérins. Leur effet lutéolytique aura pour conséquence d'un point de vue hormonal la diminution progressive de la progestéronémie (MEREDITH, 1995).



**Figure 5 : Profils schématiques des concentrations hormonales plasmatiques au cours du cycle œstral : - - - -, progestérone ; —, œstradiol ; PG, prostaglandines ( PETERS *et al.*, 1995).**

### **1.2.2. Régulation de la sécrétion de la GnRH**

L'initiateur et le régulateur fondamental de la fonction reproductrice est la GnRH (Gonadotrophin Releasing Hormone ou gonadolibérine). Cette hormone est synthétisée et libérée par les neurones de l'hypothalamus, et se lie aux récepteurs spécifiques situés sur les cellules gonadotropes de l'antéhypophyse. Ce qui provoque la synthèse et la libération des gonadotrophines, FSH et LH. La FSH, à son tour, agit spécifiquement sur les petits follicules ovariens pour stimuler leur croissance. Tandis que la LH agit en plus sur le follicule dominant mûr pour provoquer la maturation finale et l'ovulation. La GnRH est sécrétée par l'hypothalamus de façon pulsatile, ces décharges pulsatiles étant responsables de la pulsatilité des sécrétions des gonadotrophines (FIENI *et al.*, 1995). La régulation de la sécrétion de GnRH fait à la fois intervenir des facteurs internes et externes :

#### **a. Facteurs internes**

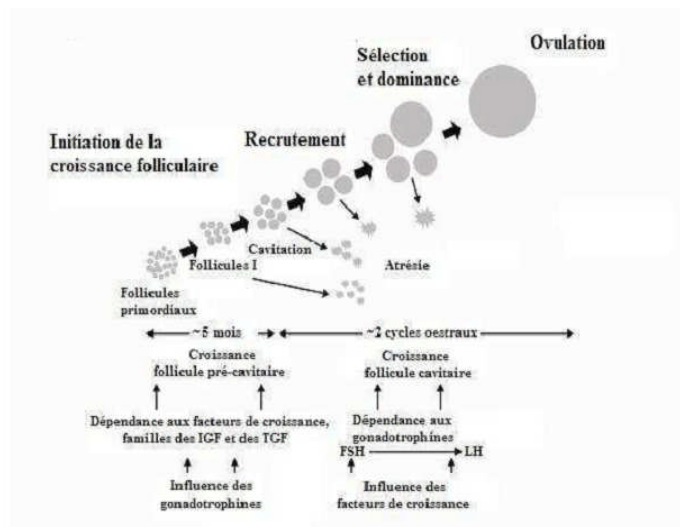
Ce sont principalement les hormones stéroïdes ovariennes, la progestérone et l'œstradiol. La progestérone agit sur les neurones de la GnRH en abaissant la fréquence des décharges de GnRH. Lors de la phase lutéinique, où les concentrations de progestérone sont élevées, l'œstradiol agit en synergie avec la progestérone pour diminuer la sécrétion de GnRH par l'hypothalamus. Au contraire, pendant la phase folliculaire, l'œstradiol sécrété par le follicule pré-ovulatoire exerce une rétroaction positive sur la GnRH, ce qui provoque la prolongation d'une sécrétion élevée responsable des pics pré-ovulatoires de LH et de FSH.

#### **b. Facteurs externes**

Ce sont essentiellement le statut nutritionnel de l'animal, le stimulus d'allaitement chez la vache allaitante, les phéromones du mâle ainsi que la photopériode (corrélation positive démontrée chez la vache entre fertilité et longueur du jour). Le stimulus nerveux de la tétée, voire de la traite, entraîne en début de postpartum une inhibition de la sécrétion de GnRH, le mécanisme faisant éventuellement intervenir la libération de substances opiacées au niveau du système nerveux central. Ceci expliquerait en partie l'état d'anœstrus postpartum chez les vaches allaitantes (FIENI *et al.*, 1995 ; MIALOT *et al.*, 2001).

### 1.2.3. Régulation de la croissance folliculaire

Les stades initiaux de la folliculogénèse se produisent indépendamment des gonadotrophines (WEBB *et al.*, 2003). En revanche, la FSH et la LH deviennent indispensables au développement des follicules dès le début de la maturation, grâce à une action synergique séquentielle mais aussi parfois simultanée. Ces hormones sont animées d'une sécrétion de base « tonique » à caractère pulsatile de faible fréquence mais aussi à intervalles réguliers, puis, 24 heures avant l'ovulation, d'une décharge importante de courte durée, décharge « cyclique » ou ovulatoire, également pulsatile mais de haute fréquence.



**Figure 6 : Rôles relatifs des gonadotrophines et des facteurs de croissance au cours du développement folliculaire (WEBB, 1999).**

#### a. Croissance folliculaire pré-antrale

Ce phénomène continu démarre lors de l'entrée en croissance des follicules primordiaux, à partir de la sortie du stock, jusqu'à la taille de 5 mm. Les gonadotrophines ne sont probablement pas indispensables

dans l'initiation de la croissance folliculaire (**MCNATHY et al., 1999**), bien que les ARNm des récepteurs à FSH et à LH semblent apparaître précocement [BAO et al., 1998]. La régulation de cette première phase, dite non-gonadodépendante, semble être largement assurée par des facteurs locaux, à l'origine d'interactions entre les cellules de la granulosa et l'ovocyte : activines et inhibines, protéines BMP (Bone Morphogenetic Proteins), facteurs de croissance, en particulier IGF (Insulin-like Growth Factors), bFGF (basic Fibroblast Growth Factor), EGF (Epidermal Growth Factor) et TGF  $\beta$  (Transforming Growth Factors  $\beta$ ), (**MCNATTY et al., 1999 ; WEBB et al., 2004**).

### **b. Recrutement**

La formation de l'antrum coïncide avec l'acquisition d'une dépendance du développement folliculaire vis-à-vis des gonadotrophines. Au cours de la maturation folliculaire, les cellules de la granulosa acquièrent des récepteurs spécifiques à la FSH. La sécrétion de la FSH va provoquer à leur niveau deux effets biologiques : d'une part, grâce à l'action conjointe de l'IGF-I, la stimulation de l'aromatation des androgènes, fournis par les cellules de la thèque, en œstrogènes ; d'autre part, l'apparition de récepteurs à LH sur les membranes cellulaires, toujours en relation avec l'IGF-I. Les œstrogènes synthétisés grâce à l'action synergique de la FSH et de la LH stimulent la multiplication des cellules de la granulosa, induisant la croissance du follicule et le développement de la cavité antrale remplie de liquide folliculaire (**ENNUYER, 2000 ; FIENI et al., 1995**). L'IGF-II, produit par les cellules thécales, serait le principal facteur ovarien de croissance folliculaire impliqué dans la régulation de la croissance des follicules cavitaires chez la vache (**WEBB et al., 1999**).

### **c. Sélection**

Lors de la sélection, l'augmentation de la fréquence des pulses de LH stimule la production d'œstradiol et d'inhibine par la granulosa des gros follicules. Œstradiol et inhibine agissent conjointement en réduisant progressivement la sécrétion de la FSH, réduction responsable de la sélection [WEBB et al., 1999]. En effet, la prévention de la chute de FSH par injection de cette hormone à petite dose conduit à une poly-ovulation (**ENNUYER, 2000, FIENI et al., 1995**). Lorsqu'un follicule dominant a acquis suffisamment de récepteurs à LH pour lui permettre de subsister quand le taux de FSH diminue, il sécrète de grandes quantités d'œstrogènes et continue à croître en raison de l'augmentation de sa propre sensibilité à la FSH et à la LH, et par production de facteurs locaux, notamment des IGF. L'action



de l'IGF-I semble régulée par la concentration en ses protéines-ligands, les IGFBP (Insulin-like Growth Factor Binding Proteins) : une diminution de la concentration en IGFBP, entraînant une plus grande biodisponibilité de l'IGF-I, serait déterminante dans le mécanisme d'acquisition de la dominance (AUSTIN *et al.*, 2001 ; MONGET *et al.*, 2002). La sécrétion réduite de FSH ne permet plus en revanche la croissance des follicules non sélectionnés (ENNUYER, 2000).

#### **d. Dominance**

La LH induit la synthèse de progestérone par les cellules de la granulosa. La progestérone a un effet inhibiteur sur la production de 17- $\beta$ -œstradiol : ainsi, sa sécrétion par le follicule dominant maintient les autres follicules dans un état d'immaturité en inhibant l'aromatisation à leur niveau. Les follicules dominants ne seraient pas affectés en raison de concentrations importantes d'œstradiol présentes dans leur liquide folliculaire, tandis que les follicules atrétiques se caractérisent par leur richesse en androgènes.

L'inhibine folliculaire, outre son action inhibitrice sélective sur la FSH, empêcherait également l'aromatisation (FIENI *et al.*, 1995). Lorsqu'un corps jaune est présent, la fréquence d'une décharge de LH toutes les 3 ou 4 heures aboutit à la perte de dominance et à l'atrésie du follicule, donc à l'absence d'ovulation et d'œstrus. Une nouvelle vague folliculaire émerge alors, également précédée d'une augmentation transitoire de FSH, celle-ci commençant environ 60 heures avant le recrutement et se terminant lorsque celui-ci débute (HAMILTON, 1995). Lorsque la fréquence est d'un pic par heure, l'ovulation peut avoir lieu. Celle-ci est possible lors de la levée de l'inhibition de la progestérone sur la production de GnRH, à la suite de la lyse du corps jaune du cycle précédent (ENNUYER, 2000). La croissance folliculaire chez la vache se déroule en 2 étapes : à une phase de croissance indépendante de l'action des gonadotrophines, succède une phase gonadodépendante, pendant laquelle la croissance folliculaire est soumise à l'influence des gonadotrophines, FSH et LH. Le développement des follicules passe alors d'une croissance de type continu à une croissance de type cyclique, sous forme de vagues folliculaires. La LH assure la maturation du follicule dominant, dont l'avenir dépend de la fréquence.

## **II. PHYSIOLOGIE REPRODUCTRICE POSTPARTUM DE LA VACHE LAITIERE**

Chez la vache laitière, comme chez la vache allaitante, une période d'inactivité ovarienne suit le vêlage. L'intervalle vêlage-première ovulation, malgré une variabilité élevée, est court chez les femelles

laitières, compris entre 15 et 30 jours (**ROYAL et al., 2000**). 85 à 90% des vaches ont ovulé dans les cinquante jours qui suivent la mise bas (**GRIMARD et al., 2005**). Les mécanismes qui conduisent au rétablissement de l'activité sexuelle chez la vache sont aujourd'hui relativement bien connus.

### **2.1. Péri-partum et postpartum immédiat**

Avant le vêlage, les taux élevés des oestrogènes fœtaux et de la progestérone maternelle et fœtale inhibent la sécrétion de LH et de FSH par l'axe hypothalamo-hypophysaire, réduisant l'activité ovarienne [WEAVER, 1987]. Après le part, le volume de l'utérus diminue rapidement. La sécrétion utérine de PGF2 $\alpha$ , qui augmente deux jours avant le vêlage et atteint un pic au deuxième ou troisième jour postpartum, ainsi que la sécrétion neurohypophysaire d'ocytocine induisent l'involution utérine, qui sera complète au bout de 35 à 40 jours chez la vache (**HAFEZ, 1993**), plus rapidement chez les primipares que chez les multipares (**PETERS et al., 1995**). La dystocie, la rétention placentaire ainsi que les infections utérines, souvent liées aux deux premières, provoquent un retard dans l'involution utérine et, en conséquence, augmente le taux d'échec à l'insémination et décale la mise à la reproduction (**PETERS et al., 1995**).

### **2.2. Reprise d'activité sexuelle après le vêlage**

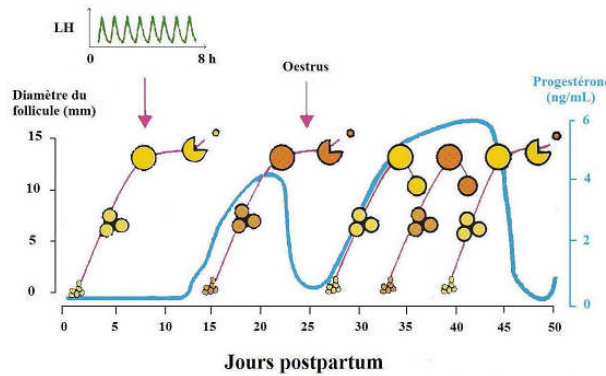
#### **2.2.1. Rétablissement de l'activité des gonadotrophines postpartum**

La diminution des concentrations en œstrogènes et en progestérone lève l'inhibition exercée sur la sécrétion de FSH. Selon (**BEAM et al., 1997**), après une augmentation de la concentration plasmatique en FSH au cours des 5 premiers jours, toutes les vaches présentent un développement d'une vague folliculaire au cours de la 2<sup>ème</sup> semaine du postpartum et ceci indépendamment de leur alimentation et de leur balance énergétique. La reprise précoce de la sécrétion de LH après le vêlage est davantage sensible au contrôle de la GnRH. La faible fréquence des décharges de LH après le vêlage provoque une faible production d'androgènes dans les cellules thécales du follicule. Ce défaut d'androgènes, qui sont les précurseurs de la synthèse d'œstradiol dans les cellules de la granulosa du follicule, induit une faible production d'œstradiol par le follicule, et donc l'atrésie. Par conséquent, le facteur crucial déterminant le moment où se produit la première ovulation est l'obtention d'une fréquence des décharges de LH similaire à la phase folliculaire du cycle (une décharge de LH par heure). En l'absence de progestérone, qui est le principal agent inhibiteur de la fréquence des décharges de LH durant la phase lutéinique.

### **2.2.2. Reprise du développement folliculaire postpartum**

L'augmentation précoce de la FSH a pour conséquence l'apparition d'une cohorte de follicules moyens, aboutissant à la formation du premier follicule dominant entre le 5ème et le 39ème jour postpartum (**SAVIO et al., 1990**). Son sort est déterminé par la fréquence des décharges de LH : si elle est élevée, l'ovulation a lieu (75 % des cas). Dans 20 % des cas, il devient kystique. Il subit l'atrésie dans les 5 % restants, un second follicule dominant se développant alors (**MIALOT et al., 2001**). A l'automne, l'intervalle entre le vêlage et l'apparition du premier follicule dominant est court (7 jours en moyenne) ; en revanche, cet intervalle semble plus long au printemps (20 jours). A la fin de la maturation folliculaire, lorsque la concentration en œstrogènes est suffisante, celle-ci induit le pic pré-ovulatoire de LH à l'origine de la première ovulation postpartum vers 14-25 jours en moyenne, première ovulation généralement en l'absence de manifestations visible de chaleurs (2 fois sur 3) (**ENNUYER, 2000 ; MIALOT et al., 2001**). Cette première ovulation est le plus souvent suivie d'une phase lutéale courte (4 à 13 jours), caractérisée par des niveaux de progestérone inférieurs à ceux des cycles physiologiques, en raison d'une lutéolyse due à la sécrétion précoce de PGF2 $\alpha$  utérine (**TERQUI et al., 1982 ; PETERS et al., 1995**). Le retour à une cyclicité normale semble nécessiter une imprégnation lutéale préalable de quelques jours, ce qui est confirmé lors de l'utilisation de dispositifs intra vaginaux à base de progestérone.

Le retour à une activité ovarienne normale et cyclique, vers 25-35 jours postpartum, indique la restauration des interactions entre hypothalamus, hypophyse, ovaires et utérus, nécessaires au démarrage d'un nouveau cycle de reproduction. L'augmentation de la fréquence des décharges de LH constitue l'événement majeur et limitant à l'origine de la reprise de l'activité ovarienne postpartum.



**Figure 7 : Reprise du développement folliculaire chez la vache laitière postpartum (ENNUYER, 2000).**

### **III. BILAN DE REPRODUCTION**

La performance de reproduction est l'un des principaux facteurs qui influent sur la rentabilité d'un troupeau laitier. Elle affecte la quantité de lait produite par vache et par jour du troupeau (**PLAIZER, 1997**). La mauvaise performance de reproduction est un facteur limitant de la productivité des troupeaux laitiers ; les performances de reproduction d'une vache jouent un rôle important dans les décisions de réformes prises par les éleveurs (**BEAUDEAU et al., 1995**). La cause de la faible fécondité chez la vache laitière est multifactorielle (**ROCHE, 2006**). L'infécondité et l'infertilité sont deux exemples d'entités pathologiques, qualifiées de «maladies de production » se caractérisant par leur manifestation subclinique et leur origine multifactorielle, dont les conséquences économiques sont redoutables (**HANZEN, 1994**). Si le temps n'avait pas d'incidence économique en élevage, ces retards ne seraient pas classés en anomalies. Il s'agit donc de « pathologies économiques » qu'il faut traiter si on veut apporter une rentabilité de l'acte médical à l'éleveur (**COSSON, 1996**). Une mauvaise maîtrise de la reproduction, exercera un effet négatif sur la production. Ceci doit impérativement passer par la maîtrise des facteurs sanitaires, héréditaires, nutritionnels, d'environnement et de la reproduction. De ce fait, l'interprétation des résultats du bilan de la reproduction est difficile, étant donné les effets des différents facteurs responsables des problèmes de reproduction. Les paramètres de reproduction sont importants dans l'évaluation de la gestion de performance des troupeaux laitiers modernes. Le succès de l'industrie laitière résulte de l'attention constante à des événements quotidiens, nécessitant une mesure de performance plus sensible et immédiate. Les définitions des formules, les numérateurs, les dénominateurs et les populations incluses ou non sont essentielles pour une bonne interprétation et

une comparaison des résultats. Ainsi, les vétérinaires maîtrisant les indices et les statistiques en utilisant la stratification des données afin d'étudier les pertes de production, vont bien servir leurs clients (**KLINGBORG, 1987**).

### **3.1. Les facteurs individuels**

#### **3.1.1. L'âge**

A mesure qu'augmente l'âge au vêlage, l'involution utérine ralentit. Une involution utérine tardive s'accompagne plus souvent d'écoulement vulvaire anormal, juste après le vêlage, ainsi que d'anœstrus, de pyométrite et de kystes ovariens un peu plus tard. Ces anomalies s'accompagnent d'un prolongement de l'intervalle entre le vêlage, de retour en œstrus, de la première saillie et de la conception (**ETHERINGTON et al., 1985**). L'intervalle vêlage-première saillie est plus long ( $P < 0,05$ ) chez les vaches âgées que chez les plus jeunes. L'intervalle vêlage-première saillie est plus étroitement associé avec l'âge que le rendement laitier (**STEVENSON et al., 1983**). En général, les vaches âgées ont de faibles performances de reproduction. Toutefois, les vaches en seconde lactation ont des performances de reproduction égales à celles des vaches en première lactation. Les vaches en troisième lactation et plus ont de faibles taux de conception et de longs intervalles vêlage-premières chaleurs que celles qui sont dans les premières lactations (**HILLERS et al., 1984**). Les vaches à leur deuxième parité ont plus de chance de concevoir que les vaches primipares (**MAIZONA et al., 2004**). Les bovins âgés ont tendance à avoir moins de condition corporelle que les bovins plus jeunes. Les primipares sont plus susceptibles que les vaches adultes à l'échec de reproduction (**MANUEL et al., 2000**).

#### **3.1.2. Génétique**

Il existe chez les bovins une corrélation entre la fécondité des mâles et celles de leurs descendants aussi bien mâles que femelles. Ainsi, la sélection des taureaux sur les critères de fertilité améliore indirectement la fertilité des vaches (**BRUYAS et al., 1993**). Il est important de prendre en considération le poids, la taille ainsi que l'âge, car les génisses qui vèlent à l'âge de 24 mois mais qui ont un défaut ou excès en stature et en poids, ne produiront pas de lait selon leur potentiel génétique (**ETHERINGTON et al., 1991**). Saillir les génisses à un jeune âge a été généralement rapporté à un raccourcissement de l'intervalle entre génération et donc, accélère l'amélioration génétique (**LIN et al., 1986**). La précision de l'évaluation génétique dépend de l'héritabilité de chaque trait, mais l'héritabilité de la plupart des traits

de fertilité (par exemple, l'intervalle vêlage, l'intervalle vêlage saillie fécondante, le taux de gestation) sont assez faibles ( $P < 0,05$ ), en raison d'importantes contributions des facteurs non génétiques, tels que les différences entre les vaches, l'insémination et les protocoles de gestion (**KADOKAWA et al., 2006**). Les valeurs pour le poids par unité de note d'état corporel pour les bovins Holstein Frisonne publiées dans la littérature varient de 20 à 110 kg. Certaines variations dans les valeurs de la littérature peuvent être dûes à des différences dans la souche de la race (**NIELSEN et al., 2003**). Même si l'héritabilité des caractères fonctionnels comme la fertilité est faible (5%), l'éleveur a intérêt à prendre en compte dans ses accouplements des taureaux bien indexés sur ce caractère (**GILBERT et al., 2005**).

### **3.1.3. La production laitière**

Les études relatives aux effets de la production laitière sur les performances et les pathologies de la reproduction sont éminemment contradictoires. Le manque d'harmonisation relative aux paramètres d'évaluation retenus n'est pas étranger à cette situation. Celle-ci est également déterminée par des relations complexes existantes entre la production laitière et la reproduction influencée l'une comme l'autre par le numéro de lactation, la gestion du troupeau, la politique de première insémination menée par l'éleveur, la nutrition et la présence de pathologies intercurrentes (**HANZEN, 1994**). Une étude dans des élevages de bovins laitiers au Nord-Est des Etats Unis, a montré qu'une augmentation de 4,5 kg dans la production laitière entre deux tests successifs par rapport à la première saillie était associée à une réduction dans le taux de conception. Dans cette même étude, une période de production laitière de plus de 305 jours, était également associée avec une diminution du taux de conception. Toutefois, davantage d'analyses ont indiqué que les facteurs associés avec le rendement laitier peuvent être responsables de la baisse du taux de conception plutôt que du rendement laitier. Ces facteurs comprennent la perte de l'état d'embonpoint avec un bilan énergétique négatif et une forte concentration de protéines brutes dans la ration des fortes productrices (**ETHERINGTON et al., 1991**). Les taux de conception sont moins de 50%, après insémination, lorsque la concentration en matière grasse est plus élevée que la moyenne, cela suggère que le rendement laitier peut réduire ou limiter la conception des vaches (**STEVENSON et al., 1983**). Il n'y a pas de relation antagoniste évidente entre la production laitière et la reproduction (**RAHEJA et al., 1989**). Ces conclusions opposées peuvent être le résultat de mesures de performances de reproduction différentes. Lorsque d'autres mesures de la

fertilité sont utilisées, tels que l'intervalle entre les vêlages, l'intervalle vêlage-saillie fécondante et le pourcentage de non-retour en chaleurs, il peut y avoir une possibilité de confusion entre les effets de gestion et de biologie (**HILLERS et al., 1984**). Il a été remarqué qu'une baisse significative de rendement de lait et de protéines à la première lactation, quand un groupe de génisses est sailli à 350 jours, par rapport à celui sailli à 462 jours. Il apparaît que la mise à la reproduction des génisses à un jeune âge, réduit le rendement de la lactation par diminution de la production moyenne journalière, plutôt que le nombre de jours de lactation (**LIN et al., 1986**).

### **3.2. Facteurs collectifs**

#### **3.2.1. Détection des chaleurs**

Une augmentation du taux de détection de l'œstrus est associée à des intervalles vêlage conception courts (**KINSEL et al., 1998**). La performance de production de vaches laitières d'un troupeau influence la rentabilité ; un bon taux de détection de chaleur et de conception permet des opportunités pour le contrôle de la gestion (**GRÖHN et al., 2000**). Les facteurs ayant le plus grand potentiel d'influence sur l'intervalle vêlage conception dans la moyenne du troupeau ont été les taux de détection de l'œstrus et le taux de conception (**KINSEL et al., 1998**). Les faibles concentrations d'œstradiol le jour de l'œstrus, sont fortement corrélées avec la survenue de sub-œstrus, rendant ainsi la détection de l'œstrus chez les vaches à haut rendement encore plus difficile (**ROCHE, 2006**). En outre, le taux de détection de chaleur et le court intervalle post-partum avant la première insémination peuvent être associés à la fertilité (**HWA et al., 2006**). Les vaches ayant une forte ingestion de matière sèche ont une plus grande probabilité d'expression de l'œstrus à la première ovulation et une probabilité de gestation élevée dans les 150 jours de la lactation (**WESTWOOD et al., 2002**). L'expression et la détection d'œstrus avec un faible taux de conception, semblent être des problèmes majeurs. Ceci peut être une combinaison de facteurs englobant l'œstrus, l'incapacité à exprimer l'œstrus avec ovulation, le défaut de gestion de détection d'œstrus et les petits groupes sexuellement actifs. Le taux de conception est seulement de 30 à 40%, en raison de détection d'œstrus faux positif et donc, une insémination à un stade incorrect du cycle (**ESSLEMONT et al., 2003**) ; quand le bilan énergétique est négatif (par exemple une baisse de la condition corporelle (**LOEFFLER et al., 1999**) et lors de stress dû à la chaleur et/ou à de fortes incidences de mortalité embryonnaire ou fœtale (**SANTOS et al., 2004**). Un problème sérieux, dans la détection des

chaleurs ou la décision de retarder le délai de la première saillie a été remarqué chez 42% des vaches dont l'intervalle vêlage-première saillie dépasse 90 jours (**O'CONNOR et al., 1985**). La détection des chaleurs constitue un des facteurs les plus importants de fécondité mais également de fertilité puisqu'en dépend l'intervalle entre le vêlage et la première insémination ; les intervalles entre inséminations et le choix du moment de l'insémination par rapport au début des chaleurs (**OLDS, 1969**). Les critères décrivant les retours en œstrus après insémination sont peu utilisés jusqu'à présent, ils sont cependant intéressants, car ils quantifient les effets de la mortalité embryonnaire tardive (retour en œstrus plus de 24 jours après une insémination) et l'efficacité de la détection des chaleurs (en supposant que l'anoestrus post-insémination chez les vaches non gestantes est limité) (**SEEGERS et al., 1996**). La détection des chaleurs peut être évaluée par l'intensité et la précision. Les index de détection des chaleurs peuvent être influencés par l'âge, la nutrition, le niveau de production et la saison (**WEAVER, 1986**). La qualité de la détection des chaleurs est évaluée au moyen de deux paramètres. Le premier concerne la précision de la détection. Un moyen simple d'estimer la précision de détection est de déterminer la moyenne de jours entre les chaleurs et/ou les saillies (**KIRK, 1980**). Le deuxième moyen est la détermination de la distribution des intervalles d'œstrus. Elle est réalisée en additionnant le nombre d'intervalles d'œstrus et/ou de saillies des différentes classes d'intervalle, divisé par le nombre total d'intervalles d'œstrus et/ou saillies dans la période test Tableau 1 (**KLINGBORG, 1987**).

**Tableau 1 : Objectifs de la précision de détection des chaleurs (KLINGBORG, 1987).**

Classes d'intervalles (jours)	Objectifs (%)
02-17	<15
18-24	45 à 55
25-35	10 à 15
36-48	05 à 10
>49	5

La fréquence de la détection des chaleurs est exprimée par le rapport entre les intervalles des classes 18-24 jours et 36-48 jours. Un rapport de moins de 4/1 dans un troupeau important indique de sérieuses erreurs de l'intensité de détection des chaleurs (**KLINGBORG, 1987**). Un rapport de 7/1 où plus indique une excellente détection d'œstrus dans un troupeau cyclé naturellement. Si les intervalles entre saillies sont satisfaisants, mais les intervalles de conception restent longs, ceci indique un problème dans le taux de conception ou un échec d'observation des chaleurs chez les vaches saillies précédemment. Les



problèmes de détection d'œstrus seront révélés au moment du diagnostic de gestation par une faible proportion de vaches gestantes qui étaient normales et cyclées (**WILLIAMSON, 1987**). Le taux de détection des chaleurs peut être calculé par la formule suivante (**WOOD, 1976**).

$$(21 / \text{moyenne entre saillies}) \times 100$$

Les objectifs retenus pour la détection d'œstrus dans les performances de reproduction sont de 75% de vaches observées en chaleur entre 30 et 52 jours et de 85% entre 53 et 75 jours post-partum (**DAHL et al., 1991**).

### **3.2.2. Conduite d'insémination post-partum**

L'obtention d'une fertilité et d'une fécondité optimales, dépend du choix et de la réalisation par l'éleveur d'une première insémination au meilleur moment du post-partum. En effet, la fertilité augmente progressivement jusqu'au 60<sup>ème</sup> jour du post-partum, se maintient entre le 60<sup>ème</sup> et le 120<sup>ème</sup> jour puis diminue par la suite (**HANZEN, 1994**). Il y a une tendance pour les taux de conception rapportés (59%), d'être faibles dans les troupeaux qui débutent la saillie des vaches après 40 jours post-partum (**SCHERMERHORN et al., 1986**). Les données de 309 conceptions ont été présentées pour montrer que les saillies avant le 60<sup>ème</sup> jour après la parturition devraient être désapprouvées. En plus du faible taux de conception, les vaches saillies avant le 60<sup>ème</sup> jour ont un fort pourcentage d'avortements, de métrites et de rétentions placentaires. Les résultats pour le taux de conception en première saillie, la moyenne du nombre de saillies par conception et la moyenne de jours du vêlage à la conception indiquent, que pour une bonne performance de reproduction chez les vaches laitières, la première saillie devrait être au-delà de 50 jours post-partum pour les vaches avec un tractus génital en bon état sanitaire (**TRIMBERGER, 1954**). Les vaches saillies tardivement ont une mauvaise fertilité (**SCHNEIDER et al., 1981**). La productivité des vaches (poids des veaux au sevrage) est plus élevée ( $P < 0,05$ ) pour les vaches saillies à 70 jours (186 kg), intermédiaire pour les vaches saillies à 45 jours (172 kg) et faible pour celles saillies à 30 jours (162 kg). Des moyennes de 72% de vaches saillies dans le groupe précocement et 82% dans le groupe de vaches saillies plus tard sont observées en œstrus. Le pourcentage des vaches inséminées plus tard est plus élevé (76%) que celui des vaches inséminées plus tôt (55%) (**DEUTSCHER et al., 1991**). En ce qui concerne les génisses, l'objectif de remplacement pour leur mise à la reproduction à

l'âge de 14 mois est un poids d'environ 340 kg et une hauteur à la croupe d'environ 130 cm chez la race Holstein (DAHL *et al.*, 1991).

### **3.2.3. Insémination**

#### **a. Technique de l'insémination**

Il a été indiqué que la mauvaise technique d'insémination artificielle, contribue au faible taux de conception dans plusieurs troupeaux (O'CONNOR *et al.*, 1985). Un examen déstockage, de manipulation et de la technique de congélation est indiqué quand le taux de conception est faible, surtout quand l'insémination est pratiquée par l'éleveur. Les fautes observées communément dans la manipulation du sperme comprennent, le retrait des paillettes aussi longtemps en dehors du réfrigérateur et quand on les laisse longtemps dans l'eau de décongélation. L'immersion prolongée, entraîne un réchauffement des paillettes à une température au-dessus de la température ambiante et augmente la probabilité d'un choc thermique de la semence. Lors de l'évaluation des facteurs liés au taureau dans l'examen de la fertilité, il peut être important de contrôler la durée de congélation de la semence et la motilité par un examen microscopique (WILLIAMSON, 1987). Lorsque les vaches sont inséminées avec de la semence qui est décongelée dans une eau très chaude (à 65°C, pendant 7 à 10 secondes) ou tiède (à 35°C, pendant 30 secondes) l'intervalle vêlage-conception est plus court de 12 à 14 jours que lorsque la semence est décongelée à l'intérieur de la vache. La bonne fertilité résultant de l'insémination des vaches avec une semence décongelée rapidement est probablement associée à un sperme plus fertile [STEVENSON *et al.*, 1983]. L'échec est aussi en relation aux sites de dépôt de semence au-delà du site recommandé : le corps utérin (SENGER *et al.*, 1984).

#### **b. Moment de l'insémination**

La détection des chaleurs convenable et le moment d'insémination, jouent un rôle vital dans l'amélioration de l'efficacité de la reproduction dans les troupeaux laitiers (RANKIN *et al.*, 1992). C'est le moment de l'insémination par rapport à l'observation des chaleurs qui est important. Ainsi, la précision de détection des chaleurs est la clef pour corriger le moment de l'insémination. La durée réelle de manifestation de l'œstrus est presque de 24 heures ; beaucoup de vaches manifestent les premiers signes entre 17 heures et 4 heures. La longueur moyenne des chaleurs chez les vaches ou les génisses est d'environ 15 à 20 heures, elle est basée sur de nombreuses estimations de la durée de l'œstrus. Bien

que la durée de l'activité de l'œstrus ne contribue pas à la fertilité, les fortes températures jouent un rôle dans la réduction de la durée de l'œstrus et les taux de conception. Le temps moyen de l'ovulation est de 25 à 30 heures après le début de l'œstrus et en moyenne de 11 à 13 heures après la fin de l'œstrus. Les meilleurs résultats étaient obtenus lorsque les vaches sont saillies au cours de la deuxième moitié des chaleurs ; et de bons résultats sont obtenus au-delà de 6 heures après l'œstrus (**RANKIN et al., 1992**). La règle largement utilisée dans les élevages industriels est celle « Am – Pm », laquelle était suggérée la première fois (**TRIMBERGER, 1943**). Cette règle recommande que les vaches observées la première fois en œstrus dans la matinée doivent être saillies le même jour. Aussi, les vaches observées la première fois en œstrus au cours de l'après-midi ou le soir, devraient être saillies avant 12 heures le lendemain, pour obtenir de meilleurs résultats. Il a été suggéré que l'insémination des vaches à n'importe quel moment entre 0 heure et 16 heures après la détection d'œstrus ne compromettrait pas la conception, bien que l'insémination entre 5 heures et 8 heures après détection est considérée comme optimale (**SCHERMERHORN et al., 1986**).

#### **3.2.4. Diagnostic de gestation**

L'établissement du diagnostic de gestation doit se pratiquer de façon précoce afin de pouvoir détecter et traiter les cas d'infertilité à un moment opportun. Cette démarche, permet une meilleure maîtrise des intervalles qui influencent la fertilité et la fécondité.

Dans le planning d'examen clinique des animaux, le diagnostic de gestation est défini par :

##### **a. diagnostic de gestation par la progestérone**

toute génisse ou vache dont la dernière insémination naturelle ou artificielle a été réalisée 21 à 24 jours plus tôt.

##### **b. diagnostic de gestation par échographie**

tout animal dont la dernière insémination a été réalisée 30 à 59 jours plus tôt.

##### **c. diagnostic de gestation par palpation rectale**

tout animal dont la dernière insémination remonte à plus de 60 jours. La gestation de chaque animal est confirmée par palpation rectale même si un diagnostic précoce de gestation a été établi antérieurement par un dosage de progestérone, de PAG (pregnancy Associated Glycoprotéin) ou par échographie (**HANZEN, 1994**). En plus de l'utilisation des différentes mesures, il est précieux d'être capable de

diagnostiquer une gestation aussi tôt que 35 jours avec une précision d'au moins de 95%, de reconnaître la présence de métrites, de distinguer les follicules, les corps jaunes et les kystes, d'avoir de bonnes connaissances des maladies infectieuses, de comprendre les principes de la nutrition et d'avoir des bases en physiologie, pathologie et pharmacologie (**OLDS, 1990**).

### **3.2.5. Nutrition**

Les erreurs d'alimentation sont fréquemment à l'origine des difficultés de reproduction. Leurs conséquences dépendent du stade physiologique de la vache au moment où elles se produisent (**GILBERT et al., 2005**). Tous les éléments nutritifs (par exemple, eau, énergie, protéines, minéraux, vitamines) devraient être fournis quotidiennement en quantités suffisantes pour répondre aux besoins des vaches gestantes et maintenir des performances optimales de la vache et du veau (**ROBERT et al., 1996**). Les génisses qui ont une ration alimentaire de niveau faible, manifestent moins les chaleurs et ont un mauvais taux de conception (30%) par rapport à celles dont le niveau de la ration alimentaire est modéré (62%) ou élevé (60%) (**DZIUK et al., 1983**).

#### **a. Alimentation énergétique**

Dans le but d'étudier l'effet de la source d'énergie alimentaire sur la balance énergétique en début de lactation, il est rapporté que l'augmentation de la disponibilité des éléments nutritifs glycolytiques améliore l'équilibre énergétique, qu'elle a un potentiel pour réduire le risque de troubles métaboliques et qu'elle améliore la performance de reproduction chez la vache laitière (**VAN KNEGSEL et al., 2007**). Les vaches nourries avec un régime alimentaire de densité d'énergie normale ont un rendement plus élevé de lait, de pourcentage de graisse, de score de la condition physique et pèsent plus que les vaches nourries avec un régime alimentaire de densité faible (**NIELSEN et al., 2003**). Les animaux nourris avec plus d'énergie par des régimes alimentaires denses ont un bilan énergétique positif et ont une plus grande augmentation de poids corporel de 3 à 1 semaine avant le part. L'augmentation de la densité d'énergie de l'alimentation durant les quatre dernières semaines avant le part améliore l'apport énergétique des animaux en fin de gestation (**VANDEHAAR et al., 1999**). Par contre selon d'autres chercheurs (**ROCHE et al., 2006 ; PEDERNERA et al., 2008**), le régime alimentaire ne peut influencer la trajectoire ou le taux de perte d'état corporel en début de lactation. L'alimentation à base de concentré n'affecte pas le taux de perte de l'état d'embonpoint en début de lactation, mais réduit la durée de

cette perte et augmente le taux d'accroissement du poids vif et l'état d'embonpoint (**ROCHE et al., 2006**). Les tentatives visant à réduire la mobilisation des lipides du corps en début de lactation (semaine 1 à 4 après la parturition) par des régimes riches en énergie n'ont généralement pas été couronnées de succès (**RUPPERT et al., 2003 ; ROCHE et al., 2006 ; PEDERNERA et al., 2008**) et plusieurs restrictions d'aliments au cours de la même période n'ont pas toujours augmenté la mobilisation des tissus corporels (**ROCHE, 2007**). Ces données impliquent qu'un autre mécanisme est mis en jeu dans cette mobilisation durant la période de début de lactation (**ROCHE et al., 2009**). La lipolyse est essentiellement régulée génétiquement, alors que la lipogenèse est contrôlée par l'environnement (alimentation ...etc.) (**SMITH et al., 1990**).

#### **b. Alimentation en matière sèche**

Pendant la lactation, la matière sèche ingérée augmente à un rythme plus lent que la production de lait, ce qui aggrave le bilan énergétique négatif. Environ 4 mois après le vêlage, la matière sèche ingérée augmente à un point où l'apport énergétique est supérieur à la production d'énergie, résultant en un bilan énergétique positif pour le reste de la lactation (**BEWLEY et al., 2008**). L'état nutritionnel d'une vache laitière est influencé par la matière sèche ingérée, la densité des nutriments de l'alimentation et la digestibilité des nutriments (**PARK et al., 2002**). L'ingestion de la matière sèche diminue avec l'augmentation de l'état d'embonpoint au vêlage (**BROSTER et al., 1998**). L'ingestion de matière sèche est le facteur le plus déterminant dans l'évaluation de l'adéquation nutritionnelle d'un régime alimentaire. Malheureusement, une évaluation précise de l'ingestion de la matière sèche de la vache est difficile, au mieux, pour déterminer l'alimentation des groupes de vaches tarées (**ROBERT et al., 1996**). Les vaches qui ont une ration riche en matière sèche sont plus prédisposées à montrer des signes de chaleurs en première ovulation et devenir gestantes dans les 150 jours post-partum (**WESTWOOD et al., 2002**). L'ingestion de matière sèche des vaches laitières est estimée entre 1,8 et 2,0% du poids vif. La moyenne de l'ingestion de matière sèche de vaches laitières tarées est située entre 7 et 15 kg par jour, soit l'équivalent de 1,3 à 2,1% du poids vif (**BERTICS et al., 1992**). La densité des nutriments doit être ajustée pour compenser une baisse de l'ingestion de la matière sèche [ROBERT et al., 1996]. A partir de 3 semaines à 1 jour avant le part, la matière sèche ingérée diminue de 36% pour les vaches et 26% pour les génisses. Cette diminution tend à être moins sévère chez les animaux nourris avec un régime plus

dense en énergie (**VANDERHAAR et al., 1999**). Bien que les mécanismes ne sont pas encore bien compris, il est largement admis que la note d'état corporel de la vache est négativement associée à l'ingestion de matière sèche (**ROCHE et al., 2008**).

### **c. Alimentation protéiques**

La faible disponibilité d'énergie pendant le déséquilibre de la balance énergétique, supprime non seulement la sécrétion pulsatile de LH, mais réduit aussi la réaction à la stimulation de LH. Les vaches perdant une unité ou plus sur une échelle de 5 points au début de la lactation sont les plus exposées à une faible fertilité, avec un taux de fécondité de 17% à 38%. Les follicules ovariens sont affectés par l'exposition à une balance énergétique négative au cours de leur début de croissance et de développement ; l'ovulation des follicules affectés conduirait à réduire la sécrétion de progestérone. Chez les vaches en lactation, les rations alimentaires riches en protéines peuvent également augmenter le taux de clearance métabolique de la progestérone. Au cours de la période de reproduction, toute augmentation de la clairance de la progestérone, en raison du fort apport alimentaire d'énergie et de protéines peut être combiné avec les effets retard de la balance énergétique négative qui entraînent une baisse des concentrations plasmatiques de progestérone et une fertilité réduite. Un régime riche en protéines brutes appuie un fort rendement de lait, mais peut également être associé à la faible performance de reproduction (**BUTLER, 2000**). Les vaches nourries avec des régimes de protéines très dégradables dans le rumen et qui ont aussi perdu plus de poids au début de la lactation sont moins susceptibles de concevoir au premier service et ont un long intervalle entre le vêlage et la conception (**WESTWOOD et al., 2002**). Le rôle crucial des protéines dans le régime avant le part peut être lié au rôle des acides aminés subvenant à la fois à la synthèse des protéines du fœtus et une quantité importante d'énergie. L'épuisement des réserves des protéines avant le part peut nuire au statut métabolique, résultant en une plus grande incidence de la cétose et d'autres maladies métaboliques. La lactation ultérieure et la performance de reproduction peuvent également être affectées soit directement du fait de carences protéiques, ou indirectement par suite de maladie métabolique (**ROBERT et al., 1996**). Les régimes alimentaires à teneur élevée en protéines non dégradables trois semaines avant le part, améliorent le score de l'état corporel post-partum et augmentent le pourcentage des protéines du lait. Probablement en minimisant la mobilisation des réserves maternelles de protéines, pour répondre aux

exigences de la croissance fœtale et maternelle en fin de gestation (**VAN SAUN, 1993**). Limiter l'apport en protéines brutes chez les génisses gestantes entraîne une augmentation des intervalles entre le vêlage et le premier œstrus, la première saillie et la conception ; et une diminution du nombre d'animaux qui manifestent l'œstrus et conçoivent (**RANDEL, 1990**). Les femelles dont le régime est réduit en protéines ont de faible note de la condition physique au vêlage et produisent moins de colostrum que celles qui ont eu des quantités adéquates de protéines (**ROBERT et al., 1996**). Lorsque les vaches sont nourries avec de faibles apports en énergie, l'augmentation des acides aminés absorbés dans l'intestin stimule la production laitière et la production de protéines de lait. L'apport supplémentaire en acides aminés est un facteur important dans la régulation de la production de lait en début de lactation, en particulier lorsque les vaches sont dans un état de déséquilibre énergétique (**INGUNN et al., 2005**).

### **3.2.6. Tariessement**

Une période de 50 à 60 jours de tariessement procurant le temps nécessaire de repos aux vaches, minimise les pertes économiques. Des périodes de moins de 40 jours et plus de 90 jours sont néfastes pour la prochaine lactation. La nutrition en période de tariessement doit être ajustée pour conditionner correctement les vaches (pas grasses). La ration de concentré doit être diminuée, et le calcium et les matières énergétiques limités, pour prévenir les maladies métaboliques et la fièvre vitulaire dans la prochaine lactation (**WEAVER, 1987**). L'objectif des scores de l'état d'embonpoint doit être compris entre 2,5 et 4,0 à la période de tariessement ou à la mise à la reproduction. Les animaux dont les périodes de tariessement sont longues, ont souvent des gains de poids excessifs, lesquels sont associés à la surcharge grasseuse, déplacement de la caillette, métrite, mammites, kératite et faibles réponses immunitaires. Les animaux qui sont aussi maigres à la mise à la reproduction n'arrivent pas à atteindre leur potentiel de production, ont un faible pic de production, une production totale diminuée, une fertilité retardée et un taux de réforme élevé (**KLINGBORG, 1987**). Les vaches qui ont eu une longue période de tariessement développent vraisemblablement plus de métrites (**MARKUSFELD et al., 1993**).

### **3.2.7. Réforme des animaux**

La réforme est l'une des décisions les plus complexes de la gestion des animaux de ferme. Les décisions de réforme font partie de la gestion du troupeau. Elles ne peuvent pas être analysées de façon

indépendante. Les recherches futures devraient analyser les interactions entre les pratiques de gestion, la santé de la vache, l'économie et la réforme avec plus de détails (**MONTI et al., 1999**). Le taux de réforme de reproduction, est une mesure des vaches éliminées du troupeau pour performances inacceptables. Pour que les données soient précises, les motifs de réforme doivent être enregistrés lorsque la vache quitte le troupeau. Par conséquent, des consignes spécifiques doivent être mises au point, pour inclure les vaches réformées dans chaque catégorie. Il pourrait être adopté, que toutes les vaches qui ont reçu trois saillies ou plus et sont encore non gestantes au-delà de 150 jours, ainsi que celles qui ne sont pas détectées en chaleurs, devraient être proposées à la réforme pour cause de reproduction (**ETHRINGTON et al., 1991**). La réforme de 30% d'animaux par an est une moyenne dans des troupeaux bien gérés. Un objectif de 5 à 10% de réforme annuelle dans un troupeau pour cause d'infertilité est acceptable (**KLINGBORG, 1987**). Les réformes en première et deuxième lactation génèrent des surcoûts dans la production laitière, les saillies supplémentaires et le volume de travail pour les éleveurs (**SEEGERS et al., 1996**). Le taux de réforme en dessous de 24 mois d'âge est moins de 2% pour la reproduction, ainsi que pour maladies et autres raisons (**ETHERINGTON et al., 1991**). Le pourcentage calculé est égal au rapport du nombre de vaches réformées (NR) et de l'inventaire du troupeau (I). Ce paramètre est calculé sur une base annuelle selon la formule suivante (**ETHERINGTON et al., 1991**).

$$\text{Taux de réforme de reproduction} = (\text{NR} / \text{I}) \times 100$$

### **3.2.8. Gestion de la reproduction**

La compréhension complète, de la relation entre la gestion et la reproduction est essentielle afin de fournir aux éleveurs les informations que l'on peut utiliser pour améliorer l'efficacité économique (**WITTUM et al., 1990**). La gestion technique de la reproduction d'un troupeau de vaches laitières a pour but d'assurer la réalisation d'objectifs en matière de fertilité et de fécondité qui sont bien établis actuellement. Les enregistrements adéquats, leurs analyses et interprétations sont fondamentaux, pour une gestion efficace (**FETROW et al., 1990**). Le suivi de reproduction consiste, en une approche coordonnée entre l'éleveur et le vétérinaire, pour assurer en premier des conditions d'observation optimale des animaux et en second des délais minimaux d'examen clinique des animaux, ainsi qu'une



anamnèse aussi complète que possible pour établir un diagnostic précis et un traitement approprié. Le suivi doit être effectué régulièrement. Il a des exigences qui ont pour nom, l'identification correcte des animaux, la notation précise et régulière des observations, ainsi que la motivation et la compétence de ses acteurs principaux. Il est planifié par l'édition de listes d'attention (inventaire du cheptel, planning des vêlages, planning des chaleurs et inséminations, planning d'insémination des génisses). Il se concrétise par l'examen clinique des animaux (planning de visite et de notation). Il se conclut par une évaluation de la situation de reproduction (bilan de reproduction) et par des recommandations d'observation ou de thérapeutique à court terme (planning de synthèse) (**HANZEN, 1994**).

Les objectifs du programme et les facteurs à considérer dans la gestion sont :

- l'établissement d'un contrôle d'une involution utérine normale le retour de la cyclicité ovarienne
- la réduction de l'intervalle entre les vêlages
- l'amélioration de la détection des chaleurs et du taux de conception, l'identification et le traitement des vaches « repeat breeders » (vaches mises à la reproduction mais qui n'ont pas été fécondées après 3 saillies ou après approximativement 120 jours post-partum).
- le contrôle des avortements.

La palpation doit couvrir tous les animaux en retard de vêlage, ceux qui ont avorté et ceux avec une complication marquée (par exemple, rétention placentaire, fièvre vitulaire, dystocie...). Toutes les vaches doivent être examinées pour l'involution utérine et les structures ovariennes au plus tard 30 jours post-partum. Les vaches ayant des problèmes doivent être marquées pour une réévaluation. Si aucun œstrus n'est observé dans les 23 jours suivant la palpation, la vache doit être réexaminée (**WEAVER, 1987**). Habituellement, les programmes de contrôle de la fertilité consistent en :

- un examen et/ou traitement des vaches ayant des problèmes au vêlage ou durant la période puerpérale.
- un examen et/ou traitement des vaches ayant des sécrétions pathologiques, des intervalles de cycles irréguliers ou non vues en chaleurs (50 jours post-partum).
- un diagnostic de gestation à la fin de la 5<sup>ème</sup> semaine après la saillie ou l'insémination et contrôle des « repeat breeders ».
- L'examen des animaux consiste en une palpation rectale, une vaginoscopie et dans quelques cas une

échographie par voie rectale (**PIETERS, 1991**).

Les enregistrements nécessaires, pour une analyse minutieuse aussi bien que pour un Suivi du troupeau comprennent :

- l'identification des vaches, l'âge ou la date de naissance et le numéro de lactation.
- Les vêlages et les difficultés qui leurs sont associées doivent être enregistrées, y compris les dates, le nombre, le sexe, l'identification des veaux et n'importe quel type d'aide au vêlage doivent être notés.
- Toutes les observations d'œstrus, doivent être enregistrées ainsi que la raison de non saillie quand cette dernière est refusée ou ratée.
- Les saillies sont enregistrées en indiquant si elles sont artificielles ou naturelles, avec l'identification du taureau ou la semence en précisant les dates de saillie.
- Toutes les sécrétions d'origine utérine, leurs natures et leurs dates doivent être notées, avec les pathologies et les traitements y compris ceux pratiqués à titre prophylactique, tels que les synchronisations.
- Les dates d'examen du tractus génital et des ovaires, spécialement le diagnostic de gestation doivent être mentionnées.
- L'enregistrement du statut en cours des vaches (ex. si la vache est gestante, au stade de parturition et non saillie ou saillie mais non diagnostiquée gestante) peut être utile dans la confection d'une gestion pratique et facile pour les éleveurs.
- Les informations relatives au tarissement et à la lactation sont également essentielles pour aider à la formulation d'un pronostic, et la recommandation de l'action à entreprendre pour les vaches (**WILLIAMSON, 1987**).

Il est important de tenter d'estimer l'ampleur du problème en termes économiques pour deux raisons. Premièrement, un producteur peut avoir plusieurs empêchements pour une productivité optimale. L'évaluation de la perte associée à chaque problème, en même temps que le coût impliqué dans la rectification, peut aider à établir la priorité des problèmes à résoudre. Deuxièmement, il peut être impossible de convaincre un producteur du besoin des actions correctives à moins que le problème soit présenté en termes économiques (**DOHOO, 1985**). Les indices de reproduction permettent d'identifier les facteurs qui nécessitent une amélioration, de définir des objectifs de reproduction réalistes, de

mesurer le progrès vers ces objectifs et d'identifier les problèmes avant qu'ils ne deviennent graves  
Tableau 2.

**Tableau 2 : Liste d'indices de reproduction et leur valeur optimale sous condition normale d'élevage en zone tempérée (GILBERT et al., 2005).**

Indices de reproduction	Valeurs Optimales
Intervalle de vêlage	12,5 - 13 mois
Moyenne du nombre de jours entre le vêlage et les premières chaleurs	< 40 jours
Vaches observées en chaleur endéans 60 jours de vêlage	> 90%
Moyenne du nombre de jours entre le vêlage et la première saillie	45 à 60 jours
Saillies par conception	< 1,7
Conception à la première insémination chez les génisses	65 à 70%
Conception à la première insémination chez les vaches	50 à 60%
Pourcentage des vaches pleines avec moins de trois saillies	> 90%
Vaches avec un intervalle de chaleurs entre 18 et 24 jours	> 85%
Nombre de jours entre le vêlage et la conception « days open »	de 85 à 110 jours
Pourcentage de vaches non fécondées à plus de 120 jours	< 10%
Durée de la période de tarissement	45 à 60 jours
Moyenne de l'âge au premier vêlage	24 mois
Pourcentage d'avortements	< 5%
Vaches réformées pour cause d'infertilité	< 10%

### 3.2.9. Les paramètres d'évaluation de la reproduction

Un très grand nombre de critères est proposé pour décrire et quantifier l'efficacité de la reproduction à l'échelle du troupeau (ETHERINGTON et al., 1991 ; FETROW ET al.,1990). Les programmes sanitaires de reproduction des troupeaux doivent procéder par comparaison des performances du troupeau avec les objectifs pour corriger les indicateurs de performances. Ces indicateurs sont les index de performances qui reflètent l'efficacité biologique et productive des troupeaux (WILLIAMSON, 1987). Tableau 03 montre les objectifs classiques de reproduction chez les bovins.

**Tableau 3 : Objectifs classiques avec taux de réforme limité (SEEGERS et al., 1996).**

• % intervalle vêlage > à 365 jours :	< 15
• % intervalle vêlage-saillie fécondante >110 jours :	< 15
• % intervalle vêlage-première insémination >70 jours :	< 15
• % taux de réussite en première insémination :	> 60
• % de trois insémination et plus :	< 15
• % taux de réforme partiel pour infertilité (TRF):	< 06
• % taux de réforme (TR) :	< 27

#### a. Les paramètres de fécondité

Les principaux paramètres dérivés d'intervalles décrivent la fécondité. Ils sont exprimés en moyenne de

valeurs relevées pour l'ensemble des vaches ou pour un sous-groupe, ainsi qu'en dispersion de valeurs avec des proportions d'animaux, supérieures ou inférieures à une valeur seuil qui est souvent l'objectif. Il est recommandé de privilégier la deuxième formulation, c'est à dire quantifier la proportion d'animaux « hors normes » ou « au-delà des repères » (**SEEGERS et al., 1996**). La fécondité se définit par le nombre de veaux annuellement produits par un individu ou un troupeau. L'index de fécondité (IF) doit être égal à 1. Une valeur inférieure traduit la présence d'une infécondité. La fécondité est habituellement exprimée par l'intervalle entre vêlages ou par l'intervalle entre le vêlage et l'insémination fécondante (**HANZEN, 1994**).

#### **a.1. L'âge au premier vêlage (AV1)**

L'autre index clef de la fertilité du troupeau est l'âge au premier vêlage. L'âge idéal au premier vêlage est ordinairement accepté comme étant de 24 mois. Les majeures causes de retard de vêlage chez les génisses comprennent, le faible taux de croissance, le retard de puberté et les erreurs de gestion pour reconnaître la taille adéquate pour la mise à la reproduction (**WILLIAMSON, 1987**). Un facteur important dans le coût d'élevage du pré-troupeau est l'âge au premier vêlage. L'âge au premier vêlage réduit, offre les avantages tels de faibles dépenses, des coûts d'alimentations réduits, un surpeuplement diminué et une production journalière du troupeau augmentée (**GOODGER et al., 1989**). Les éleveurs laitiers profitent plus quand les vaches vêlent la première fois à 2 ans d'âge (**COLEMAN et al., 1985**). Les objectifs pour l'élevage des animaux de remplacement chez les génisses Holstein pour un vêlage à l'âge de 24 mois sont d'un poids d'environ 520 kg et une taille de 142 cm à la croupe ; et pour une mise à la reproduction à l'âge de 14 mois, un poids d'environ 340 kg et une taille de 130 cm (**DAHL et al., 1991; DACCARETT et al., 1993 ; HEINRICHS, 1993**). L'âge au premier vêlage semble bien indiquer comment la vache effectue sa carrière de reproduction. La chance de conception diminue si l'âge au premier vêlage augmente. Les vaches âgées de plus de 27 mois au premier vêlage ont de faibles chances de conception que les vaches âgées de moins de 28 mois (**MAIZONA et al., 2004**). L'âge au premier vêlage représente l'intervalle moyen entre la date du vêlage de chaque primipare ayant mis bas au cours de la période d'évaluation et sa date de naissance. Il est exprimé en mois (**HANZEN, 1994**). Ce paramètre de fécondité est utilisé principalement chez les primipares.

#### **a.2. L'intervalle vêlage - première saillie (IVS1)**

L'intervalle vêlage-première insémination est un indicateur précoce mais qui renseigne uniquement sur le retour à la cyclicité (**MINERY, 2007**). Il est responsable de la majorité des variations de l'intervalle vêlage-insémination fécondante. Il peut être calculé sur un plus grand nombre d'animaux. Sa signification est multiple et son interprétation très délicate dans de nombreux cas :

- des périodes de report volontaire des inséminations pour éviter des vêlages à certains mois de l'année,
- des pratiques de reports particuliers pour les fortes productrices,
- des traitements de maîtrise de l'œstrus.

L'intervalle entre le vêlage et la première saillie est le déterminant majeur de l'intervalle entre vêlages et dépend beaucoup plus de la pratique de gestion, spécialement de la détection d'œstrus, que de la physiologie de la vache (**COLEMAN et al., 1985**). Dans certains élevages, plus de 80% des animaux sont inséminés pour la première fois au cours des trois premiers mois suivant le vêlage, objectif considéré comme optimal (**KLINGBORG, 1987**). La fertilité est de 25% pour les vaches saillies 20 jours après le vêlage, augmente vers 60% à 60 jours post-partum et reste stable par la suite. Donc, les vaches inséminées entre 40 et 60 jours post-partum ont des taux de fertilité d'environ 50%. Retarder la première saillie jusqu'au 60ème jour augmente la fertilité de 10% (**BRITT, 1975**). La mise à la reproduction précoce, doit être entreprise lorsque les contrôles sont accomplis approximativement à 30 jours. Couplée avec des examens post-partum, la mise à la reproduction précoce est une technique réussie pour réduire l'intervalle vêlage et augmenter la vie de production pour l'élevage (**KIRK, 1980**). La baisse de la fécondité est une conséquence de la dégradation de la fertilité jointe à un allongement des délais de mise à la reproduction. Pour les troupeaux comme pour les vaches, une bonne fécondité est toujours la résultante d'un délai de mise à la reproduction pas trop long et d'une bonne fertilité. Les vaches à bonne fécondité sont caractérisées par un court intervalle entre vêlage et première insémination (59 jours) et par une très bonne fertilité (**PACCARD, 1986**). La reprise post-partum de l'activité cyclique se produit après le pic de bilan énergétique négatif (**CANFIELD et al., 1991**). Le rétablissement précoce de l'activité ovarienne après le vêlage a été identifié comme un modificateur signifiant de l'efficacité de reproduction des vaches laitières. L'intervalle vêlage première ovulation, l'intervalle vêlage première saillie, l'intervalle vêlage conception et l'intervalle vêlage sont allongés lorsque la reprise de l'activité ovarienne est retardée (**WESTWOOD et al., 2002**). L'intervalle vêlage

première saillie augmente chez les vaches ayant eu de la mortinatalité, de la rétention placentaire, de la fièvre du lait, de mammites, des problèmes de pattes et de membre, ou d'autres maladies qui se produisent avant 45 jours. (**MAIZONA et al., 2004**). Les vaches qui vèlent pendant les mois d'hiver sont 6,8 fois plus susceptibles d'avoir un retard de l'intervalle vêlage première ovulation par rapport aux vaches qui ont vêlé au cours des autres saisons (**WESTWOOD et al., 2002**). Les grands troupeaux ont des intervalles vêlage-première insémination courts avec plus d'insémination que les petits troupeaux. Les troupeaux à faible rendement ont des intervalles vêlages ; vêlage première insémination et vêlage dernière insémination plus longs (**LöF et al., 2007**). L'intervalle moyen entre le vêlage et la première insémination exprimé en jours est calculé pour chaque intervalle entre la première insémination réalisée au cours de la période du bilan et le vêlage précédent. Le calcul du pourcentage d'animaux inséminés au cours des trois premiers mois suivant le vêlage permet également d'évaluer indirectement la politique de la première insémination de l'éleveur (**HANZEN, 1994**).

### **a.3. L'intervalle vêlage - saillie fécondante (IVSF)**

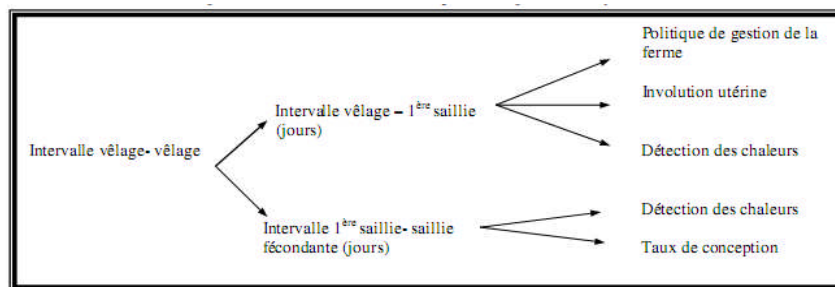
L'intervalle vêlage (IVV) présente le double inconvénient de ne pouvoir être connu que tardivement à l'issue du vêlage suivant et de ne pas prendre en compte les réformes consécutives dues aux troubles de la fertilité. De ce fait, l'intervalle vêlage insémination fécondante peut être considéré comme un bon critère d'estimation de la fécondité. Connue plus rapidement que l'IVV, il est couramment utilisé pour caractériser la fécondité d'un individu ou d'un troupeau (**GILBERT et al., 2005**). L'intervalle vêlage conception est une mesure utile de la performance de reproduction dans les troupeaux où les vêlages sont répartis tout au long de l'année (**LOUCA et al., 1968**). L'intervalle vêlage-saillie fécondante est une mesure rétrospective de la performance de reproduction du troupeau pour tous les vêlages de la même période. Il peut être calculé pour toutes les vaches en deuxième lactation et plus, par la formule suivante

$$\text{IVSF} = (\text{date du vêlage récent} - \text{date du vêlage précédent}) - 280 \text{ jours}$$

Le calcul inclut tous les vêlages de cette période, même si la vache a été éliminée postérieurement (**FETROW et al., 1990**). L'intervalle vêlage-saillie fécondante mesure plus les performances récentes et est utilisé pour projeter le prochain vêlage. Il considère toutes les génisses et les vaches en lactation qui sont gestantes y compris celles qui, probablement seront réformées. Pour un intervalle vêlage d'une année, la période entre le vêlage et la conception doit être de 85 jours ou moins (**KIRK, 1980; DEKRUIF, 1978**). Afin de parvenir à un intervalle entre vêlages de 12 à 13 mois recommandé, les vaches doivent concevoir 85-110 jours après la parturition (**HWA et al., 2006**). Les objectifs maximums dans un troupeau avec un intervalle vêlage-saillie fécondante de moins de 65 jours (11,5 mois entre vêlages) et supérieur à 150 jours (14 mois vêlages) sont respectivement de 35% et de 10%. Le pourcentage de vaches qui n'ont pas conçu au-delà de 150 jours fournit une information spécifique sur l'échec de la reproduction. Ces vaches pourraient être classées comme fonctionnellement infertiles. La distribution des vêlages non saisonniers est de 41% de vaches vides, de 42% de gestantes et de 17% en tarissement (**WEAVER, 1986**). Tous les animaux qui ne sont pas fécondés au-delà de 121 jours représentent un effectif potentiel à la réforme pour cause de reproduction ; et ceux au-delà de 150 jours devraient être identifiés comme économiquement en mauvais état pour défaut de gestation (**KIRK, 1980**). Le pourcentage de vaches dont l'intervalle entre le vêlage et l'insémination fécondante est supérieur à 150 jours est calculé en divisant le nombre de vaches dont l'intervalle entre le vêlage et l'insémination fécondante est supérieur à 150 jours par le nombre total de vaches confirmées gestantes. L'infécondité se trouve également exprimée par le pourcentage d'animaux dont l'intervalle entre le vêlage et l'insémination fécondante est supérieur à 150 jours. Quelques soit le type de spéculation, les performances des primipares sont inférieures à celles des multipares ainsi qu'en témoigne la valeur plus élevée de leur intervalle entre le vêlage et l'insémination fécondante (**HANZEN, 1994**). La détection rapide des vaches vides après insémination (par diagnostics précoces de gestation dans le lait par exemple) est à cet égard un bon moyen de lutte contre les retards de fécondation (**PACCARD, 1986**).

L'estimation régulière et précise du statut de la fertilité de n'importe quel troupeau est une part essentielle du contrôle de la fertilité. Egalement, une analyse profonde des enregistrements est une condition préalable pour l'investigation d'un problème de fertilité. Il est essentiel de mesurer chacune de ses composantes Figure 8 ( **EDDY, 1980**) pour être capable de déterminer les raisons des anomalies dans l'intervalle vêlage conception. L'intervalle entre le vêlage et l'insémination fécondante est calculé par la valeur moyenne des intervalles entre la dernière insémination effectuée pendant la période d'évaluation et diagnostiquée comme fécondante par palpation rectale et le vêlage précédent que ce dernier ait été ou non observé au cours de la période du bilan ( **HANZEN, 1994**). Le nombre de jours de l'intervalle vêlage conception augmente chez les vaches avec dystocie, mort-né, rétention placentaire, métrite, ou autres maladies survenant dans les 45 premiers jours après le vêlage ( **MAIZONA et al., 2004**). Un retard de fécondation, donc de vêlage qui caractérise l'infécondité, peut être lié à un allongement d'un ou de deux intervalles qui composent l'IVSF.

Les principaux facteurs susceptibles d'influencer la valeur de ces deux intervalles sont l'alimentation, l'état sanitaire, la détection des chaleurs, le moment d'insémination par rapport au vêlage/chaleurs et la mortalité embryonnaire. ( **GILBERT et al., 2005**).



**Figure 8 : Les composantes de l'intervalle vêlage-conception (EDDY, 1980)**



### **3.2.10. Les Paramètres de fertilité**

#### **a. Le nombre de saillies par gestation**

Les principaux paramètres exprimés sous forme de ratios décrivent la fertilité. Ils expriment directement le résultat global (SEEGERS *et al.*, 1996). La variation de la fertilité inclut les facteurs liés au taureau et aux inséminateurs. Ils peuvent être dûes à la manipulation de la semence, à la technique d'insémination et au lot de semence. La faible performance associée à l'un de ces facteurs peut indiquer l'origine du problème. Une différence de 5% dans le taux de conception peut être identifiée comme statistiquement significative (Williamson, 1987). Le retard de conception peut être dû à un utérus indisposé à la fécondation ou à l'implantation de l'embryon (SCHNEIDER *et al.*, 1981). La valeur moyenne du nombre d'insémination par conception est une mesure de la fertilité sans grande signification étiologique. Le pourcentage de vaches inséminées trois fois et plus est à considérer avec prudence. En effet, selon la politique de réforme des troupeaux, il existe ou non, une insémination de rang supérieur à trois. Le pourcentage de trois saillies est donc un marqueur du type de gestion de l'élevage ; si l'élevage est satisfaisant pour ce critère, il convient d'examiner attentivement les pratiques de réforme (SEEGERS *et al.*, 1996). L'IFT (index de fertilité totale) est une mesure globale du taux de conception pour les vaches saillies dans le troupeau. Il est exprimé par le rapport entre le nombre de saillies ou inséminations (numérateur) de la période test (2 à 14 mois passés) et les saillies qui ont résulté en une gestation confirmée (dénominateur). Idéalement, le calcul comprend les vaches dans le troupeau qui ont été saillies durant la période test et les vaches qui ont été éliminées postérieurement. L'IFA (index de fertilité apparente), se mesure par le rapport entre le nombre de saillies sur les vaches gestantes et le nombre de vaches gestantes au cours de la période test. La gestation peut être désignée soit par l'examen du vétérinaire ou par le non-retour des chaleurs après 65 jours (FETROW *et al.*, 1990). Les valeurs objectives pour l'IFT sont de 2,2 selon (ETHERINGTON *al.*, 1991) et 2,5 selon (KLINGBORG, 1987). Pour l'IFA, l'objectif est compris entre 1,5 (ETHERINGTON *al.*, 1991) et 2,0 (KLINGBORG, 1987). Le calcul de l'IFA minimise les facteurs liés à la vache puisque, seules les saillies des vaches gestantes sont comptabilisées, alors que l'IFT est une mesure réelle de l'usage de la semence parce qu'il inclut les saillies réalisées sur les tous les vaches, y compris celles qui n'ont pas été couronnées par des gestations (KLINGBORG, 1987). L'objectif de l'IFA chez les génisses est de 1,2 saillie par gestation (ETHERINGTON

**al., 1991).**

**b. Le taux de réussite en première saillie (TR1)**

Même si le taux de réussite en première insémination est un critère intéressant pour mesurer la fertilité, il n'est guère utile sur le plan étiologique, car de multiples facteurs peuvent l'affecter. Il est nettement influencé par l'intervalle vêlage-première insémination. Il doit donc être interprété en fonction de l'intervalle vêlage-première insémination. Son calcul nécessite de déterminer si l'insémination est fécondante, le critère est en fait une proportion de fécondations (vêlages) obtenues après une seule insémination (**SEEGERS et al., 1996**). Le taux de réussite en première saillie doit être compris entre 40% et 60%, avec plus de 80% à 85% en trois saillies ou moins. Le taux de conception en première saillie chez les génisses doit dépasser 70% (**WEAVER, 1986**). Lorsque des vaches sont saillies en moins de 60 jours après le vêlage et qu'elles ont manifesté précédemment des chaleurs, le pourcentage de réussite en première saillie est de 70,6%, comparé à 35,7% pour les vaches qui n'ont pas présenté de chaleurs (**TRIMBERG, 1954**). Le taux de gestation des vaches avec un intervalle vêlage-première saillie de moins de 60 jours est plus bas que celui des vaches saillies entre 61 et 90 jours post-partum. Toutefois, les vaches saillies avant 100 jours ont un taux de gestation plus élevé que celles saillies à plus de 100 jours post-partum (**RAHEJA et al., 1989**). Le taux de réussite en première insémination est maximum pour des délais compris entre 70 et 90 jours et il est très faible pour les premières inséminations très précoces. Au-delà de 90 jours, la réussite en première insémination baisse légèrement, sans doute du fait que l'on retrouve ici des animaux ayant eu des problèmes (**PACCARD, 1986**). La conception est moindre pour les vaches qui ont moins de 50 jours à la première saillie (32%) que celles qui ont plus de 50 jours (49 à 57%) (**HILLERS et al., 1984**). Le taux de réussite peut se traduire par des effets variables sur l'intervalle entre les vêlages qui est un critère résultant plus global (**SEEGERS et MALHER, 1996**). La mise à la reproduction précoce de génisses entraîne un faible taux de conception à la première saillie [LIN et al., 1986]. Le taux de conception en première saillie, s'il est moins de 60 à 65%, peut indiquer une mauvaise précision dans la détection des chaleurs, mauvais moment d'insémination, incompetence de l'inséminateur ou un stockage incorrect de la semence. (**KIRK, 1980**). La cause d'échec de conception peut être dû au fait que la vache a été vue par erreur en chaleur ou a été saillie au mauvais moment (**OLDS, 1990**). Pour calculer le taux de réussite réel en première saillie, on divise le nombre total de

vaches diagnostiquées gestantes en première saillie par le nombre total de premières saillies durant la période d'évaluation mais décalé de 60 jours pour permettre la détermination de la gestation. Des résultats plus élevés que 50% peuvent être réalisés en pratiquant deux saillies en l'espace de 12 heures. Des valeurs au-dessus de 75% sont obtenues dans des troupeaux avec une excellente gestion (**KLINGBORG, 1987**).

## 1. Mécanismes d'action du déficit énergétique sur la fertilité

### 1.1. Statut hormonal et métabolique postpartum de la vache laitière

D'un point de vue biochimique, en début de lactation, l'intense activité métabolique, associée à une dépression de l'appétit, aboutit à une balance énergétique négative, caractérisée par une diminution des concentrations sériques en insuline, IGF-I, leptine et glucose, et une augmentation des concentrations en GH et en corticoïdes (ROCHE *et al.*, 2000). La mobilisation des lipides corporels qui s'ensuit se traduit par une libération massive d'acides gras non estérifiés dans le sang. Il en résulte une accumulation de triglycérides dans les hépatocytes et, lors de phénomènes oxydatifs incomplets, une libération plasmatique de corps cétoniques (BUTLER, 2005). Puis, les concentrations en insuline et en IGF-I augmentent progressivement durant la période du postpartum, tandis que celle de la leptine reste basse durant la lactation. Pour ces trois hormones, les valeurs des concentrations sont associées à la balance énergétique de l'animal : elles sont plus importantes chez une vache laitière en balance énergétique positive que chez une vache dont la balance est négative (BUTLER, 2000 ; LUCY, 2000). Ces facteurs sont autant de candidats susceptibles de jouer un rôle déterminant dans l'influence du métabolisme sur la fonction de reproduction. D'une façon générale, ces facteurs agissent au niveau central, c'est à dire de l'axe hypothalamo-hypophysaire, et/ou au niveau gonadique (MONGET, 2004). L'étude des relations entre les concentrations plasmatiques en IGF-I, la fertilité et la production laitière chez des vaches laitières: les vaches multipares avec des concentrations d'IGF-I supérieure à 25 ng/ml au cours de la première semaine postpartum avaient onze fois plus de chances de concevoir à la première insémination que celles avec des concentrations plus basses. Des concentrations en IGF-I supérieures à 50 ng/ml à la première insémination étaient associées à l'augmentation de la réussite d'une gestation. Enfin, les vaches à fort pic de production lactée avaient de plus faibles concentrations plasmatiques en IGF-I et tardaient à retrouver une activité ovarienne cyclique normale (TAYLOR *et al.* 2004). Les vaches à inactivité ovarienne prolongée présentent des concentrations plasmatiques en postpartum plus basses en IGF-I, glucose et insuline et plus importantes en  $\beta$ -hydroxybutyrate que les vaches au profil normal (TAYLOR *et al.*, 2003). L'échec d'ovulation du follicule dominant du première vague postpartum est associé à des concentrations

plasmatiques élevées en acides gras non estérifiés et en corps cétoniques et à une accumulation plus forte de triglycérides dans le foie au cours des trois premières semaines de lactation (**BUTLER, 2005**). De faibles concentrations en insuline sont responsables d'une baisse de la production en IGF-I par le foie. L'insuline, directement ou non, régule les concentrations circulantes des IGF et de certaines IGFBP. Ainsi, une augmentation de l'insulinémie entraîne l'augmentation de la concentration plasmatique en IGF-I, ainsi qu'une diminution de celles en IGF-II et IGFBP-2 (**MCGUIRE et al., 1995**). La leptine est une hormone produite principalement par le tissu adipeux. Un de ses rôles essentiels est d'informer l'organisme sur le niveau de ses réserves lipidiques. L'ensemble des actions connues de la leptine entraîne une diminution de l'appétit et des accroissements de la dépense énergétique, de l'activité physique, de l'activité ovarienne (elle serait notamment un signal impliqué dans le déclenchement de la puberté) et de l'anabolisme musculaire (**CHILLIARD et al., 1999**). Chez la vache, comme chez les autres mammifères, la leptine agirait sur ses récepteurs spécifiques présents dans de nombreux organes, dont l'hypothalamus où elle régulerait l'activité des neurones à GnRH, l'hypophyse où elle interviendrait dans la régulation de la sécrétion de FSH et de LH, et les ovaires (**CHEMINEAU et al., 1999**). Lorsque la production de leptine augmente du fait de l'accroissement de la taille des cellules adipeuses et/ou de la quantité de lipides corporels, ceci se traduit généralement par une diminution de la quantité de nutriments disponibles pour les tissus adipeux, ainsi que par des modifications hormonales qui diminuent la lipogénèse et la synthèse de leptine, et/ou augmentent la lipolyse dans ces tissus. Outre sa régulation à long terme, liée aux variations d'adiposité, la concentration plasmatique de leptine est rapidement diminuée par une réduction de la prise alimentaire, et ceci est dû, au moins en partie, à la baisse de l'insulinémie. Cette hypoleptinémie pourrait constituer le signal informant l'organisme d'un état de sous-nutrition. (**CHILLIARD et al., 1999**). Pour (**LIEFERS et al., 2003**), la leptinémie reflète le niveau de la balance énergétique durant la lactation. Elle atteint sa valeur la plus basse au moment du vêlage puis sa remontée pendant la lactation dépend de la durée et de l'intensité de la balance énergétique négative, en relation avec la reconstitution des réserves adipeuses. Les concentrations plasmatiques en leptine sont plus faibles durant la lactation chez les vaches dont le statut énergétique est négatif. Les vaches ayant les concentrations plasmatiques les plus hautes en leptine ont présenté des intervalles plus courts entre vêlage et premières

chaleurs observées (**LIEFERS, 2003**). La GH, hormone hypophysaire, intervient dans la croissance de l'animal, le métabolisme, la lactation et la reproduction. La plupart de ses effets sont réalisés via l'IGF-I, synthétisé dans le foie et les ovaires en réponse à la GH (**LUCY, 1999**). Les IGF sont synthétisés sous la stimulation de la GH, sauf lors de déficit énergétique. Ainsi, en début de lactation, la forte sécrétion de GH ne s'accompagne pas d'une importante production d'IGF (**ENJALBERT, 2002**).

### **1.1.1. Action centrale**

On rappelle qu'il existe deux grandes classes de follicules ovariens, séparés par un diamètre folliculaire caractéristique d'espèce (4 à 5 mm chez la vache) : les « petits » follicules (diamètre en dessous du seuil), dont la croissance, peu ou pas dépendante de la présence des gonadotrophines hypophysaires, est sous le contrôle de facteurs de croissance ou de l'insuline, et les « gros » follicules (diamètre au-dessus du seuil), dont la croissance est strictement dépendante de la présence des gonadotrophines hypophysaires. Toute perturbation de la sécrétion de LH aura donc des conséquences directes beaucoup plus importantes sur les « gros » follicules. En cas de pulsatilité modérée de la sécrétion de LH, l'ovulation sera favorisée. Lorsque cette pulsatilité sera faible, le risque d'anoestrus augmente. Une fréquence trop élevée de décharges de LH, associée à un défaut de pic de LH, prédispose à la formation de kystes (**SILVIA et al., 2002**). Les vaches laitières en postpartum verront leur activité ovarienne reprendre une fois que la pulsatilité de la sécrétion de LH aura atteint un niveau critique. L'augmentation de la sécrétion de LH stimule la maturation d'un follicule dominant (**MIHM et al., 2002**). Celui-ci produit de l'œstradiol jusqu'à un niveau suffisant pour déclencher un pic de LH. La capacité d'une vache à obtenir ce pic de LH et à aboutir à l'ovulation sera permise tant que ce rétrocontrôle positif de l'œstradiol sera effectif. Le déficit énergétique peut entraîner une moindre sécrétion de GnRH par l'hypothalamus (**TERQUI, 1982**). Il est suggéré que les hormones sous influence métabolique, c'est à dire IGF-I, insuline et leptine, modifient la sécrétion de GnRH, par action directe ou indirecte sur les neurones à GnRH (**WILLIAMS et al., 2002**). Le statut énergétique de la vache affecte également les caractéristiques de la sécrétion pulsatile de LH : la fréquence de cette sécrétion augmente et son amplitude diminue lorsque le pic de déficit énergétique est passé (**CANFIELD et al., 1990 ; BEAM et al., 1999**). Selon (**ZUREK et al., 1995**), la concentration plasmatique en IGF-I est corrélée avec la

fréquence de la sécrétion pulsatile de LH. L'alimentation, à moins d'être radicalement modifiée, n'a que peu d'effets sur les concentrations circulantes en gonadotrophines chez les ruminants, contrairement aux primates chez qui des changements nutritionnels même éphémères se traduisent par une altération de la sécrétion des gonadotrophines (**BOLAND et al., 2001**).

Ces effets à médiation hormonale agissent donc en temps réel : un déficit énergétique pendant la période de mise à la reproduction peut donc être potentiellement néfaste. Les mêmes hormones et métabolites influençant la sécrétion de GnRH et in fine les sécrétions de LH et de FSH agirait aussi directement sur l'ovaire par modification de la sensibilité des gonades aux gonadotrophines.

### **1.1.2. Action sur l'activité ovarienne**

Un déficit énergétique affecterait la croissance folliculaire, surtout par altération des petits follicules, soixante à quatre-vingt jours avant ovulation, lorsque les cellules de la thèque interne, sensibles à la LH, se multiplient ainsi que celles de la granulosa, sensibles à la FSH. Ces altérations pourraient gêner le développement ultérieur du follicule, conduisant à une atrésie du follicule secondaire ou tertiaire, ou à un retard d'ovulation. Un tel phénomène explique le décalage temporel observé entre déficit énergétique et conséquences sur l'activité ovarienne. Chez les vaches en déficit énergétique important, on observe davantage de follicules de moins de 9 mm de diamètre et moins de gros follicules (**LUCY, 1991**). Lors de déficit énergétique, on observe une moindre réceptivité des ovaires à la sécrétion de LH. De même, la concentration en œstradiol est plus faible dans le liquide folliculaire chez les vaches qui reçoivent des rations à concentration énergétique modérée (**KENDRICK, 1999**), ce qui pourrait être une conséquence de l'altération de la granulosa. Une telle diminution de sécrétion d'œstradiol pourrait être à l'origine d'un retard d'ovulation en retardant le pic de sécrétion de LH. Elle pourrait aussi être à l'origine de la moindre expression des chaleurs (**SPICER et al., 1990**). Au cours du deuxième cycle, seulement 2/3 des vaches en bilan énergétique négatif manifestent leurs chaleurs avant l'ovulation, contre 80 % des vaches en bilan énergétique positif. Cette ovulation précoce pourrait limiter le taux de réussite à l'insémination puisque l'ovule n'est fécondable que pendant quelques heures après l'ovulation. Les caractéristiques de l'environnement folliculaire auquel l'ovocyte pré-ovulatoire est exposé seraient l'un des facteurs principaux déterminant la fertilité. Il existe une corrélation remarquablement forte entre les concentrations sériques en glucose,  $\beta$ -hydroxybutyrate et urée et les mêmes

concentrations dans le liquide folliculaire du follicule dominant chez les vaches laitières hautes productrices en postpartum immédiat (**LEROY et al., 2004**). Les mêmes auteurs généralisent en avançant que les adaptations métaboliques typiques observés dans le sérum au cours de cette période sont retrouvées dans le fluide folliculaire et pourraient ainsi affecter la qualité de l'ovocyte et des cellules folliculaires. Des concentrations supérieures en insuline et en glucose sont retrouvés dans les follicules dominants par rapport aux follicules subordonnés, suggérant leur implication dans le mécanisme de la maturation folliculaire (**LANDAU et al., 2000**). La diminution de la concentration sérique en IGF-I observée lors de déficit énergétique se traduit par une baisse de teneur en IGF-I dans le fluide folliculaire des petits follicules (moins de 7 mm), mais pas dans les gros follicules (**BENOIT, 1996**), bien que la croissance du follicule dominant puisse être aussi diminuée lors de déficit énergétique. Seuls les follicules dont le développement a démarré après la fin d'une période de fort déficit énergétique pourraient conduire à une possibilité d'ovulation et de fécondation normales, mais le délai entre le début de ce développement et de l'ovulation est de 60 à 100 jours. Ces effets sur la croissance folliculaire expliquent qu'un déficit énergétique précoce aurait des conséquences plusieurs semaines plus tard, en compromettant l'avenir des follicules de petite taille en tout début de lactation. L'insuline favorise la sécrétion d'œstradiol par le follicule dominant de la première vague folliculaire postpartum chez la vache laitière et cet effet n'apparaît pas associé à des modifications de la sécrétion de LH. L'effet de l'insuline se traduit également par une diminution des acides gras non estérifiés circulants et une augmentation en IGF-I circulant (**BUTLER et al., 2004**). L'IGF-I favorise la stéroïdogénèse dans les cellules folliculaires (par stimulation de l'aromatisation) sous contrôle de la FSH et de la LH, ainsi que l'induction des récepteurs à LH, la synthèse d'inhibine (**ZULU et al., 2002**) et la prolifération des cellules thécales (**BEAM et al., 1998**). Il augmente également la sensibilité des cellules folliculaires à la FSH et à la LH, diminue celle de l'axe hypothalamo-hypophysaire aux effets inhibiteurs de l'œstradiol et serait aussi impliqué dans la formation et le fonctionnement d'un corps jaune normal (**ZULU et al., 2002**). Les concentrations en IGF-I circulant sont corrélées aux concentrations plasmatiques d'œstradiol au cours de la période de croissance du follicule dominant (**BEAM et al., 1998**). L'échec de l'ovulation faisant suite à la première vague folliculaire postpartum est associé à un pic d'œstradiol plasmatique plus faible, de valeurs faibles d'IGF-I plasmatique et d'un intervalle vêlage-pic de déficit



énergétique rallongé, par rapport à une première vague folliculaire aboutissant à une ovulation (**BEAM et al., 1997**). La concentration plasmatique d'œstradiol reste plus basse chez les vaches n'ovulant pas du 8<sup>ème</sup> au 14<sup>ème</sup> jour postpartum, période pendant laquelle apparaît un follicule dominant de plus de 10 mm de diamètre, par rapport aux vaches qui ovuleront, alors que le diamètre maximum du follicule dominant non-ovulatoire est supérieur en moyenne de 2 mm à celui ovulatoire et est associé à une augmentation de la durée de vie du follicule d'environ 3 jours (**BEAM et al., 1998**).

### **1.1.3. Autres effets**

Une augmentation du rapport glycémie sur 3-hydroxybutyrate plasmatique, situation rencontrée après le pic de déficit énergétique, est associée à une plus forte probabilité d'expression des chaleurs à la première ovulation (**WESTWOOD et al., 2002**). Même lorsque l'ovulation a lieu, un développement folliculaire insuffisant peut entraîner la formation d'un corps jaune dont l'activité est elle-même insuffisante. La sécrétion de progestérone par le corps jaune est limitée chez des vaches qui ont subi un déficit énergétique : les concentrations en progestérone sont positivement corrélées avec le niveau de la balance énergétique (**LUCY, 1991 ; SENATORE, 1996 ; VILLA-GODOY, 1988**), au moins jusqu'au cinquième cycle, et le taux de réussite à l'insémination s'en trouve très affecté (**BRITT, 1992**). Une activité lutéale réduite, observée lorsque la balance énergétique est négative, est associée à des concentrations sériques en IGF-I réduites (**SPICER et al., 1990**). Selon (**VILLA-GODOY et al., 1990**), l'activité lutéale des 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> cycle œstraux postpartum est d'autant plus réduite que le pic de déficit énergétique est tardif et ample. Le timing de l'augmentation de la progestéronémie au cours de la phase lutéale précoce (J4-J5) apparaît comme déterminant pour la fertilité, probablement parce qu'il conditionne la qualité de l'activité sécrétoire du tractus génital, influençant ainsi le développement embryonnaire et la production de l'interféron  $\tau$  par l'embryon (activité antilutéolytique) (**WATHES et al., 2003**). Il est intéressant de noter ici que les concentrations plasmatiques des stéroïdes et des gonadotrophines diffèrent entre génisses et vaches laitières : les concentrations en œstradiol autour de l'œstrus et le pic pré-ovulatoire de LH sont supérieurs chez la génisse, de même que la progestéronémie du 3<sup>ème</sup> au 16<sup>ème</sup> jour du cycle, ce qui pourrait compter dans la différence de fertilité observée entre les deux catégories de femelles (**WOLFENSON et al., 2004**). Un déficit énergétique sévère aurait également un impact défavorable sur la qualité des ovocytes. L'effet toxique de fortes concentrations circulantes en acides gras non estérifiés est invoqué (**KRUIP et al., 2001**).

Les rations alimentaires qui apparaissent optimales pour la croissance folliculaire semblent avoir un effet négatif sur la qualité de la maturation de l'ovocyte (**ARMSTRONG et al., 2003**). Une autre étude rapporte l'incidence marquée d'embryons à la qualité et à la viabilité diminuées chez des vaches laitières hautes productrices en début de lactation par rapport à des vaches taries (**SARTORI et al., 2002**). Le développement embryonnaire serait compromis, même tardivement pendant la lactation, par les modifications métaboliques associées à des notes d'état corporel basses (inférieures à 2,5 points) (**SNIJERS et al., 2000**). Une balance énergétique négative prolongée retarde le moment de la première ovulation postpartum : au niveau central, par perturbation de la sécrétion pulsatile de LH ; au niveau des follicules, par altération de leur croissance et de leur maturation en diminuant leur sensibilité aux gonadotrophines ainsi que la stéroïdogénèse. Le déficit énergétique a également des effets délétères sur l'activité lutéale et le développement embryonnaire précoce.

## **1.2. Impact de l'alimentation azotée sur la fertilité**

### **1.2.1. Carences azotées**

Les carences en azote peuvent intervenir dans des troubles de la reproduction lorsqu'elles sont fortes et prolongées, entrant alors dans le cadre d'une sous-nutrition globale. Un déficit en azote dégradable entraîne indirectement un déficit énergétique via une moindre digestion ruminale.

#### **a. Excès azotés**

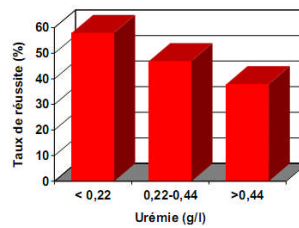
Les excès d'azote non dégradable agissent également par le biais d'un accroissement du déficit énergétique dû à une stimulation de la production laitière. Les conséquences d'un excès d'azote dégradable sont plus marquées. Il provoque un déficit énergétique accru, en raison de la consommation d'énergie par le foie pour la transformation en urée de l'ammoniac absorbé par la muqueuse ruminée. D'autre part, les augmentations de l'urémie et de l'ammoniémie induites par ce type de ration ont pour conséquences :

- une diminution du pH utérin, affectant la survie des spermatozoïdes (**ELROD et al., 1993**).
- un effet cytotoxique sur ces mêmes spermatozoïdes ainsi que sur l'ovocyte, voire sur l'embryon, en limitant la capacité des oocytes à devenir blastocystes (**ELROD et al., 1993**).
- une diminution de la progestéronémie (**BUTLER, 1998**).
- une augmentation de la sécrétion de PGF2 $\alpha$  (**BUTLER, 1998**).

La conséquence la mieux précisée de ces effets sur les performances de reproduction est une

diminution du taux de réussite à l'insémination, plus marquée que l'allongement de la durée de l'anoestrus postpartum. Les vaches nourries avec une ration à forte teneur en azote dégradable perdent davantage de poids en début de lactation, ont un TRIA1 plus faible et un IV-IF prolongé (WESTWOOD *et al.*, 2002). La relation négative entre l'urémie et le TRIA est illustrée par figure 9

**Figure 9 : Relation entre l'urémie et le TRIA1 (d'après FERGUSON, 1991).**



Une baisse du taux de gestation liée à un excès de protéines alimentaires apparaît importante pour des teneurs en urée dans le lait supérieures à 40 mg/dL (teneur similaire et hautement corrélée à l'urémie plasmatique) déterminée par (FROIDMONT *et al.*, 2002). Cependant, toutes les expérimentations ne retrouvent pas une telle relation négative. Une explication à ces divergences pourrait être liée à l'interaction d'autres facteurs. Le taux de réussite à l'insémination est davantage affecté par des urémies élevées dans des élevages où ce taux de réussite est habituellement faible que dans des élevages performants (FERGUSON *et al.*, 1993). L'origine d'excès d'azote dégradable en élevage peut être complexe. Elle peut aller d'un mauvais choix de complément azoté (tourteau à protéines trop dégradables), à une mauvaise appréciation des fourrages. Dans certains cas, cet excès d'azote dégradable peut être impossible à éviter, avec certains ensilages d'herbe riches en azote, ou avec de l'herbe jeune.

### **1.2.2. Influence de l'alimentation minérale et vitaminique**

L'influence de l'alimentation minérale et vitaminique sur la fertilité des vaches laitières semble moins importante que celle du déficit énergétique et des excès azotés; les carences graves en minéraux et vitamines sont d'ailleurs rares en élevage laitier.

#### **a. Minéraux majeurs**

##### **a.1. Rôle du calcium**

Des apports calciques importants en début de lactation, associés à de la vitamine D, permettent l'accélération de l'involution utérine et de la reprise de la cyclicité ovarienne.

L'hypocalcémie semble souvent associée à la rétention placentaire, au retard d'involution utérine, et finalement aux métrites. Il est toutefois difficile de conclure sur l'influence réelle des épisodes d'hypocalcémie puerpérale sur le retard d'involution utérine et donc sur le retard à la fécondation, les vaches sujettes à cette pathologie métabolique présentant une production laitière supérieure et donc vraisemblablement un déficit énergétique plus prononcé (**KAMGARPOUR et al., 1999**).

#### **a.2. Rôle du phosphore**

Les carences en phosphore sont classiquement invoquées lors de troubles de la fertilité chez les vaches laitières. Lorsque le déficit phosphorique excède 50 % des besoins, on constate une augmentation de la fréquence du repeat-breeding, des kystes ovariens, et d'anoestrus.

#### **a.3. Rôle du magnésium**

Lors de carence en magnésium, la résorption moins efficace du collagène utérin est à l'origine d'un retard d'involution utérine, augmentant le risque d'apparition de métrite et retardant le retour à une cyclicité ovarienne normale.

#### **a.4. Oligo-éléments et vitamines**

##### **a.4.1. Influence sur les maladies génitales du postpartum**

Lors de rations carencées en vitamine E et/ou en sélénium, un apport restaurant le statut nutritionnel recommandé à l'égard de ces deux micronutriments diminue la fréquence des rétentions placentaires, et par conséquent le risque de métrite postpartum (**HARRISON et al., 1984**). Le mode d'action serait lié à leur propriété antioxydant, soutien des défenses immunitaires (notamment de l'activité des polynucléaires neutrophiles) impliquées dans le mécanisme d'expulsion du placenta.

##### **a.4.2. Rôles dans la reprise de la cyclicité ovarienne**

Les relations établies entre le statut des bovins en oligo-éléments ou en vitamines et la reproduction sont nombreuses et souvent contradictoires car peu spécifiques. Les carences en cobalt (anoestrus), en cuivre, en iode, en sélénium et en vitamine A peuvent affecter les performances de reproduction. Une carence en sélénium augmenterait le risque de kystes ovariens (**HARRISON et al., 1984**). La carence en vitamine A (indirecte par carence en bêta carotène, son précurseur) affecte davantage le développement fœtal que la fonction ovarienne, se traduisant par une diminution du TRIA1. Malgré son importance relative moindre, il convient de contrôler

l'alimentation minérale et vitaminique lorsque la fréquence des troubles liés à la reproduction est anormalement élevée en élevage, en vérifiant :

- l'existence d'une complémentation par un aliment minéral et vitaminé (A.M.V.),
- l'adéquation du type d'A.M.V. (pourcentages de calcium et phosphore) aux besoins des animaux, en fonction de la nature des fourrages,
- les teneurs de l'A.M.V. en sodium, magnésium, oligo-éléments et vitamines. Des teneurs excédentaires peuvent entraîner des interactions négatives au niveau de l'utilisation digestive,
- le mode de conservation de l'A.M.V. et le respect de la date limite d'utilisation (conservation des vitamines),
- le mode de distribution assurant plus ou moins bien la maîtrise de la consommation par chaque vache.

## **1. Principe et échelles de notation**

Depuis quelques décennies la note d'état corporel est devenue un moyen efficace de gestion de l'alimentation des vaches laitières, pendant les différentes périodes critiques de leur cycle de production. Elle constitue l'un des plus simples, pratiques et efficaces outils. La notation de l'état corporel des bovins laitiers est devenue un outil stratégique, pour la conduite d'élevage comme pour la recherche. Une multitude d'échelles et de critères de notation sont proposés selon les pays ou selon les auteurs. La note de l'état corporel peut être attribuée à une vache, soit par l'appréciation visuelle, soit par la palpation ou en combinant les deux. Des photos et des descriptions d'animaux peuvent être utilisées pour évaluer la condition corporelle **(KELLOGG,2010)**. Les vaches maigres sont en mauvais état corporel, elles semblent très tranchantes et anguleuses et sont sujettes à des problèmes sanitaires. Alors qu'une vache grasse semble lisse et carrée avec des structures osseuses cachées à la vue et au toucher **(WHITTIER et al., 1993)**. Cette dernière est exposée aux difficultés de vêlage et au syndrome du foie gras. Il est important de signaler la différence entre « note d'état corporel » et « note de gras ». Cette dernière est attribuée tant sur les carcasses que sur les animaux vivants. Il s'agit des notes de conformation, de contrôle de performance en amélioration génétique et de qualité des carcasses.

### **1.1. Période de notation des femelles**

#### **1.1.1. Chez la génisse**

Les génisses de remplacement sont notées au moins trois fois avant qu'elles vèlent **(ARABA, 2006)** :

- A 6 mois d'âge pour être certain qu'elles ne gagnent pas du poids trop rapidement ou trop lentement. L'une ou l'autre condition peut affecter le développement mammaire.
- A l'âge de mise à la reproduction,
- Environ deux mois avant le vêlage.

Chapitre III : Note d'état corporel.

### **1.1.2. Pour les vaches laitières**

Il y a six périodes clés dans leur cycle de production annuelle où l'état corporel de la vache doit être évalué et qui sont :

- le milieu de la phase de tarissement,
- au vêlage et
- après environ 45, 90, 180 et 270 jours de lactation.

Ces époques correspondent aux moments précis où l'on doit prendre des décisions importantes relativement à l'alimentation, à la mise à la reproduction et à la gestion sanitaire des vaches **(BETH, 1996)**.

### **1.2. Multiplicités des systèmes de notation**

Au départ **(LOWMAN et al., 1973)** n'ont pris en considération que la région lombaire et la région de la base de la queue afin d'attribuer la notation de l'état corporel. Actuellement, la plupart des systèmes incluent les régions de la colonne vertébrale (dos, lombes, et croupe), les côtes, apophyses épineuses (lombes), les tubérosités sacrales (os de la hanche) et ischiatique (pointe la fesse), les vertèbres coccygiennes antérieures (base de la queue) et la région de la cuisse **(ROCHE et al., 2004)**.

La pratique de notation de l'état corporel se répand à travers le monde :

- une échelle à 10 points en Nouvelle-Zélande
- une échelle à 8 points se développe en Australie ;
- une échelle à 6 points en France
- une échelle à 5 points en Irlande, UK et USA.

Le système le plus couramment utilisé pour les vaches laitières est une échelle de 1 à 5, avec 1 pour une vache émaciée, 2 mince, 3 moyenne, 4 grasse et 5 obèse **(WILDMAN et al., 1982 ;**

Chapitre III : Note d'état corporel.

**FLAMENBAUM et al., 1995, ROCHE et al., 2004**). Il est courant de diviser la gamme incréments de 0,25 ou 0,50 point (WILDMAN et *al.*, 1982 ; EDMONSON et *al.*, 1989 ; FERGUS et *al.*, 1994). Il faut se tenir directement derrière la vache être sûr que la vache est détendue, parce que la raideur musculaire se traduira par une notation inexacte. Observer le degré de dépression autour de la base de la queue, noter ensuite la région de la croupe en plaçant la main sur l'os de la pointe de la fesse et l'os pelvien et palper la quantité de gras de couverture.

### 1.2.1. Echelle de notation de 1 à 5

La note 1 est attribuée à une vache trop maigre (**figure10 ; note1**) dont les caractéristiques sont :

- Cavité profonde autour de la base de la queue.
- Les os du bassin et des côtes courtes précises et faciles au toucher.
- Aucun tissu gras dans les régions pelvienne et lombaire.
- Profonde dépression au niveau lombaire (rénale) (**KELLOGG, 2010**).



a- Région lombaire



b- Base de la queue

**Figure 10 : Note 1**

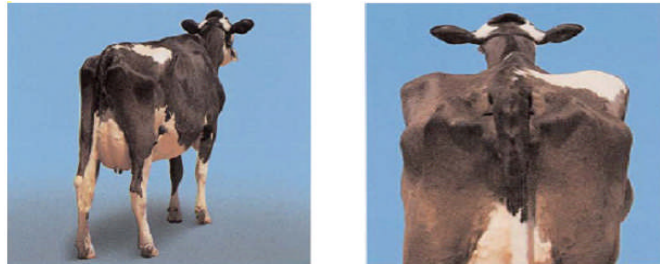
La note de 2 est attribuée à une vache maigre (**figure11 ; note2**) dont les principales caractéristiques sont :

- Cavité peu profonde autour de la base de la queue avec un peu de tissu gras tapissant et couvrant la pointe de la fesse.



### Chapitre III : Note d'état corporel.

- Le pelvis facile à sentir.
- Les bouts des côtes courtes sentis arrondies et les surfaces supérieures peuvent être ressenties avec une légère pression.
- Une dépression visible dans la zone lombaire (**KELLOGG, 2010**).



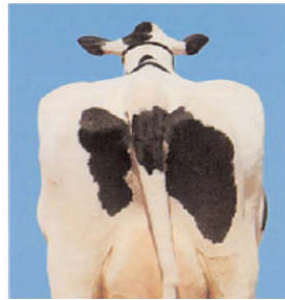
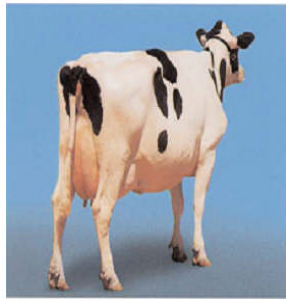
**a- Région lombaire      b- base de la queue**

**Figure11 : Note 2**

La note 3 est attribuée à une vache moyenne (**Figure12 ; Note 3**), les essentiels points spécifiques sont :

- Pas de cavité autour de la base de la queue et le tissu adipeux facile à sentir sur toute la zone.
- Le bassin peut être senti avec une légère pression.
- Une couche épaisse de tissu recouvrant le bout supérieur des courtes côtes qui peuvent encore se faire sentir avec une pression.
- Une légère dépression dans la zone lombaire (**KELLOGG, 2010**).

Chapitre III : Note d'état corporel.

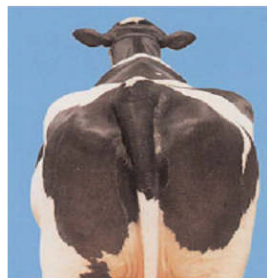


**a-région lombaire    B-base de la queue**

**Figure 12 : Note 3**

La note de 4 est accordée à une vache grasse (**Figure13 ; Note 4**), dont les essentielles caractéristiques sont :

- Les plis du tissu adipeux sont visualisés autour de la base de la queue avec des plaques de graisse recouvrant les pointes osseuses du bassin.
- Les côtes courtes ne peuvent plus être senties.
- Pas de dépression au niveau de la région lombaire.
- Pas de dépression dans la zone lombaire (**KELLOGG, 2010**).



**a- Région lombaire    b- base de la queue**

**Figure 13 :Note 4**

La note de 5 est accordée aux vaches obèses (**Figure 14 ; Note5**) caractérisées par :

- La base de la queue est enterrée dans l'épaisse couche de tissu gras.

### Chapitre III : Note d'état corporel.

- Les os du bassin ne peuvent jamais se faire sentir avec une pression ferme.
- Les côtes courtes sont couvertes d'une couche épaisse de tissu gras (KELLOGG, 2010).



a- Région lombaire      b- base de la queue

Figure 14 : Note5

#### 1.2.2. Echelle de notation de 1 à 9

Le système de notation sur une échelle de 1 à 9 est résumé dans le tableau 4, avec une note de 1 pour une vache très maigre et 9 pour une vache très grasse (Tableau 4, WHITTIER et al., 1993).

Tableau 4 : Description des scores de l'état corporel (WHITTIER et al., 1993).

Condition	Note	Description
Mince	1	Très émaciée. Toutes les côtes et structures osseuses facilement visibles. Physiquement faible.
	2	Émacié, semblable à 1 (ci-dessus), mais pas affaibli. Peu de tissu musculaire visible.
	3	Très mince, pas de gras sur les côtes ou poitrine, et certains muscles restent visibles. Dos facilement visible.
Limite	4	Mince, avec des côtes bien visibles mais les épaules et l'arrière train montrent une musculature nette. Epine dorsale visible.
Optimale	5	Modérée à mince. Les deux ou trois dernières côtes peuvent être visibles. Faible évidence de graisse sur la poitrine, sur les côtes et autour de la base de la queue.
	6	Apparence globale lisse. Certains dépôts de graisse sur la poitrine et la base de la queue. Les côtes couvertes et le dos apparaît rond.
	7	Très bon état d'embonpoint, poitrine pleine, la base de la queue montre des poches de gras et le dos semble carré à cause du gras. Les côtes très lisses.
Grasse	8	Obèse, dos très carré, poitrine développée, grosses poches de gras autour de la base de la queue, et la vache a une apparence carrée à cause de l'excès de graisse. Cou épais et court.
	9	Rarement vu. Très obèse. Description de 8 exagérée à l'extrême. Gros dépôts de graisse sur la mamelle.

### **1.2.3. Graduation de l'échelle**

Il arrive souvent qu'une note différente soit attribuée à une même vache à des endroits différents. L'échelle ITEB se compose d'une note arrière et d'une note de flanc, attribuées en point entier mais dont la note finale est la moyenne des deux et peut donc s'attribuer en demi-point. Souvent la note attribuée en demi-point donne à la note finale une valeur en quart de point.

### **1.3. Intérêt de la notation de l'état corporel chez la vache laitière**

La notation de l'état corporel est largement utilisée pour évaluer l'équilibre énergétique des vaches et fournir des informations sur l'alimentation, aussi bien que sur le statut sanitaire du troupeau (**KELLOGG, 2010 ; HADY et al., 1994 ; KOHIRUIMAKI et al., 2006**).

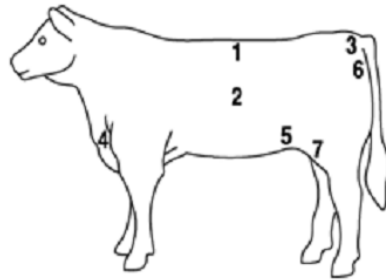
La notation de l'état corporel a prouvé son utilité comme outil de gestion pour évaluer l'état nutritionnel des vaches laitières (**KELLOGG, 2010 ; WHITTIER et al., 1993 ; HADY et al., 1994 ; BEWLEY et al., 2008**). Elle peut être un outil de gestion utile pour les producteurs laitiers pour gérer la nutrition de leur troupeau. A son tour, cette amélioration de l'état nutritionnel devrait permettre d'améliorer la production laitière, ainsi que la performance de reproduction et la santé des animaux (**KELLOGG, 2010**). L'ajustement du programme nutritionnel pour obtenir une condition physique à différents stades de la production est nécessaire pour améliorer l'efficacité de la production (**ENCINIAS et al., 2000**). La vache laitière utilise les réserves énergétiques du corps en début de la lactation, la condition corporelle est devenue une partie intégrante de la gestion des troupeaux laitiers (**SCHRÖDER et al., 2006**). La vache est programmée afin d'utiliser des excédents de réserve au moment où elle est en bilan énergétique négative.

### **1.4. Hiérarchie des fonctions physiologiques**

Il existe une hiérarchisation des fonctions physiologiques pour les éléments nutritifs disponibles et non pas un processus de distribution identique (**BAUMAN et al., 1980**). Un ordre de priorité des fonctions physiologiques pour les éléments nutritifs disponibles a été proposé à partir du plus haut au plus bas : l'entretien, la gestation, la croissance, la lactation, les dépôts de réserves et la

### Chapitre III : Note d'état corporel.

cyclicité de reproduction. Généralement, les bovins entreposent la matière grasse en amas adipeux à l'extérieur du corps (sous-cutané) dans l'ordre suivant (**Figure 15, ENCINIAS et al., 2000**).le dos ou les lombes, les côtes, la base de la queue, la poitrine, le flanc, la vulve et/ou du rectum et le pis ou la glande mammaire.



**Figure 15 : Sites de dépôt de graisse chez la vache (ENCINIAS et al., 2000).**

#### **1.5. Représentativité du statut énergétique de l'animal**

Bien que subjective, la méthode de notation de l'état corporel chez la vache peut toutefois être corrélée à d'autres mesures objectives, comme le poids vif ou la composition des tissus corporels. La note d'état corporel reflète l'épaisseur de la graisse sous-cutanée (**EDMONSON et al., 1989**). Une corrélation positive a également été démontrée entre la note d'état corporel chez la vache et la lipomobilisation (**DOMECQ et al., 1997**), mais aussi avec la balance énergétique négative cumulée (DOMECQ et al., 1997). Une variation d'un point de la note d'état corporel représente environ 56 kg de variation de poids corporel et 400 Mcal d'énergie nette, sur une échelle de score de 1 à 5 (**FERGUSON, 2001**). Les changements de réserves d'énergie ont considérablement influencé la productivité des vaches laitières, leur état sanitaire et leur reproduction. De ce fait, il y a un besoin évident de surveiller la gestion optimale des réserves corporelles chez la vache laitière (BEWLEY et al., 2008). Les approches alternatives pour prévoir les réserves d'énergie ou de l'équilibre énergétique chez les bovins laitiers comprennent le profil métabolique, l'évaluation de l'épaisseur du pli cutané et la mesure du poids vif. Une méthode moins courante pour évaluer les réserves de graisse dans les tissus du corps est la mesure de l'épaisseur du lard dorsal à l'aide d'ultrasons.

### **1.5.1. Méthodes d'estimation des réserves d'énergie basées sur les profils métaboliques**

Des facteurs métaboliques et hormonaux peuvent être utilisés pour évaluer le bilan énergétique d'une manière plus opportune. Ces facteurs comprennent les acides gras non estérifiés, la créatinine, l'albumine, l'acide Béta-hydroxybutirique, l'hormone de croissance, le glucose, le cholestérol, l'urée, l'insuline, l'IGF-1, la tri-iodothyronine, le lactose...etc. La calorimétrie respiratoire est considérée comme l'approche standard pour déterminer le métabolisme énergétique, elle exige l'utilisation de chambres de respiration. La dilution de l'eau corporelle avec de l'oxyde de deutérium, l'urée ou l'antipyrine est une approche moins précise. Une autre technique pour évaluer les changements dans la quantité de la graisse corporelle est la mesure des diamètres moyens des cellules de graisse (**SCHRÖDER et al., 2006**). Bien que ces mesures puissent fournir une évaluation plus objective du bilan énergétique, chacune a ses propres limites. Ces techniques ont les inconvénients d'exiger la collecte d'échantillons et un équipement d'analyses coûteux. Malheureusement, ces méthodes sont trop encombrantes, voire impossibles à réaliser de manière régulière dans un cadre pratique (**BEWLEY et al., 2008**). Ces méthodes trouvent une meilleure utilité dans le cadre de la recherche (**WALTNER et al., 1994 ; SCHRÖDER et al., 2006**).

### **1.5.2. Méthodes d'estimation des réserves d'énergie basées sur le corps**

#### **a. Mesure du pli cutané**

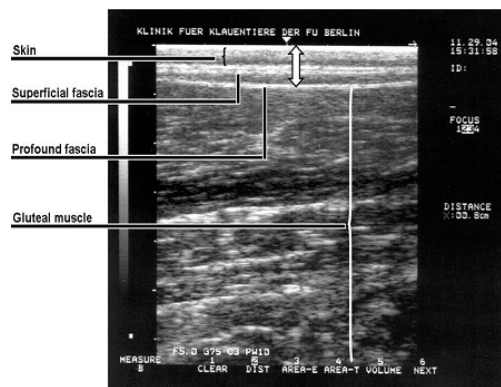
Cette méthode a été utilisée dans les élevages bovins laitiers (**BRUCKMAIER et al., 1998**). La valeur du pli cutané a été définie comme la moyenne des mesures obtenues à l'aide d'un pied à coulisse au niveau de l'épaule, du fanon, derrière la base de la mamelle et de la queue, l'épaisseur du pli cutané de la région du cou (presque pas de graisse sous-cutanée à cet endroit). Les valeurs du pli cutané étaient similaires à ceux de la notation de l'état d'embonpoint et peuvent être utilisées en complément pour évaluer l'état nutritionnel d'une vache laitière (**SCHRÖDER et al., 2006**).

#### **b. Mesure de la couche de lard dorsal par les ultrasons**

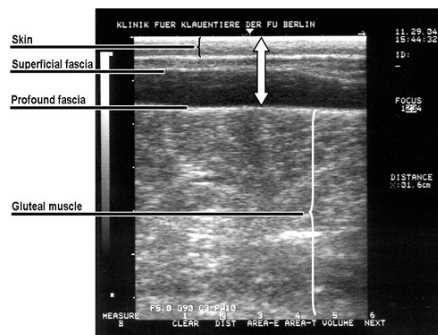
L'utilisation de l'échographie soit comme alternative ou moyen de vérifier la condition physique a

### Chapitre III : Note d'état corporel.

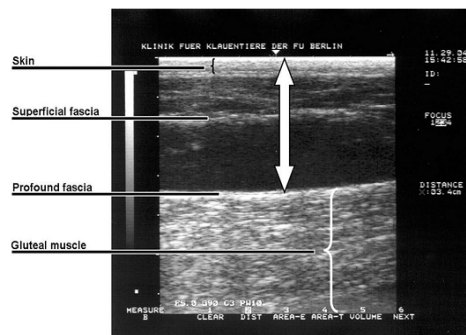
été démontrée dans plusieurs études de recherche (**DOMECQ et al., 1995**). Un nouvel aspect est l'application de l'échographie comme outil de suivi dans la gestion des troupeaux laitiers. L'épaisseur du lard dorsal a aussi été associée à d'autres méthodes d'évaluation de la condition corporelle. Cette méthode est d'une valeur ajoutée par rapport à d'autres systèmes de notation de l'état corporel, car elle est objective et précise. Les changements de l'état corporel peuvent être détectés et évalués correctement (Figure 16 ; Figure 17 : (**SCHRÖDER et al., 2006**).



a- Etat d'embonpoint faible (8 mm de gras).

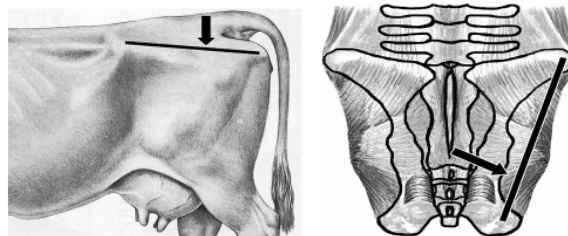


b- Etat d'embonpoint modéré (16 mm de gras).



c- Etat d'embonpoint gras (34 mm de gras)

Figure 16 : Image ultrasonique illustrant l'épaisseur du lard dorsal chez une vache (SCHRÖDER et al., 2006).



a- vue latérale

b- vue de haut

Figure 17 : Emplacement du site d'examen (SCHRÖDER and al., 2006).

### c. Poids vif

L'introduction du poids corporel dans l'objectif de la reproduction par la considération de l'importance d'un nouvel indice économique a révélé avoir 10% d'importance de la valeur génétique du profit. La raison pour la considération du poids corporel dans les objectifs de reproduction reste fondamentale dans l'équilibre des relations antagonistes entre les caractères génétiques et économiques. Les résultats suggèrent que la sélection pour le profit réel devrait être faite en maintenant un poids corporel constant (PEREZ-CABAL et al., 2006). Une forte réponse économique a été trouvée lorsque le poids corporel a été inclus comme un index de sélection avec le lait, la graisse et les protéines (SPELMAN et al., 1997). La solution la plus évidente est de surveiller les changements dans les réserves du corps en utilisant le poids corporel (BEWLEY et al.,



### Chapitre III : Note d'état corporel.

**2008**). L'effet du changement de la note d'état d'embonpoint sur la reproduction en début de lactation est appuyé par l'effet d'un changement du poids vif (**ROCHE et al., 2007**). Le poids corporel au vêlage est positivement lié à la production de la première lactation. De plus, le poids corporel au premier vêlage est un facteur significatif dans le succès de la délivrance des veaux (**HOFFMAN et al., 1992**). Bien que le poids vif représente un critère de mesure, il peut être affecté de façon marquée par des viscères remplis et le stade de gestation. Le poids vif est parfois utilisé à tort comme un indicateur de l'état corporel et des réserves de graisse, mais ne reflète pas avec exactitude les changements dans l'état nutritionnel (**WITTIER et al., 1993**). Les changements dans le poids sont influencés par des facteurs autres que les changements dans la quantité de graisse du corps, y compris les changements dans les protéines internes et l'eau, le contenu gastro-intestinal, les changements du poids des organes, le développement fœtal et la taille de la carcasse (**BROSTER et al., 1998 ; SCHRÖDER et al., 2006; ROCHE 2007**). D'un autre point de vue les balances d'animaux, la contention et les systèmes de manutention nécessaires pour déterminer le poids vif ne sont pas toujours disponibles dans les fermes laitières (**SCHRÖDER et al., 2006**).

#### 1.5.3. Fiabilité de la méthode

La notation de l'état corporel apparaît comme une méthode répétable mais également reproductible : une corrélation de 82 % entre les notes attribuées à un animal par le même observateur, et de 79 % entre les notes accordées par les observateurs lors d'un même test ont été rapportées (**AGABRIEL et al., 1986**). Environ 90 % des notations entre 2 observateurs ne diffèrent que de 0,25 point (**FERGUSON et al., 1994**).

D'autre part, il semble que l'utilisation de grilles sous forme de diagramme permet à un observateur débutant d'évaluer la note d'état corporel avec la même précision qu'un initié (**EDMONSON et al., 1989**).

#### 1.5.4. Autres intérêts zootechniques

La notation de l'état corporel peut constituer un outil intéressant dans l'évaluation de l'adéquation entre les apports et les besoins d'énergie. L'observation et le suivi de l'état corporel

## Chapitre III : Note d'état corporel.

d'un troupeau au cours de la lactation permettent une meilleure gestion de la conduite alimentaire, notamment par une correction de la ration si nécessaire. D'autre part, la note d'état elle-même ou ses variations sont associées à des troubles sanitaires nombreux comme des boiteries, des troubles métaboliques (cétose, fièvre de lait) et de nombreux troubles de la reproduction : métrites, kystes ovariens, dystocies, rétentions placentaires et baisse de fertilité **(FERGUSON, 2002)**.

### 1.5.5. Facteurs de variation de l'état corporel

#### a. État physiologique

Après le vêlage, les besoins nutritionnels élevés pour la lactation rendent l'amélioration de l'état corporel au cours des 60 premiers jours de la lactation presque impossible. En plus de l'entretien et des besoins de lactation, la vache doit se préparer à la reproduction pendant ce temps. La fonction de reproduction normale exige un certain niveau de réserves de graisse (ENCINIAS *et al.*, 2000). Juste après le vêlage, les vaches utilisent leurs réserves de graisse pour fournir l'énergie supplémentaire nécessaire au déclenchement de la production de lait, car elles sont incapables de consommer suffisamment d'énergie pour répondre à la demande de la production de lait et l'entretien du corps **(KOHIRUIMAKI *et al.*, 2006 ; BEWLEY *et al.*, 2008)**. La réplétion de l'état corporel perdu commence environ entre 7 et 12 semaines après le vêlage. Cette variabilité peut être liée aux différences dans l'apport énergétique et la production laitière, ainsi que des approches différentes utilisées pour évaluer le bilan énergétique **(SCHRÖDER *et al.*, 2006)**. Le taux de perte de l'état corporel est plus lent pour les vaches nourries avec une ration totale mélangée par rapport à celles qui paissent **(ROCHE *et al.*, 2007)**. L'état corporel est dynamique et est strictement lié au cycle physiologique des vaches, il diminue en début de lactation, est rétabli en milieu de lactation et atteint un état d'équilibre en fin de lactation **(GALLO *et al.*, 1996)**. La figure 18 illustre les différents changements de la production laitière, la prise alimentaire et la note d'état corporel au cours de la lactation. Les vaches en période de pic de lactation ont tendance à être dans une balance énergétique négative et donc à perdre de leurs états corporels. Elles ont leurs plus faibles notes d'états corporels environ un à deux mois post-partum **(KELLOGG, 2010)**. La durée du bilan énergétique négatif est en moyenne de 8 semaines environ **(DOMECQ *et al.*, 1997)**

### Chapitre III : Note d'état corporel.

et varie de 5 (STEVENSON *et al.*, 1979) à 14 semaines (GALLO *et al.*, 1996 ; SCHRÖDER *et al.*, 2006). Les vaches normales perdent la plus grande partie de leurs états corporels au cours des 30 premiers jours de la lactation. L'état corporel reste alors constant jusqu'à 90 jours de la lactation, moment à partir duquel la vache doit commencer à augmenter son état corporel (HADY *et al.*, 1994). Malgré un équilibre énergétique comparable, il existe une variation individuelle de la capacité d'adaptation des vaches en début de lactation (KESSEL *et al.*, 2008). La croissance rapide du fœtus se produit au cours des deux derniers mois de gestation et donc, la vache a besoin d'être nourrie pour son entretien ainsi que la croissance du fœtus (ERB *et al.*, 1982). Naturellement, le poids des vaches tarées devrait augmenter durant la période de tarissement (KOHIRUIMAKI *et al.*, 2006). (figure 17 , VAN DER MERWE B.J. *et al.*, 2005)

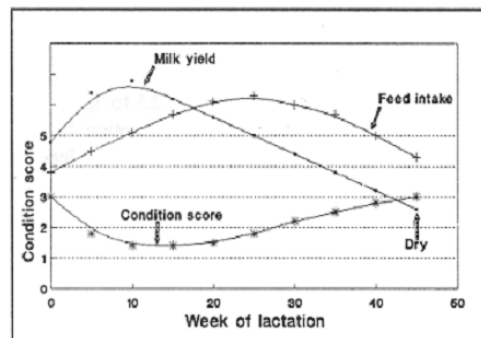


Figure 18: Les changements relatifs de la production laitière, la prise alimentaire et la note d'état d'embonpoint au cours de la lactation (VAN DER MERWE B.J. *et al.*, 2005).

#### b. Ordre de parité

Les vaches primipares ne perdent pas autant de leur état corporel que les vaches multipares (RUEGG *et al.*, 1995 ; DOMECCQ *et al.*, 1997 ; ROCHE *et al.*, 2007a). D'autre part, les vaches en première lactation ne peuvent pas reconstituer les réserves d'énergie perdues aussi efficacement que les plus âgées, ce qui indique un besoin potentiel d'alimenter les vaches en première lactation séparément (ROCHE *et al.*, 2007b). Les vaches primipares et celles en deuxième lactation atteignent leur niveau d'état corporel le plus bas au 2<sup>ème</sup> mois postpartum. La note d'état la plus basse est atteinte au 4<sup>ème</sup> mois postpartum chez les vaches en 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> lactation (WALTNER *et al.*, 1993). Selon le même auteur la perte d'état postpartum augmente avec la parité, passant

### Chapitre III : Note d'état corporel.

de 0,3 point en moyenne chez les primipares à 0,9 point pour les vaches à 4 lactations ou plus. D'autres travaux n'ont toutefois pas pu conclure à l'existence de différence significative portant sur l'ordre de parité (**DRAME et al., 1999**).

#### c. Age

Les bovins âgés ont tendance à avoir moins de condition corporelle que les bovins plus jeunes (**ENCINIAS et al., 2000**). La situation du bilan énergétique est exacerbée par le vieillissement de la vache, ce qui peut expliquer en partie l'augmentation des problèmes métaboliques des animaux âgés (**BEWLEY et al., 2008**).

#### d. Race

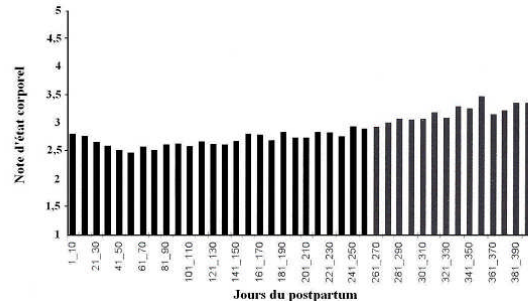
L'état corporel peut être influencé par la race (**RASTANI et al., 2001 ; FRIGGENS et al., 2007 ; BEWLEY et al., 2008**) ; non seulement le poids corporel total et le gras corporel total, mais aussi l'état d'embonpoint sont influencés par la race (**SCHRÖDER et al., 2006**). Les vaches de tailles petites à modérées sont souvent notées largement que les plus grandes (**ENCINIAS et al., 2000**).

#### e. Influence du stade du stade « post-partum »

L'état corporel de la vache laitière suit une évolution caractérisée par 2 grandes phases, l'une comprise entre le vêlage et le 60<sup>ème</sup> jour de lactation, l'autre au-delà du 60<sup>ème</sup> jour. Au cours de la première phase, une diminution significative de l'état corporel est observée avec une valeur moyenne diminuant de 2,8 à 2,5 points durant les 60 premiers jours de lactation (**DRAME et al., 1999 ; EDMONSON et al., 1989; FERGUSON et al., 1994**). Cette perte d'état est une manifestation de l'utilisation intense des réserves corporelles survenant après le part. Une mobilisation de 20 à 70 kg de lipides a été rapportée au cours des 60 jours suivant le vêlage (**OTTO et al., 1991**). Elle se traduit par la réduction de l'épaisseur de la graisse sous-cutanée et du diamètre des adipocytes liée à la lyse des triglycérides. Elle s'accompagne d'une augmentation de la teneur plasmatique en acides gras qui atteint son pic vers le 15<sup>ème</sup> jour du postpartum. Cette augmentation reflète la lipolyse et la mobilisation des réserves adipeuses pour assurer les dépenses énergétiques de l'animal. Les raisons de la mobilisation des réserves graisseuses et donc de la diminution de l'état

## Chapitre III : Note d'état corporel.

corporel observée en début de lactation sont liées à la balance énergétique négative. (**Figure 18, DRAME et al., 1999**).



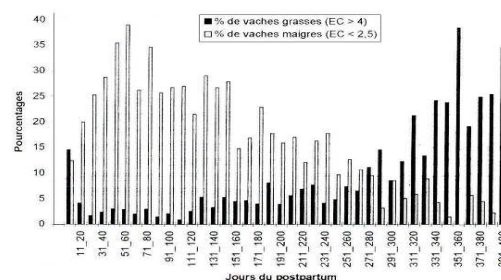
**Figure 19 : Evolution de l'état corporel moyen au cours du postpartum chez les vaches laitières (DRAME et al., 1999).**

### f. Influence du niveau de lactation

La production laitière moyenne augmente après le vêlage pour atteindre un pic dans les 4 à 8 premières semaines de lactation, tandis que la consommation alimentaire est maximale entre la 12<sup>ème</sup> et la 15<sup>ème</sup> semaine, la prise d'énergie reste plus faible que la quantité d'énergie nécessaire à la production laitière. En compensation de ce déficit, la vache utilise ses réserves de graisse. En début de lactation, la production est prioritaire sur la reproduction (**BEWLEY et al., 2008**). Un certain poids corporel minimum doit être maintenu pour minimiser les dystocies et maintenir une forte production de lait (**HEINRICHS, 1993 ; WILLARD et al., 1997**). Les vaches doivent avoir une bonne réserve de tissu pour leur permettre de produire plus de lait en début de lactation. Un demi-kilogramme de graisse extra corporelle équivaut à environ 3,18 kg de lait à 4 % de matière grasse (**KELLOGG, 2010**). Le mauvais état d'embonpoint peut conduire à une production de lait pauvre en matière grasse (**HOLTER et al., 1990**) et à une faible production laitière (**DOMECQ et al., 1997**) en raison de l'insuffisance des réserves d'énergie et de protéines. Les vaches qui sont trop maigres ont une production de lait réduite et une faible persistance de la lactation (**KELLOGG, 2010**). Les vaches avec un score de l'état corporel élevé au vêlage (7 ou plus) ont un faible rendement d'une lactation de 305 jours que les vaches avec un score de 5 (**WHITTIER et al., 1993**). Il y a une cohérence dans les recommandations de la note d'état corporel afin de maximiser la

### Chapitre III : Note d'état corporel.

production laitière, les vaches doivent vèler avec une note d'environ 3,5 (BEWLEY et al., 2008 ; ROCHE et al., 2009). Une augmentation de 322 kg a été observée dans la production de lait à 90 jours, lorsque la note de la condition corporelle augmente de 2,0 à 3,0 au vêlage. Un supplément de 33 kg de lait a été acquis avec une note qui est passée de 3,0 à 4,0, mais une augmentation de 4,0 à 5,0 a entraîné une diminution de 223 kg de lait (WALTNER et al., 1993). Une association négative serait attendue entre la note de l'état corporel la plus faible et la production de lait (ROCHE et al., 2009). Le profil du score corporel est comme un miroir des images du profil de la lactation (ROCHE et al., 2006 ; ROCHE et al., 2007 ; MCCARTHY et al., 2007). Les génisses grasses ne se reproduisent pas aussi facilement et ont une incidence plus élevée de difficultés au vêlage. Elles peuvent aussi avoir un développement mammaire retardé qui pourraient diminuer leur durée de vie de production potentielle. Les génisses Holstein qui vèlent à 24 mois d'âge produisent plus de lait en première lactation si elles pèsent entre 544 kg et 590 kg après le vêlage (KEOWN, 2005) (Figure 19, (DRAME et al., 1999).



**Figure 20 : Fréquence des vaches maigres et des vaches grasses au cours du postpartum (DRAME et al., 1999).**

La seconde phase observée sur la courbe d'état corporel se situe au-delà du 60<sup>ème</sup> jour postpartum, avec une augmentation significative de 2,5 à 3,4 points (DRAME et al., 1999 ; WALTNER et al., 1993). Celle-ci traduit la reconstitution des réserves énergétiques de l'animal, liée au rétablissement de sa capacité d'ingestion de matière sèche ainsi qu'à l'activation de la lipogenèse au détriment de la lipolyse qui diminue. Les excédents de nutriments absorbés seront ainsi stockés dans les tissus de réserve, à l'origine d'une augmentation de la note d'état corporel. A la fin de la lactation, la note d'état corporel redevient égale à celle du vêlage (WALTNER et al.,

1993).

### g. Influence de l'état d'engraissement au moment du part

Le degré d'utilisation des réserves est significativement corrélé au niveau d'engraissement de l'animal au moment de son vêlage. Ainsi, les vaches vêlant avec un état gras présentent une perte d'état corporel excessive, supérieure à un point 1,36 (DROME et al., 1999), tandis que celle-ci se limite à 0,56 et 0,06 respectivement chez les vaches normales et maigres (Figure 20 : DROME et al., 1999)

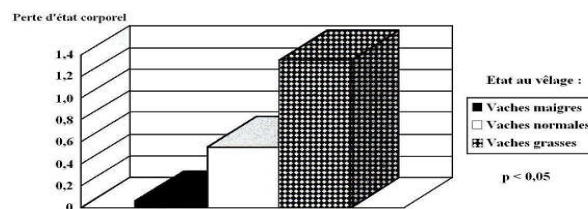


Figure 21 : Perte d'état corporel au cours des 60 premiers jours de lactation chez les vaches maigres, normales et grasses au vêlage (DROME et al., 1999).

### h. Saison de vêlage et conduite

Un effet significatif de la saison du vêlage a été observé sur le profil de l'état corporel au cours du postpartum (DROME et al., 1999). Les vaches vêlant en période de pâturage présentent un état corporel moyen significativement plus élevé que les vaches vêlant en stabulation. Le rôle des conditions de stabulation et d'une diminution qualitative et quantitative des fourrages distribués en hiver est évoqué. D'autres auteurs n'ont toutefois pas montré de variation significative de l'état corporel liée aux saisons (WILDMAN, 1982).

## Conclusion

Parmi les facteurs de risque de la dégradation actuelle de la fertilité chez les vaches laitières, le niveau du déficit énergétique postpartum des femelles reproductrices, il occupe une place prépondérante.

Les mécanismes physiopathologiques de l'influence de la balance énergétique sur la fertilité, encore incomplètement élucidés, reposent sur l'action complexe de médiateurs hormonaux et métaboliques, directement ou indirectement à l'origine de perturbations de l'activité ovarienne et de l'environnement utérin. Les effets délétères de ces molécules sur la fertilité sont essentiellement une altération de la croissance folliculaire retardant la reprise postpartum de l'activité ovarienne, une modification des profils de cyclicité et de l'expression des chaleurs, une moindre qualité des ovocytes ainsi qu'une augmentation de la mortalité embryonnaire.

L'évaluation du déséquilibre énergétique, permise par la méthode de la notation de l'état corporel, laisse apparaître globalement qu'au cours du postpartum, une perte d'état exagérée (supérieure à un point), serait préjudiciable aux performances de reproduction, et ceci davantage que la valeur absolue de l'état corporel au vêlage, en affectant le délai nécessaire à l'obtention d'une gestation.

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

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



## Références bibliographiques

AGABRIEL J., GIRAUD J.M., PETIT M., BARBOIRON C., COULAUD G., 1986. Détermination et utilisation de la note d'état d'engraissement en élevage allaitant. Rev. Bull Tech CRZV Theix INRA, 1986 ; 66 : 43.50.

ARMSTRONG D.G., GONG J.G., WEBB R., 2003. Interactions between nutrition et ovarian activity in cattle : physiological, cellular et molecular mechanisms . Rev. Reprod Suppl, 2003; 61 : 403.414.

AUSTIN E.J., MIHM M., EVANS A.C.O., KNIGHT P.G., IRELET J.L.H., IRELET J.J., ROCHE J.F. 2001. Alterations in intrafollicular regulatory factors and apoptosis during selection of the follicles in the first follicular wave of the bovine estrous cycle. Rev. Biol Reprod, 2001; 64: 839.848.

BAO B., GARVERICK H.A. 1998. Expression of steroid genic enzyme et gonadotropin receptor genes in bovine follicles during ovarian follicular waves: Rev. J. Anim. Sci., 1998; 76: 1903.1921.

BAUMAN DALE E., CURRIE W., BRUCE, 1980, Partitioning of Nutrients during Pregnancy et Lactation: A Review of Mechanisms Involving Homeostasis et Homeorhesis 1980. Rev. J. Dairy Sci 63:1514.1529.

BEAM SW, BUTLER WR, 1997. Energy balance et ovarian follicle development prior to the first ovulation postpartum in dairy cows receiving three levels of dietary fat. Rev. Biol Reprod, 1997; 56: 133.142.

BEAM SW, BUTLER WR., Effects of energy balance on follicular development et first ovulation

BEAUDEAU F., DUCROCQ V., FOURICHON C., SEEGERS H. 1995. Effect of disease on length of productive life of French Holstein dairy cows assessed by survival analysis. Rev. J Dairy Sci. 78, 103.117.

BENOIT AM, SWANCHARA K, SCHOPPEE P, ARMSTRONG JD. Insulin like growth factor. I .,IGF.I; et IGF binding proteins: potential mediators of the influence of nutrition on ovarian function in the

# Références bibliographiques

heifer et gilt ; Rev.,Reprod Domest Anim, 1996 ; 31 : 549.553.

BEWLEY J. M., PAS, SCHUTZ M. M. 2008. An interdisciplinary review of body condition scoring for dairy cattle. The Professional Animal Scientist 24 2008: 507.529.

BOLET MP, LONERGAN P, O'CALLAGHAN D . Effect of nutrition on endocrine parameters ovarian physiology et oocyte et embryo development – Theriogenology, 2001 ; 55 : 1323.1340.

BONNES G., DESCLAUDE J., DROETRE C. LELOUC'H., MONTMEAS L., ROBINGOUL G., GADOUD R., JUSSIAU R., . Reproduction des animaux d'élevage, 2005, Educagri éditions, Dijon 2<sup>ème</sup> éd. ISBN : 978.

BRITT JH 1992 . Impacts of early postpartum metabolism on follicular development et fertility. Rev. Bov Pract, 1992 ; 24 : 39.43.

BRITT JH. .,1975;. Early postpartum breeding in dairy cows. A review. Rev. J. Dairy Sci.,1975 ; 58, 2: 266.271.

BROSTER W. H., ET BROSTER V. J. 1998. Body score of dairy cows. Rev. J. Dairy Res. 65:155.

BRUCKMAIER R.M., GREGORETTI L., JANS F., FAISSLER D., BLUM J.W. 1998. Longissimus dorsi muscle diameter, backfat thickness, body condition scores et skinfold values related to metabolic et endocrine traits in lactating dairy cows fed crystalline fat or free fatty acids. Zentralbl Veterinarmed A. 1998 Sep; Rev. 45.,6.7;:397.410.

BRUYAS J.F., FIENI F. ET TAINURIER D. 1993. Le syndrome « repeat.breeding » : analyse bibliographique 1<sup>ère</sup> partie : étiologie. Rev. Méd. Vét., 144, 6, 385.398.

# Références bibliographiques

BUTLER ST, PELTON SH, BUTLER WR . Insulin increases 17 $\beta$ -estradiol production by the dominant follicle of the first postpartum follicle wave in the dairy cows ; Rev. Reproduction, 2004 ; 127 : 537-545.

BUTLER W. R. .,2000;. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. Animal Reproduction Science 60–61 .,2000; 449–457.

BUTLER WR . Relationships of negative energy balance with fertility ; Adv Dairy Tech., 2005 ; 17 : 35-46.

BUTLER WR. 1998. Effect of protein nutrition on ovarian et uterine physiology in dairy cattle . J Dairy Sci, 1998 ; 81 : 2533-2539.

CANFIELD R. W., BUTLER W. R. .,1991;. Energy balance, first ovulation et the effects of naloxone on LH secretion in early postpartum dairy cows. J. Anim. Sci. 1991; 69:740-746.

CANFIELD RW, SNIFFEN CJ, BUTLER WR . Effects of excess degradable protein on postpartum reproduction et energy balance in dairy cattle – J. Dairy Sci, 1990 ; 73 : 2342-2349.

CHASTANT.MAILLARD S, FOURNIER R, REMMY D . Actualités sur le cycle de la vache . Point Vet, 2005 ; numéro spécial .,36; : 10-15.

CHEMINEAU P, BLANC M, CARATY A, BRUNEAU G, MONGET P . Sous.nutrition, reproduction et système nerveux central chez les mammifères : rôle de la leptine . INRA Prod. Anim., 1999 ; 12 .,3; : 217-223.

CHILLIARD Y, BOCQUIER F, DELAUAUD C, FAULCONNIER Y, BONNET M, GUERRE.MILLO M, MARTIN P, FERLAY A . La leptine chez le ruminant. Facteurs de variation physiologiques et nutritionnels . INRA Prod. Anim., 1999 ; 12 .,3; : 225-237.

# Références bibliographiques

COLEMAN D.A., THAYNE W.V. ET DAILEY R.A. .,1985;. Factors affecting reproductive performance of dairy cows. J. Dairy Sci., 68:1793.1803.

COSSON J.L. .,1996;. Les aspects pathologiques de la maîtrise de la reproduction chez les vaches laitières. G.T.V., 3.B..524: 45.51.

DACCARETT M. G., BORTONE E. J., ISBELL D. E. , MORRILL J. L. .,1993;. Performance of Holstein Heifers Fed 100% or More of National Research Council Requirements. J. Dairy Sci. 76:606.614.

DAHL J.C., RYDER J.K., HOLMES B.J. ET WOLLENZIEN A.C. .,1991;. An integrated et multidisciplinary approach to improving a dairy's production. Vet. Med., 86 .,2;: 207.222.

DE KRUIF A. .,1978;. Factors influencing the fertility of cattle population. J. Reprod. Fert., 54, 507.518.

DERIVAUX J, ECTORS F . Reproduction chez les animaux domestiques. 3ème edition. Rev. Louvain.La.Neuve. 1986., Cabay, 1986, 1141.

DEUTSCHER G.H., STOTTS., NIELSEN M.K. .,1991;. Effects of breeding season length et calving season on range beef cow productivity. J. Anim. Sci., 69 : 3453.3460.

DOHOO I.R. .,1985;. Problem solving in dairy health management. Can. Vet. J., 26: 20.45.

DOMECQ J. J., SKIDMORE A. L., LLOYD J. W. ET KANEENE J. B. .,1995;. Validation of Body Condition Scores with Ultrasound Measurements of Subcutaneous Fat of Dairy Cows. J. Dairy Sci. 78:2308.2313.

DOMECQ J. J., SKIDMORE A. L., LLOYD J. W. ET KANEENE J. B. 1997; Relationship between Body Condition Scores et Milk Yield in a Large Dairy Herd of High Yielding Holstein Cows. J. Dairy Sci

# Références bibliographiques

80:101–112.

DOMECQ J. J. SKIDMORE A. L. LLOYD J. W. ET KANEENE J. B. .,1997;. Relationship between Body Condition Scores et Conception at First Artificial Insemination in a Large Dairy Herd of High Yielding Holstein Cows. J. Dairy Sci 80:113–120.

DRAME ED, HANZEN C, HOUTAIN JY, LAURENT Y, FALL A . Profil de l'état corporel au cours du postpartum chez la vache laitière – Ann. Med. Vet. 1999 ; 143 : 265.270 .

DZIUK P.J. ET BELLOWS R.A. 1983. Management of reproduction of beef cattle, sheep et pigs. J. Anim. Sci. 57, Suppl. 2 : 355.379.

EDDY R. 1980. Analysing dairy herd fertility. Rev. practice, 2, 3: 25.30.

EDMONSON A. J., LEAN I., WEAVER L. D., FARVET T., WEBSTER G. 1989. A Body Condition Scoring Chart for Holstein Dairy Cows. J. Dairy Sci. 72:68.78.

ELROD CC, BUTLER WR . Reduction of fertility et alteration of uterine pH in heifers fed excess ruminally degradable protein – J. Anim. Sci., 1993 ; 71 : 694.701.

ENCINIAS MANUEL A., LARDY GREG .,2000;. Body Condition Scoring I: Managing Your Cow Herd Through Body Condition Scoring 2000.

ENJALBERT F . Les contraintes nutritionnelles autour du vêlage – Rev. Point Vet., 2002; 34 .,236; : 40.44.

ENNUYER M . Les vagues folliculaires chez la vache. Applications pratiques à la maîtrise de la reproduction – Rev. Point Vet. 2000 ; 31 .,209; : 377.383

# Références bibliographiques

ERB R.E., MALVEN P.V., STEWART T.S., ZAMET C.N., CHEW B.P. .,1982;. Relationships of Hormones, Temperature, Photoperiod, et Other Factors to Voluntary Intake of Dry Matter in Pregnant Dairy Cows Prior to Parturition. Rev. J. Dairy Sci. 65:937.943.

ESSELMONT R. J. .,2003;. The costs of poor fertility et what to do about reducing them. Cattle Practice 2003; 11: 237.250.

ETHERINGTON W.G., MARSH W.E., FETROW J., WEAVER L.D., SEGUIN B.E. RAWSON C.L. .,1991a;. Dairy herd reproductive health management: evaluating dairy herd reproductive performance . part I. Compend. Contin. Educ. Pract. Vet., 13 .,8;: 1353.1360

ETHERINGTON W.G., MARSH W.E., FETROW J., WEAVER L.D., SEGUIN B.E. ET RAWSON C.L. .,1991b;. Dairy herd reproductive health management: evaluating dairy herd reproductive performance . part II. Compend. Contin. Educ. Pract. Vet., 13 .,9;: 1491.1503.

ETHERINGTON W.G., MARTIN S.W., DOHOO I.R. BOSU W.T.K. 1985;. interrelationships between temperature, age at calving, postpartum reproductive events et reproductive performance in dairy cows: a path analysis. Can. J. Comp. Med., 49: 254.260.

FERGUSON JAMES D., GALIGAN DAVID T., ET THOMSEN NEAL .,1994;. Principal Descriptors of Body Condition Score in Holstein Cows. J. Dairy Sci 77:2695.2703.

FERGUSON JD . Nutrition et reproduction in dairy herds. In: Proc. 2001 Intermountain Nutr. Conf., Salt Lake City, UT. Utah State Univ., Logan. pp. 65.82.

FERGUSON JD ., Serum ureal nitrogen et conception rate : the usefulness of test information – J. Dairy Sci., 1993 ; 76 : 3742.3746.

# Références bibliographiques

FETROW J., MCCLARY D., HARMAN R., BUTCHER K., WEAVER L., STUDER E., EHRLICH J., ETHERINGTON W., GUTERBOCK W., KLINGBORG D., RENEAU J. WILLIAMSON N. .,1990;. Calculating selected reproductive indices: Recommendations of the American Association of Bovine Practitioners. J. Dairy Sci., 73: 78.90.

FIENI F, TAINTURIER D, BRUYAS JF, BATTU I . Physiologie de l'activité ovarienne cyclique chez la vache – Bull GTV, 1995 ; 4 : 35.49

FLAMENBAUM I., WOLFENSON D., KUNZ P. L., MAMAN M., ET BERMAM A. .,1995;. Interactions Between Body Condition at Calving et Cooling of Dairy Cows During Lactation in Summer. J. Dairy Sci., 78:2221.2229.

FRIGGENS N.C., BERG P., THEILGAARD P., KORSGAARD I. R., INGVARTSEN K. L., LØVENDAHL P., JENSEN J. .,2007;. Breed et Parity Effects on Energy Balance Profiles Through Lactation: Evidence of Genetically Driven Body Energy Change. J. Dairy Sci. 90:5291–5305.

FROIDMONT E, THEWIS A, BARTIAUX. THILL N . L'urémie .,lait/plasma; peut révéler un apport excessif de protéines limitant la fertilité des vaches – Renc. Rech. Ruminants, 2002 ; 9 : 159.

GALLO L., CARNIER P., CASSETRO M., MANTOVANI R., BAILONI L., CONTIERO B., ET BITTANTE G. .,1996;. Change in Body Condition Score of Holstein Cows as Affected by Parity et Mature Equivalent Milk Yield. J. Dairy Sci., 79:1004.1015.

GOODGER W. J., FETROW J., FERGUSON G. M., TROUTT H. F. ET MCCABEB R. .,1989;. A computer spreadsheet program to estimate the cost of raising dairy replacements. Prev. Vet. Med. 7, 239.254.

GRIMARD B, DISENHAUS C . Les anomalies de reprise de la cyclicité après vêlage . Point Vet., 2005 ; numéro spécial .,36; : 16.21

# Références bibliographiques

GRÖHN Y.T., ET RAJALA.SCHULTZ P.J. .,2000;. Epidemiology of reproductive performance in dairy cows. Anim. Reprod. Sci. 2000 Jul 2; 60.61:605.14.

HADY P. J., DOMEQ J. J., KANEENE J. B. .,1994;. Frequency et Precision of Body Condition Scoring in Dairy Cattle. J. Dairy Sci 77:1543.1547.

HAFEZ E.S.E., 1993 . Reproduction in farm animals . 6th edition. Philadelphia : Lea & Febiger, 1993, 573.

HAMILTON SH, GARVERICK HA, KEISLER DH, XU ZZ, LOOS K, YOUNGQUIST RS . Characterization of follicle/cyst dynamics et associated endocrine profiles in dairy cows – Biol. Reprod., 1995 ; 53 : 890.898.

HANZEN C. .,1994;. Etude des facteurs de risque de l'infertilité et des pathologies puerpérales et du post.partum chez la vache laitière et la vache vieteuse. Thèse présentée en vue de l'obtention du grade d'agrégé de l'enseignement supérieur. Université de Liège, Faculté de Médecine Vétérinaire.

HARRISON JH, HANCOCK DD, CONRAD HR . Vitamin E et selenium for reproduction of the dairy cow – J. Dairy Sci., 1984 ; 67 : 123.132.

HEINRICHS A. J. .,1993;. Raising Dairy Replacements To Meet the Needs of the 21st Century. J. Dairy Sci. 76:3179.3187.

HEINRICHS A. J. ET VAZQUEZ.ANON M. .,1993;. Changes in First Lactation Dairy Herd Improvement Records. J. Dairy Sci. 76:671.675.



# Références bibliographiques

HILLERS J.K., SENGER P.L., DARLINGTON R.L. ET FLEMING W.N. .,1984;. Effects of production, season, age of cow, days dry, et days in milk on conception to first service in large commercial dairy herds. J. Dairy Sci., 67: 861.867.

HOEDEMAKER, M., PRANGE D., ET GUNDELACH Y. .,2009;. Body condition change ante. et postpartum, health et reproductive performance in German Holstein cows. Reprod. Domest. Anim. 44.,2;:167.173.

HOLTER J.B., SLOTNICK M.J., HAYES H.H., ET BOZAK C.K. .,1990;. Effect of Prepartum Dietary Energy on Condition Score, Postpartum Energy, Nitrogen Partitions, et Lactation Production Responses. J. Dairy Sci. 73:3502.3511.

HWA K., HYUN.GU K. .,2006;. Risk factors for delayed conception in Korean dairy herds. J. Vet. Sci. .,2006;, 7.,4;, 381–385.

in postpartum dairy cows . J Reprod Fertil Suppl, 1999; Rev. 54 : 411.424

INGUNN SCHEI, HARALD VOLDEN, ET LARS BÆVRE .,2005;. Effects of energy balance et metabolizable protein level on tissue mobilization et milk performance of dairy cows in early lactation. Livestock Production Science 95 .,2005; 35–47.

KADOKAWA H., BLACHE D., ET MARTIN G.B. .,2006b;. Plasma Leptin Concentration Correlate with Luteinizing Hormone Secretion in Early Postpartum Holstein Cows. J. Dairy Sci. 89:3020–3027.

KADOKAWA H., MARTIN G. B. .,2006a;. A new perspective on management of reproduction in dairy cows: the need for detailed metabolic information, an improved selection index et extended lactation. Journal of reproduction et development. Vol. 52, N° 1: 161.168.

## Références bibliographiques

KAMGARPOUR R, DANIEL RGW, FENWICK DG, MCGUIGAN K, MURPHY G . Postpartum subclinical hypocalcemia et effects on ovarian function et uterine involution in a dairy herd . The Veterinary Journal, 1999 ; 158 : 59.67.

KELLOGG W., 2010. Body Condition Scoring with dairy cattle 2010.  
[http://www.uaex.edu/Other\\_Areas/publications/PDF/FSA.4008.pdf](http://www.uaex.edu/Other_Areas/publications/PDF/FSA.4008.pdf).

KENDRICK KW, BAILEY TL, GARST AS, PRYOR AW, AHMADZADEH A, AKERS RM, EYESTONE WE, PEARSON RE, GWAZDAUSKAS FC . Effects of energy balance of hormones, ovarian activity, et recovered oocytes in lactating Holstein cows using transvaginal follicular aspiration – J. Dairy Sci., 1999 ; 82 : 1731.1741.

KEOWN JEFFREY F. .,2005;. How to Body Condition Score dairy animals.  
<http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1457&context=extensionhi>

KESSEL S., STROEHL M., MEYER H.H., HISS S., SAUERWEIN H., SCHWARZ F.J., BRUCKMAIER R.M .,2008;. Individual variability in physiological adaptation to metabolic stress during early lactation in dairy cows kept under equal conditions. J. Anim Sci. 2008 Nov; 86.,11;:2903.12.

KINSEL M.L. ET ETHERINGTON W.G. .,1998;. Factors affecting reproductive performance in Ontario dairy herds. Theriogenology. 1998 Dec; 50.,8;:1221.38.

KIRK J.H. .,1980;. Reproductive records analysis et recommendation for dairy reproductive programs. Rev. California Vet., 5: 26.29.

KLINGBORG D.J. .,1987;. Normal reproductive parameters in large "California.style" dairies. Vet. Clin. North Am Food Anim. Pract. 1987 Nov; 3.,3;:483.99.

## Références bibliographiques

KOHIRUIMAKI MASAYUKI, OHTSUKA HIROMICHI, HAYASHI TOMOHITO, KIMURA KAYOKO, MASUI MACHIKO, ETO TAKAAKI, WATANABE DAISAKU KAWAMURA SEIICHI .,2006;. Evaluation by Weight Change Rate of Dairy Herd Condition. J. Vet. Med. Sci. 68.,9;: 935.940.

KRUIP TAM, WENSING T, VOS PLAM . Characteristics of abnormal puerperium in dairy cattle et the rationale for common treatments . Animal Science Occasional Publication, 2001 ; 26 : 63.79.

LEROY JLMR, VANHOLDER T, DELANGHE JR, OPSOMER G, VAN SOOM A, BOLS PEJ, DEWULF J, DE KRUIF A . Metabolic changes in follicular fluid of the dominant follicle in high.yielding dairy cows early postpartum – Rev. Theriogenology, 2004 ; 62 : 1131.1143.

LETAU S, BRAW.TAL R, KAIM M, BOR A, BRUCKENTAL I . Preovulatory follicular status et diet affect the insulin et glucose content of follicles in high.yielding dairy cows – Anim. Reprod. Sci., 2000 ; 64 : 181.197.

LIEFERS SC, VEERKAMP RF, TE PAS MFW, DELAUAUD C, CHILLIARD Y, VAN DER LENDE T . Leptin concentrations in relation to energy balance, mild yield, intake, live weight et estrus in dairy cows – J. Dairy Sci., 2003 ; 86 : 799.807.

LIN C.Y., MACALLISTER A.J., BATRA T.R. LEE A.J. ROY G.L., VESELY J.A., WAUTHY J.M., WINTER K.A. .,1986;. Production et reproduction of early et late bred dairy heifers. J. Dairy Sci., 69:760.768.

LOEFFLER S. H., DEVRIES M. J., SCHUKKEN Y. H., DEZEEUW A. C., DIJKHUIZEN A. A., DEGRAAF F. M., BRET A. .,1999;. Use of AI technician scores for body condition, uterine tone et uterine discharge in a model with disease et milk production parameters to predict pregnancy risk at first AI in Holstein dairy cows. Rev. Theriogenology 1999; 51: 1267.1284.

# Références bibliographiques

LÖF E., GUSTAFSSON H., ET EMANUELSON U. .,2007;. Associations between herd characteristics et reproductive efficiency in dairy herds. J. Dairy Sci. 2007 Oct; 90.,10;:4897.907.

LOUCA AVRAAM, LEGATES J.E. .,1968;. Production losses in dairy cattle due to days open. J. Dairy Sci., 1968, 51, 573.578.

LUCY MC . Regulation of ovarian follicular growth by somatotropin et insulin.like growth factors in cattle – J. Dairy Sci., 2000 ; 83 : 1635.1647.

LUCY MC, BILBY CR, KIRBY CJ, YUAN W, BOYD CK . Role of growth hormone in development et maintenance of follicles et corpora lutea . J Reprod Fertil Suppl, 1999 ; 54 : 49.59.

LUCY MC, STAPLES CR, MICHEL FM, THATCHER WW . Energy balance et size of number of ovarian follicles detected by ultrasonography . in early postpartum dairy cows – J. Dairy Sci., 1991 ; 74 : 473.482.

MAIZONA D.O., OLTENACUA P.A., GRÖHN Y.T., STRAWDERMAN R.L., EMANUELSON U. .,2004;. Effects of diseases on reproductive performance in Swedish Red et White dairy cattle. Preventive Veterinary Medicine 66 .,2004; 113–126

MARKUSFELD ET EZRA .,1993;. Body Measurements, Metritis, et Postpartum Performance of First Lactation Cows. J. Dairy Sci., 76:3771.3777.

MCCARTHY S., BERRY D. P., DILLON P.,RATH M., ET HORAN B. .,2007;. Influence of Holstein.Friesian Strain et Feed System on Body Weight et Body Condition Score Lactation Profiles. J. Dairy Sci. 90:1859–186.

MCGUIRE MA, DWYER DA, HARRELL RJ, BAUMAN DE . Insulin regulates circulating insulin.like growth factors et some of their binding proteins in lactating cows – An. J. Physiol. Endocrinol.

# Références bibliographiques

Metab., 1995 ; 269 : 723.730.

MCNATTY KP, HEATH DA, LUNDY T, FIDLER AE, QUIRKE L, O'CONNELL A, SMITH P, GROOME N, TISDALL DJ . Control of early ovarian follicular development . J. Reprod. Fertil. Suppl., 1999 ; 54 : 3.16.

MEREDITH MJ . Animal breeding et infertility . Rev.Blackwell Science UK ;, 1995, 508 p.

MIALOT JP, CONSTANT F, CHASTANT.MAILLARD S, PONTER AA, GRIMARD B . La croissance folliculaire ovarienne chez les bovins : nouveautés et applications . Journées Européennes de la Société Française de Buiatrie, Paris, Novembre 2001 : 163.168 .

MIHM M, AUSTIN EJ . The final stages of ovarian follicles selection in cattle – Dom. Anim. Endocrinol., 2002 ; 23 : 155.166.

MINERY S. 2007. La fertilité dans les objectifs de sélection internationaux. BTIA Génétique et fertilité. n° 126 déc.

MONGET P, FABRE S, MULSANT P, LECERF F, ELSEN JM, MAZERBOURG S, PISSELET C, MONNIAUX D . Regulation of ovarian folliculogenesis by IGF et BMP system in domestic mammals – Domest. Anim. Endocrinol., 2002 ; 23 .,1.2; : 139.154.

MONGET P, FROMENT P, MOREAU C, GRIMARD B, DUPONT J . Les interactions métabolisme.reproduction chez les bovins : influence de la balance énergétique sur la fonction ovarienne . 2ème Journée d'Actualités en Reproduction des Ruminants, ENVA, septembre 2004 : 49.54.

MONTI G., TENHAGEN B.A., HEUWIESER W. .,1999;. Culling policies in dairy herds. A review. Zentralbl Veterinarmed A. 1999 Feb; 46.,1;:1.11.

# Références bibliographiques

OTTO K.L., FERGUSON J.D., FOX D.G., SNIFFEN C.J. .,1991;. Relationship Between Body Condition Score et Composition of Ninth to Eleventh Rib Tissue in Holstein Dairy Cows. J. Dairy Sci 74:852-859.

PACCARD P. .,1996;. La reproduction des troupeaux bovins laitiers. Analyse des bilans. Institut technique de l'élevage bovin, Equipe santé, CRZV Theix, 212 : 3.14.

PARK A. F., SHIRLEY J. E., TITGEMEYER E. C. MEYER M. J., VANBAALE M. J. VETEHAAR M. J. .,2002;. Effect of Protein Level in Prepartum Diets on Metabolism et Performance of Dairy Cows. J. Dairy Sci. 85:1815–1828.

PEDERNERA M., GARCÍA S. C., HORAGADOGA A., BARCHIA I. , ET FULKERSON W. J. .,2008;. Energy Balance et Reproduction on Dairy Cows Fed to Achieve Low or High Milk Production on a Pasture-Based System. J. Dairy Sci. 91:3896–3907.

PÉREZ.CABAL M.A., GONZÀLEZ SANTILLANA R., ET ALENDA R. .,2006;. Mature body weight et profit selection in spanish dairy cattle. Livestock Science 99 .,2006; 257– 266.

PETERS AR, BALL PJH . Reproduction in cattle, second edition –Rev. Blackwell Science UK , 1995, 234.

PIETERSE MC. .,1991;. Organisation et some results of dairy herd fertility control program. Wien. Tierärzti. Mschr., 78 : 40.42.

PLAIZER J.C.B., KING G. J., DEKKERS J.C.M., LISSEMORE K.,1997;. Estimation of Economic Values of Indices for Reproductive Performance in Dairy Herds Using Computer Simulation. J. Dairy Sci. 80:2775–2783.

# Références bibliographiques

**RAHEJA K.L., BURNSIDE E.B. SCHAEFFER L.R. ,1989;. Relationships between fertility et production in Holstein dairy cattle in different lactations. J. Dairy Sci., 72: 2670.2678.**

**RANKIN T.A., SMITH W.R., SHANKS R.D. LODGE J.R. ,1992;. Timing insemination in dairy heifers. J. Dairy Sci., 75 : 2840.2845.**

**RASTANI R.R., ETREW M., ZINN S.A., SNIFFEN C.J. ,2001;. Body Composition et Estimated Tissue Energy Balance in Jersey et Holstein Cows During Early Lactation. J. Dairy Sci. 84:1201–1209.**

**RETEL R. D. ,1990;. Nutrition et postpartum breeding in cattle. J. Anim. Sci., 68: 853.**

**ROBERT J. VAN SAUN, CHARLES J. SNIFFEN ,1996;. Nutritional management of the pregnant dairy cow to optimize health, lactation et reproductive performance. Animal Feed Science Technology 59 ,1996; 13.26.**

**ROCHE J. R., DOMINIQUE BLACHE, JANE K. KAY, DALE R. MILLER, ANGELA J. SHEAHAN ET DAVID W. MILLER ,2008;. Neuroendocrine et physiological regulation of intake, with particular reference to domesticated ruminant animals. Nutr. Res. Rev. 21:207–234.**

**ROCHE J., FRIGGENS N. C., KAY J. K., FISHER M. W., STAFFORD K. J., ET BERRY D. P. ,2009;. Invited review: Body condition score et its association with dairy cow productivity, health, et welfare. J. Dairy Sci. 92:5769–5801.**

**ROCHE J.F. ,2006;. The effect of nutritional management of the dairy cow on reproductive efficiency. Anim Reprod Sci. 2006 Dec; 96.,3.4;:282.96.**

**ROCHE J.R. ET BERRY D.P. ,2006;. Periparturient Climatic, Animal, et Management Factors Influencing the Incidence of Milk Fever in Grazing Systems. J. Dairy Sci. 89:2775–2783.**

# Références bibliographiques

ROCHE J.R., BERRY D.P., ET KOLVER E.S. .,2006;. Holstein.Friesian Strain et Feed Effects on Milk Production Body Weight, et Body Condition Score Profiles in Grazing Dairy Cows. J. Dairy Sci. 89:3532–3543.

ROCHE J.R., BERRY D.P., LEE J.M., MACDONALD K.A., ET BOSTON R.C. .,2007a;. Describing the Body Condition Score Change Between Successive. J. Dairy Sci. 90:4378–4396.

ROCHE J.R., BERRY D.P., LEE J.M., MACDONALD K.A., ET BOSTON R.C. .,2007b;. Associations among Body Condition Score, Body Weight et Reproductive Performance in Seasonal.Calving Dairy Cattle. J. Dairy Sci. 90:4378–4396.

ROCHE J.R., DILLON P.G., STOCKDALE C.R., BAUMGARD L.H., ET VANBAALE M.J. .,2004;. Relationships among International Body Condition Scoring Systems. J. Dairy Sci. 87:3076–3079.

ROCHE JF, MACKEY D, DISKIN MD . Reproductive management of postpartum cows . Anim Reprod Sci, 2000 ; 60.61 : 703.712.

ROCHE R. J. .,2007;. Milk production responses to pre. et postcalving dry matter intake in grazing dairy cows. Livestock Science Volume 110, Issues 1.2, June 2007, Pages 12.24.

ROYAL MD, DARWASH AO, FLINT APF, WEBB R, WOOLIAMs JA, LAMMING GE . Declining fertility in dairy cattle : changes in traditional et endocrine parameters of fertility . Anim Sci, 2000 ; 70 : 487.501.

RUEGG P.L., ET MILTON R.L. .,1995;. Body Condition Scores of Holstein Cows on Prince Edward Islet, Canada: Relationships with Yield, Reproductive Performance, et Disease. J. Dairy Sci., 78:552.564.

RUPPERT L. D., DRACKLEY J. K., BREMMER D. R., CLARK J. H. .,2003;. Effects of Tallow in Diets Based on Corn Silage or Alfalfa Silage on Digestion et Nutrient Use by Lactating Dairy Cows. J. Dairy Sci. 86:593–609.



# Références bibliographiques

SANTOS J. E. P., THATCHER W. W., CHEBEL R. C., CERRI R. L. A., GALVAO K. N. .,2004;. The effect of embryonic death rates in cattle on the efficacy of estrus synchronization programs. Anim. Reprod. Sci. 2004; 82.83: 513.535.

SARTORI R, SARTOR.BERGFELT R, MERTENS SA, GUENTHER JN, PARRISH JJ, WILTBANK MC . Fertilization et early embryonic development in heifers et lactating cows in summer et lactating et dry cows in winter – J. Dairy Sci., 2002 ; 85 : 2803.2812.

SAVIO JD, BOLET MP ROCHE JF . Development of dominant follicles et length of ovarian cycles in postpartum dairy cows – J. Reprod. Fert., 1990 ; 88 : 581.591.

SCHERMERHORN E.C., FOOTE R.H., NEWMAN S.K. ET SMITH R.D. .,1986;. Reproductive practices et results in dairies using owner or professional inseminators. J. Dairy Sci., 69: 1673.1685.

SCHNEIDER F., SHELFORD J.A., PETERSON R.G. ET FISHER L.J. .,1981;. Effects of early et late breeding of dairy cows on reproduction et production in current et subsequent lactation. J. Dairy Sci., 64: 1996.2002.

SCHRÖDER U. J. ET STAUFENBIEL R. .,2006;. Invited review : Methods to Determine Body Fat Reserves in the Dairy Cow with Special Regard to Ultrasonographic Measurement of Backfat Thickness. J. Dairy Sci. 89:1–14.

SEEGERS H. ET MALHER X. .,1996a;. Les actions de maîtrise des performances de reproduction et leur efficacité économique en élevage bovin laitier. Le Point Vétérinaire, numéro spécial « Reproduction des ruminants », vol. 28 : 117.125.

SEEGERS H. ET MALHER X. .,1996b;. Analyse des résultats de reproduction d'un troupeau laitier. Le point Vétérinaire, numéro spécial « Reproduction des ruminants », vol. 28 : 127.135.

# Références bibliographiques

SENATORE EM, BUTLER WR, OLTENACU PA . Relationships between energy balance et post.partum ovarian activity et fertility in first lactation dairy cows – Rev. Anim Sci, 1996 ; 62 : 17.23.

SENGER PL, HILLERS JK, MITCHELL JR, FLEMING WN, DARLINGTON RL., .,1984;. Effects of Serum Treated Semen, Bulls, et Herdsmen. Inseminators on Conception to First Service in Large Commercial Dairy Herds. J. Dairy Sci. 67:686.

SILVIA WJ, HATLER TB, NUGENT AM, LARANJA DE FONSECA LF . Ovarian follicularcysts in dairy cows : an abnormality in folliculogenesis . Dom Anim Endocrinol, 2002 ; 23 : 166.167.

SMITH T. R. ET MCNAMARA J. P. .,1990;. Regulation of bovine adipose tissue metabolism during lactation. 6. Cellularity et hormone.sensitive lipase activity as affected by genetic merit et energy intake. J. Dairy Sci. 73:772.783.

SNIJDERS SEM, DILLON P, O'CALLAGHAN D, BOLET P . Effect of genetic merit, milk yield, body condition et lactation number on in vitro oocyte development in dairy cows – Rev. Theriogenology, 2000 ; 53 : 981.989.

Soltner D., 2001. La reproduction des animaux d'élevage, 3ème édition. Science & technique agricole. Zootechnie générale. 218.

SPELMAN R.J., GARRICK D.J. .,1997;. Effect of Live Weight et Differing Economic Values on Responses to Selection for Milk Fat, Protein, Volume, et Live Weight. J. Dairy Sci. 80:2557–2562.

SPICER LJ, TUCKER WB, ADAMS GD . Insulin.like growth factor.I in dairy cows : relationships among energy balance, body condition, ovarian activity et estrous behavior – J. Dairy Sci., 1990 ; 73 : 929.937.

# Références bibliographiques

STEVENSON J.S. ET BRITT J.H. .,1979;. Relationships among luteinizing hormone, estradiol, progesterone, glucocorticoids, milk yield, body weight et postpartum ovarian activity in holstein cows. J. Anim. Sci. 1979. 48:570.577.

STEVENSON J.S., SCHMIDT M.K., CALL E.P., .,1983;. Factors affecting reproductive performance of dairy cows first inseminated after five weeks postpartum. J. Dairy Sci., 66: 1148.1154.

TAYLOR VJ, BEEVER DE, BRYANT MJ . Metabolic profiles et progesterone cycles in first lactation dairy cows – Theriogenology, 2003 ; 59 : 1661.1677.

TAYLOR VJ, CHENG Z, PUSHPAKUMARA PG, BEEVER DE, WATHES DC . Relationships between the plasma concentrations of insulin.like growth factor.I in dairy cows et their fertility et milkyield – Vet. Rec., 2004 ; 155 .,19; : 583.588.

TERQUI, M., D. CHUPIN, D. GAUTHIER, N. PEREZ, J. PELOT, ET P. MAULEON. 1982 Influence of management et nutrition of postpartum endocrine function et ovarian activity in cows . In: Factors influencing fertility in the postpartum cow, J. Karg et E.Schallenberger Ed, Current topics in veterinary medicine et animal science. Vol. 20, Martinus Nijhoff Publ., The Hague, Netherlets, 1982 : 384.408.

TRIMBERGER G.W. .,1954;. Conception rates in dairy cattle from services at various intervals after parturition. J. Dairy Sci., 37: 1042.1049.

VAN DER MERWE B.J. ET STEWART P.G. .,2005;. Condition scoring of dairy cows. <http://agriculture.kzntl.gov.za/portal/AgricPublications/ProductionGuidelines/Dairyin ginKwaZuluNatal/ConditionScoringofDairyCows/tabid/235/Default.aspx>.

VILLA.GODOY A, HUGHES TL, EMERY RS, CHAPIN LT, FOGWELL RL . Association between energy balance et luteal function in lactating dairy cows – J. Dairy Sci., 1988 ; 71 .,4; : 1063.1072.

# Références bibliographiques

VILLA.GODOY A, HUGHES TL, EMERY RS, STANISIEWSKI EP, FOGWELL RL . Influence of energy balance et body condition on estrus et estrous cycles in Holstein heifers – J. Dairy Sci., 1990 ; 73 : 2759.2765.

WALTNER S.S., MCNAMARA J.P., HILLERS J.K. .,1993;. Relationships of Body Condition Score to Production Variables in High Producing Holstein Dairy Cattle. J. Dairy Sci., 76: 3410.3419.

WATHES DC, TAYLOR VJ, CHENG Z, MANN GE . Follicle growth, corpus luteum function et their effects on embryo development in postpartum dairy cows – Reprod. Suppl., 2003 ; 61 : 219.237.

WEAVER L.D. .,1986;. Evaluation of reproductive performance in dairy herds. Compend. Contin. Educ. Pract. Vet. 8, 5: S247.S254.

WEAVER L.D. .,1987;. Design et economic evaluation of dairy reproductive health programs for large dairy herds . part II. Compend. Contin. Educ. Pract. Vet., 9 .,11;: F355.F366.

WEBB R, CAMPBELL BK, GARVERICK HA, GONG JG, GUTIERREZ CG, ARMSTRONG DG . Molecular mechanisms regulating follicular recruitment et selection – J. Reprod. Fertil. Suppl., 1999 ; 54 : 33.48.

WEBB R, GARNSWORTHY PC, GONG JG, ARMSTRONG DG . Control of follicular growth : local interactions et nutritional influences – J. Anim. Sci., 2004 ; 82 .,E. Suppl.; : E63.E74.

WEBB R, NICHOLAS B, GONG JG, CAMPBELL BK, GUTIERREZ CG, GARVERICK HA, ARMSTRONG DG Mechanisms regulating follicular development et selection of the dominant follicle – Reprod. Suppl., 2003 ; 61 : 71.90.

WESTWOOD CT, LEAN IJ, GARVIN JK . Factors influencing fertility of Holstein dairy cows : a multivariate description – J. Dairy Sci., 2002 ; 85 : 3225.3237.

# Références bibliographiques

WHITTIER JACK C., BARRY STEEVENS, ET WEAVER DAVID .,1993;. Body Condition Scoring of Beef et Dairy Animals. Agricultural publication G2230. September 15, 1993.

WILDMAN E.E., JONES G.M., WAGNER P.E., ET BOMAN R.L. .,1982;. A Dairy Cow Body Condition Scoring System et Its Relationship to Selected Production Characteristics. J. Dairy Sci. 65:495.501.

WILLARD C. LOSINGER, HEINRICHS A. JUD .,1997;. An analysis of age et body weight at first calving for Holsteins in the United States. Preventive Veterinary Medicine 32 .,1997; 193.205.

WILLIAMS GL, AMSTALDEN M, GARCIA MR, STANKO RL, NIZIELSKI SE, MORRISON CD, KEISLER DH . Leptin et its role in the central regulation of reproduction in cattle – Dom. Anim. Endocrinol., 2002 ; 23 : 339.349.

WILLIAMSON N.B. .,1987;. The interpretation of herd records et clinical findings for identifying et solving problems of infertility. Compend. Contin. Educ. Pract. Vet., 9: F14.F24.

WITTUM T.E., CURTIS C.R., SALMAN M.D., KING M.E., ODDE K.G., MORTIMER R.G. .,1990;. Management practices et their association with reproductive health et performance in Colorado beef herds. J. Anim. Sci., 68: 2642.2649.

WOLFENSON D, INBAR G, ROTH Z, KAIM M, BLOCH A, BRAW.TAL R . Follicular dynamics et concentrations of steroids et gonadotrophins in lactating cows et nulliparous heifers – Rev. Theriogenology, 2004 ; 62 : 1042.1055.

WOOD P.D.P. .,1976;. A note on detection of oestrus in cattle breeds by artificial insemination et the measurement of embryonic mortality. Rev. Anim. Prod., 22: 275.278.

## Références bibliographiques

ZULU VC, SAWAMUKAI Y, NAKADA K, KIDA K, MORIYOSHI M . Relationship among insulin.like growth factor.I, blood metabolites et postpartum ovarian function in dairy cows . J Vet. Med. Sci., 2002 ; 64 .,10; : 879.885.

ZUREK E, FOXCROFT GR, KENNELLY JJ . Metabolic status et interval to first ovulation in postpartum dairy cows. J. Dairy Sci., 1995 ; 78 : 1909.1920.