316THV-2

UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA

Faculté des Sciences Agrovétérinaires et Biologiques

Département des Sciences Vétérinaires

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Docteur Vétérinaire

ÉTUDE DE LA REPRISE DE L'ACTIVITE OVARIENNE ET ŒSTRALE POSTPARTUM CHEZ LA VACHE LAITIERE DANS LA WILAYA DE BOUIRA

Par

RAHIM Rabah

Devant le jury composé de :

R. KELANEMER	Chargé de cours, U.S.D de Blida	Président
K. AKLOUL	Docteur vétérinaire	Examinateur
R. DELLALI	Docteur vétérinaire	Examinateur
R. KAIDI	Professeur, U.S.D de Blida	Promoteur
K. OUMOUNA	Chargée de cours U.S.D de Blida	Co-Promoteur

Blida, Décembre 2009

RESUME

La reprise de l'activité ovarienne et œstrale après le vêlage a été étudiée chez 16 vaches laitières de races Montbéliarde et Fleckvieh élevées au sein de 2 fermes au niveau de la wilaya de BOUIRA. Une notation de l'état corporel (BCS) à 20 jours *prepartum* et à 15, 30, et 50 jours *postpartum*, un examen des ovaires par palpation transrectale à un intervalle de 10 jours à partir du 15ème jour *postpartum*, et une surveillance visuelle biquotidienne des chaleurs ont été effectuées.

En fonction du moment de la survenue de la 1ère ovulation *postpartum*, les vaches ont été classées en 2 groupes, le groupe RP qui comprend les vaches qui ont repris précocement leur activité ovarienne *postpartum* (avant le 55ème jour *postpartum*) et le groupe RTN qui comprend les vaches qui ont repris tardivement ou n'ayant pas repris leur activité ovarienne *postpartum*. Le pourcentage du groupe RP observé (43.75%) est bien inferieur à l'objectif recherché dans un élevage laitier (82%), traduisant un retard de la reprise de la fonction ovarienne *postpartum*.

Le pourcentage de vaches ayant manifesté des chaleurs avant le 55ème jour *postpartum* a été bien inferieur au pourcentage de vaches en anœstrus (37.5% *vs* 62.5%). Ce pourcentage d'anœstrus (62.5%) s'éloigne de l'objectif recherché en élevage laitier, où seulement moins de 20% des vaches sont toujours en anœstrus à 60 jours *postpartum*. Le signe le plus souvent observé était le chevauchement d'une autre vache.

Mots clés : vache laitière, *postpartum*, activité ovarienne, activité œstrale, BCS.

ABSTRACT

The recovery of the ovarian and estrous activity after calving was studied in 16 dairy cows of races Montbéliarde and Fleckvieh raised within 2 farms on the level of the wilaya of BOUIRA. A body condition scoring (BCS) at 20 days *antepartum* and at 15, 30, and 50 days *postpartum*, an examination of the ovaries via rectal palpation with 10 days interval as from the 15th *postpartum* day, and a twice-daily visual monitoring of heats were carried out.

According to the moment of occurred of the 1st ovulation *postpartum*, the cows were classified in 2 groups, the RP Group which includes the cows which precociously took again their *postpartum* ovarian activity (before the 50 day *postpartum*) and groups RTN which includes the cows which tardily took again or did not begin again their *postpartum* ovarian activity. The percentage of RP Group observed (43.75%) is quite lower than the objective sought in a dairy breeding (82%), translating a delay of the resumption of the *postpartum* ovarian function.

The percentage of cows having expressed heats before the 55 day *postpartum* was quite lower than the percentage of cows in anœstrus (37.5% *vs* 62.5%). This percentage of anœstrus (62.5%) moves away from the objective sought in dairy breeding where less than 20% of the cows are always in anœstrus at 60 days *postpartum*. The sign generally observed was the overlapping of another cow.

Key words : dairy cow, *postpartum*, ovarian activity, estrous activity, BCS

ملخص

رجوع المبيض و الشبق إلى نشاطهما بعد الولادة تم دراسته عند 16 بقرة حلوب صنف Montbéliarde Fleckvieh موزعة على مزرعتين على مستوى ولاية البويرة .كما تم القيام بتسجيل نقاط الحالة البدنية عند 20 يوما قبل الولادة 15، 30، 50 يوما بعد الولادة و مراقبة عينية مرتين في اليوم لحالة الشبق.

على حسب فترة مجيء الاباضة الأولى بعد الولادة ، البقرات تم تقسيمها إلى مجموعتين : المجموعة **RP** التي تضم البقرات الأتي استأنفن نشاطهن ألمبيضي مبكرا ، و المجموعة **RTN** التي تضم البقرات الاتي استأنفن نشاطهن المبيضي متأخرا أو لم يستأنفن نشاطهن المبيضي على التوالي. النسبة المئوية للمجموعة (34.75%) كانت بعيدة عن الهدف المرجو في وحدات تربية الأبقار الحلوب (82%) و تترجم وجود تأخر في عودة المبيض لنشاطه بعد الولادة.

نسبة البقرات اللواتي اظهرن حالة الشبق قبل 55 يوما بعد الولادة كان منخفضا بالنسبة إلى البقرات اللواتي لم يظهرن حالة الشبق (62.5% ، 37.5%). هذه النسبة تبتعد عن الهدف المرجو في وحدات تربية الأبقار أين اقل من 20% من البقرات بقين في حالة عدم إظهار الشبق لمدة 60 يوما بعد الولادة. المؤشر الأكثر ملاحظة هو التشابك مع بقرة أخرى.

كلمات المفاتيح :

بقرة حلوب، بعد الولادة، النشاط المبيضي ، النشاط الشبقي ، **BCS**

REMERCIEMENTS

Au nom de dieu le clément et le miséricordieux.

Je remercie vivement le docteur KELANEMER qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury.

Je remercie également les docteurs AKLOULE et DELLALI qui nous ont fait l'honneur de juger notre travail.

Mes remerciements les plus sincères et les plus respectueux vont à mon promoteur le professeur KAIDI pour la bienveillance qu'il m'a témoigné et pour son orientation tout au long de se travail.

Un grand merci pour mes parents ainsi qu'à toute ma petite famille pour leur soutient et leur encouragement tout au long de mon parcours.

Je remercie également, ma grande famille (mes tantes, mes cousins, et mes cousines), mes amis (es), et mes collègues.

Enfin une petite pensée à mes bestiaux qui ont accompagné et accompagnent encore ma vocation.

"More than any one who lived before me, I have been privileged to see more of the creator's miracles in nature, which has been my greatest joy..." Carl Linnaeus

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ
REMERCIEMENTS
TABLE DES MATIÈRES
LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX
INTRODUCTION

1ère PARTIE : ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

1. EVENEMENTS HISTOLOGIQUES, HORMONAUX ET COMPORTEMENTAUX LORS DU CYCLE SEXUEL DE LA VACHE..... 1

1.1. Evénements histologiques lors du cycle sexuel de la vache..... 1

1.1.1. Phase folliculaire..... 1

1.1.2. Phase lutéale..... 2

1.2. Evènements hormonaux lors du cycle sexuel de la vache..... 3

1.2.1. Hormones ovariennes..... 3

1.2.2. Hormones hypophysaires..... 4

1.1.3. Hormone hypothalamique..... 4

1.2.4. Prostaglandines..... 4

1.3. Evènements comportementaux caractéristiques de l'œstrus lors du cycle sexuel de la Vache..... 6

1.3.1. Importance de la détection des chaleurs..... 6

1.3.2. Expression des chaleurs ; comportement d'œstrus 6

1.3.3. Modalités de détection des chaleurs..... 9

1.3.4. Simplifier la détection des chaleurs..... 10

2. PHYSIOLOGIE DE LA REPRODUCTION EN PERIODE POSTPARTUM DE LA VACHE..... 14

2.1. Involution utérine..... 14

2.2. Reprise de la fonction reproductrice (cyclicité) postpartum..... 16

2.2.1. Reprise de l'activité ovarienne postpartum..... 16

2.2.2. Reprise des manifestations œstrales postpartum..... 24

2.3. Profils de reprise de la fonction ovarienne postpartum et anomalies possibles..... 25

2.4. Facteurs influençant la reprise de l'activité ovarienne et œstrale postpartum..... 28

2.4.1. Race, souche, et génétique..... 28

2.4.2. Age et parité..... 29

2.4.3. Niveau de production laitière..... 31
2.4.4. Saison de vêlage..... 32
2.4.5. Vêlage, pathologies puerpérales, et maladies autres que génitales..... 32
2.4.6. Alimentation..... 35
2ème PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE
Introduction..... 40
Matériels et méthodes..... 40
Résultats..... 42
Discussion..... 47
CONCLUSION..... 51
RECOMMANDATIONS..... 52
ANNEXES..... 56
REFERENCES..... 57

LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

Figure 1.1 Vagues de croissance folliculaire et variations hormonales au cours du cycle œstral de la vache (ROCHE. 1996)..... 5

Figure 1.2 Protocole de synchronisation des chaleurs à base de $PgF_2\alpha$ (GRIMARD *et al.* 2003)..... 11

Figure 1.3 Protocole de synchronisation associant GnRH et $PgF_2\alpha$ (GPG ou *OvSynch*) (GRIMARD *et al.* 2003)..... 12

Figure 1.4 Protocoles de synchronisation à base de progestagènes (GRIMARD *et al.* 2003)..... 13

Figure 2.1 Influence de la non délivrance sur le pourcentage de vaches hébergeant des germes microbiens *in utero* le 2ème jour après vêlage (LEWIS. 1997)..... 15

Figure 2.2 Diagramme schématique montrant le développement des plus grands follicules ovariens associé aux variations des concentrations des E_2, P_4 circulants ainsi que la fréquence de sécrétions pulsatiles de LH au cours du PP (flèches vides : ovulation sans *œstrus* ; flèches pleines : ovulation avec *œstrus*) (RHODES *et al.* 2003)..... 24

Figure 2.3 Distribution de l'intervalle vêlage - démarrage de l'activité lutéale des vaches laitières au cours du *postpartum* (dérivé de 2165 lactations sans rétention placentaire, sans infections utérines, et sans intervention vétérinaire avant le démarrage de l'activité lutéale) (DARWASH *et al.* 1996)..... 26

Figure 2.4 Illustration schématique des différents profils de progestérone en *postpartum* chez la VL : a) profil normal, b) retard de cyclicité, c) cessation de cyclicité, et d) activité lutéale prolongée (PETERSSON *et al.* 2006)..... 28

Figure 2.5 Effet de la parité (nombre de lactation) sur l'intervalle vêlage - début d'activité lutéale (DARWASH *et al.* 1997)..... 30

Figure 2.6 Besoins en énergie (carrés), ingestion (cercles), et balance (triangles) des vaches en période de transition (BERTICS *et al.* 1992)..... 36

Figure 2.7 Effet du déficit énergétique sur la date de la 1ère ovulation (LUCY *et al.* 1992)..... 37

Figure 2.8 Effet du déficit énergétique sur la reprise d'activité ovarienne (STAPLES et THATCHER. 1990)..... 37

Figure 2.9 Représentation schématique de la croissance et de la maturation du FD de la 1ère vague folliculaire *postpartum* (KAWASHIMA *et al.* 2007)..... 38

Figure 2.10 Pourcentage de vaches en BEN et en BEP manifestant un *œstrus* durant leur premier et second cycle *postpartum* (SPICER *et al.* 1990)..... 39

Figure 2.11 Modèle conceptuel du mécanisme à travers lequel la nutrition affecte la reproduction *postpartum* chez la vache (LUCY. 2003).. 40

Figure 3.1 Evolution de la note d'état corporel moyenne en en période de transition chez les VL des 2 fermes..... 43

Figure 3.2 Evolution du BCS et du BCS Loss moyens observés en en période de transition des VL des 2 fermes..... 43

Figure 3.3 Intervalle VIA1 moyen observé durant l'année précédente à l'étude..... 44

Figure 3.4 Pourcentage des vaches qui présent un CJ réel, mal défini, ou absent selon l'examen des ovaires durant les premiers 55 jours *postpartum*..... 45

Figure 3.5 Pourcentage de RP et RTN dans les 2 fermes..... 45

Figure 3.6 Pourcentage de vaches en *œstrus* et en anœstrus durant les premiers 55 jours *postpartum*..... 46

Figure 3.7 Pourcentage des différents signes de chaleurs observés dans les 2 fermes..... 46

Figure 3.8 Vérification du diagnostic par palpation transrectale de l'anœstrus par analyse de la progestérone (ZDUNCZYK *et al.* 2002)..... 48

Tableau 1.1 Taux (%) de comportements d'œstrus accompagnés d'acceptation du chevauchement..... 7

Tableau 1.2 Nombres des acceptations de chevauchement par chaleur selon les auteurs..... 7

Tableau 1.3 Echelle de notation des signes observables en période d'œstrus (VAN EERDENBURG *et al.* 1996)..... 8

Tableau 1.4 Effet du nombre, du moment et de la durée des observations dans le taux (%) de détection des chaleurs (VAN EERDENBURG *et al.* 1996)..... 10

Tableau 2.1 Evolution de la longueur, du diamètre et du poids de l'utérus (corne ex-gravide) après le vêlage (GIER et MARION. 1968)..... 15

Tableau 2.2 Date moyenne de la première ovulation *postpartum* selon les auteurs..... 18

Tableau 2.3 L'intervalle vêlage - détection du 1er FD et vêlage - 1ère ovulation pour les vaches ayant vêlé en automne, selon que le 1er FD ovule ou devient kystique (SAVIO *et al.* 1990)..... 19

Tableau 2.4 Durée du premier cycle *postpartum* (SAVIO *et al.* 1990)..... 19

Tableau 2.5 Classification des cycles ovariens selon leur durée et l'intervalle entre le vêlage et le jour du recrutement du 1er FD ovulatoire (SAVIO *et al.* 1990)..... 20

Tableau 2.6 Durée du 1er cycle ovarien et nombre de vagues folliculaires associées (SAVIO *et al.* 1990b)..... 20

Tableau 2.7 Jour d'identification des FDs après la 2ème ovulation *postpartum* selon le nombre de vagues folliculaires par cycle (SAVIO *et al.* 1990)..... 21

Tableau 2.8 Intervalle vêlage - 2ème, et 3ème ovulation *postpartum* chez les vaches laitières..... 21

Tableau 2.9 Date de l'apparition du 1er *œstrus postpartum* selon les auteurs.. 25

Tableau 2.10 Pourcentages de profils témoins d'une activité lutéale normale, montrant une inactivité ovarienne *postpartum* prolongée, ou une phase lutéale prolongée en fonction de la parité (OPSOMER *et al.* 2000) 30

Tableau 2.11 Niveau de production laitière et reprise de la cyclicité (MARION et GIER. 1968)..... 31

Tableau 2.12 Production laitières, date de la 1ère ovulation, durée de la 1ère phase lutéale, date du 1er *œstrus*, et nombre d'ovulations avant le 1er *œstrus postpartum* chez les vaches laitières hautes et moyennes productrices (HARRISON *et al.* 1990)..... 31

Tableau 2.13 Pourcentages de profils témoins d'une activité lutéale normale, d'une inactivité ovarienne *postpartum* prolongée ou d'une phase lutéale prolongée en fonction des anomalies puerpérales rencontrées (OPSOMER *et al.* 2000)..... 33

Tableau 2.14 Pourcentages de profils témoins d'une activité lutéale normale, d'une inactivité ovarienne *postpartum* prolongée ou d'une phase lutéale prolongée en fonction de l'état de santé lors du 1er mois *postpartum* et de la survenue d'une maladie métabolique (OPSOMER *et al.* 2000)..... 34

Tableau 2.15 Les paramètres de reproduction des vaches laitières nourries avec des rations de 13 ou 20 % de protéines brutes (CARROLL *et al.* 1988)..... 39

Tableau 3.1 Diagnostic différentiel entre le follicule et le corps jaune (selon ESCOUFLAIRE, PH. Le point vétérinaire N° 238. 2003)..... 41

Tableau 3.2 Résultats des BCS *peripartum* observés en comparaison avec les valeurs admises..... 42

Tableau 3.3 Résultats des IVIA1 moyens observés durant l'année précédente à l'étude..... 43

Tableau 3.4 Résultats de l'examen des ovaires via la palpation transrectale au

niveau des 2 fermes..... 43

Tableau 3.5 Résultats de l'observation des chaleurs durant les premiers 55 jours *postpartum*..... 46

Tableau 3.6 Pourcentage de retard dans la reprise de l'activité ovarienne *postpartum* rapporté par la littérature..... 49

INTRODUCTION

D'intérêt primaire, la période du *postpartum* a été sujette à de nombreux rapports de recherche. En effet, une des clés principales permettant la réalisation d'un vêlage annuel en élevage laitier, passe par une précoce remise à la reproduction des vaches après le vêlage. Or, cette remise à la reproduction résulte d'une séquence d'évènements à savoir, l'involution utérine, la reprise de l'activité ovarienne, la reprise de l'activité œstrale, la détection des chaleurs, et la décision de l'éleveur à remettre les animaux à la reproduction.

La fin de la période acyclique *postpartum* peut être définie via trois principaux critères aussi variables les uns des autres dans leur valeur diagnostic. En effet, la fin du repos *postpartum* peut être déterminée par la fin de l'anœstrus *postpartum* et l'apparition des premières manifestations œstrales après le vêlage. Aussi, elle peut être déterminée par la mise en évidence d'un corps jaune fonctionnel de plus de 2 cm de diamètre par échographie, ou par palpation transrectale. Cependant, il faut rester modeste sur l'exactitude de cette dernière qui, en fonction des études présente, une concordance globale de 75% avec une spécificité d'environ 75% et une sensibilité de 65% (CORI *et al.* 1990). Mieux encore, la fin de la période acyclique qui suit le vêlage peut être déterminé par évaluation du taux de progestérone dans le sang ou dans le lait. Cette méthode permet une meilleure exactitude, l'idéal étant de faire 2 prélèvements à 10 jours d'intervalle (PETIT *et al.* 1977), mais cela est plutôt réservé aux protocoles expérimentaux, en pratique un seul prélèvement lors de l'examen donne une information suffisante pour un lot d'animaux, le résultat sera sous-évalué en terme de pourcentage de cyclicité (MIALOT *et al.*1998).

Dans une première partie bibliographique, nous aborderons quelques rappels relatifs à la fonction reproductrice de la vache laitière, notamment les évènements ovariens et hormonaux, mais aussi comportementaux caractérisant la période d'*œstrus*. Ensuite, nous étudierons la reprise de la fonction reproductrice dite aussi cyclicité après le vêlage, du point de vue activité folliculaire, hormonale, et comportementale. Enfin, nous détaillerons l'importance des facteurs affectant la reprise de l'activité ovarienne et œstrale des vaches laitières après le vêlage dont la balance énergétique occupe la place la plus importante. Dans une seconde partie expérimentale, nous présenterons notre propre travail sur la reprise au cours de la période *postpartum* de l'activité ovarienne et œstrale des vaches laitières de race Montbéliardes et Fleckviehs élevées dans le centre algérien, plus précisément la wilaya de BOUIRA. Nous étudierons pour ceci la survenue de la 1ère ovulation *postpartum*, estimée par la mise en évidence via l'examen des ovaires par palpation transrectale d'un corps jaune fonctionnel, l'évolution de la note d'état corporel en période *peripartum* qui reflète l'évolution de la balance énergétique et qui représente un outil de conduite important, et enfin la date du 1er *œstrus postpartum* par le biais de l'observation visuelle du troupeau selon la méthode décrite par VAN EERDENBURG et collaborateurs en 1996 qui sera détaillée dans le chapitre 1.

CHAPITRE 1

EVENEMENTS HISTOLOGIQUES, HORMONAUX ET COMPORTEMENTAUX LORS DU CYCLE SEXUEL DE LA VACHE

Le cycle sexuel de la vache se caractérise par trois composantes (BRUYAS. 1991). La première composante est le comportement sexuel. La deuxième composante est représentée par les remaniements histologiques ovariens, et la troisième composante est représentée par les évènements hormonaux et le contrôle physiologique du cycle.

1.1. EVENEMENTS HISTOLOGIQUES LORS DU CYCLE SEXUEL DE LA VACHE

Au niveau des ovaires de la vache, le cycle sexuel d'une durée moyenne de 21 jours se caractérise par la succession de 2 phases, une phase folliculaire et une phase lutéale.

1.1.1. PHASE FOLLICULAIRE

Correspond à la croissance folliculaire terminale de la folliculogénèse, appelée aussi croissance folliculaire cyclique ou folliculogénèse tonique. Chez la vache, la cinétique (ou dynamique) des follicules ovulatoires s'effectue sous forme de vague de croissance folliculaire. Chaque vague folliculaire consiste en l'émergence, tous les 7 à 9 jours environ, de plusieurs follicules, de diamètre égal ou supérieur à 5 mm, parmi lesquels, au bout de quelques jours, apparaîtra le follicule dominant (FD) (SIROIS et FORTUNE. 1988 ; FORTUNE *et al.* 1988). C'est parmi ceux-ci que le follicule ovulatoire est désigné. L'acquisition de cette taille correspond à diverses modifications histologiques et hormonales du follicule. Chez la vache, 1 à 4 vagues folliculaires par cycle ont été décrites. Cependant, un cycle ne comporte habituellement que 2 ou 3 vagues folliculaires, le follicule préovulatoire étant issu de la dernière vague (SAVIO *et al.* 1988 ; GINTHER *et al.* 1989 ; DRIANCOURT *et al.* 1991 ; FORTUNE. 1993 ; ADAMS *et al.* 1994). Si 3 vagues folliculaires sont observées, elles débutent habituellement au $2^{ème}$, au $9^{ème}$, et au $16^{ème}$ jour du cycle. Si celui-ci n'en comporte que 2, elles apparaissent au $2^{ème}$ et au $11^{ème}$ jour du cycle. (SAVIO *et al.* 1988 ; GINTHER *et al.* 1989 ; LUCY *et al.* 1992). La présence de 2 ou 3 vagues folliculaires entraîne de notables différences. En effet, si 3 vagues folliculaires sont observées, le cycle (21.5 *vs* 19.7 jours) et la phase lutéale (18.0 *vs* 16.7 jours) sont allongés. De même, la $2^{ème}$ vague folliculaire apparaît plus précocement (9.4 *vs* 10.7 jour), le diamètre du FD de la $1^{ère}$ vague folliculaire est moindre (12.8 *vs* 14.4 mm), et l'intervalle entre le moment ou émerge le FD de la $3^{ème}$ vague folliculaire et l'ovulation est plus court (7 *vs* 11 jours) (LAVOIR et FORTUNE. 1990 ; GINTHER *et al.* 1989). Trois étapes successives sont responsables de ce tri folliculaire ; le recrutement, la sélection, et la dominance.

1.1.1.2. Recrutement

Le recrutement consiste en l'apparition d'un groupe de plusieurs follicules d'environ 4 mm de diamètre qui continuent de croitre de 1 à 2 mm par jour (essentiellement par gonflement de l'*antrum*) pendant 2 à 3 jours. Les follicules recrutés forment alors une cohorte qui comprend en moyenne 7 follicules de tailles différentes mais supérieure à 5 mm de diamètre (GINTHER *et al.* 1996). Il s'agit d'un mécanisme aléatoire (ROCHE et BOLAND. 1991) où seuls sont recrutés les follicules atteignant "la bonne taille au bon moment".

1.1.1.3. Sélection

La sélection est l'émergence parmi les follicules recrutés du FD, les autres follicules (non sélectionnés) subiront l'atrésie. Au cours de cette phase, le FD croît de manière linéaire pendant plusieurs jours jusqu'à atteindre la taille de 9 mm environ (PIERSON et GINTHER. 1988 ; SIROIS et FORTUNE. 1988 ; GUILBAULT *et al.* 1991) (Figure 1.1). Cette première phase de croissance dépend du stade du cycle auquel elle est observée. Elle est plus courte (2 jours) pour les FDs ayant initié leur croissance au 4ème et au 16ème jour du cycle que pour les FDs dont la croissance a débuté au 12ème jour du cycle (4 jours) (SAVIO *et al.* 1988).

1.1.1.4. Dominance

La dominance est morphologique et fonctionnelle (LAVOIR et FORTUNE. 1990). Elle est qualifiée de morphologique parce qu'elle est exercée par le plus gros follicule (entre 12 et 17 mm de diamètre environ) présent sur l'un ou l'autre ovaire appelé follicule dominant (FD). Le FD est défini comme une structure folliculaire qui croît à au moins 11 mm de diamètre et excède le diamètre des autres follicules au sein d'une même vague de croissance (GINTHER *et al.* 1989). Elle est fonctionnelle parce que le FD est le seul qui soit capable de provoquer la régression des follicules recrutés et de bloquer le recrutement d'autres follicules (KO *et al.* 1991), et d'ovuler dans un environnement hormonal approprié (GONG *et al.* 1993). La dominance demeure en général pendant 5 à 7 jours (SIROIS et FORTUNE. 1988) (Figure 1.1).

1.1.1.5. Divergence

a. Atrésie folliculaire ou involution folliculaire

L'atrésie correspond à la régression du follicule jusqu'à sa disparition dans le stroma ovarien. Elle constitue le devenir de la majorité des follicules ovariens (99.9%). Elle peut se produire à n'importe quel moment de la folliculogénèse. Sur le plan fonctionnel, la distinction entre les follicules atrétiques ou non peut être réalisée par la détermination du rapport de leurs concentrations en œstradiol/progestérone (IRELAND et ROCHE. 1982), ou mieux encore, par le rapport de leurs concentrations en œstradiol/ocytocine (MEIDAN *et al.* 1992).

b. Ovulation

L'ovulation est le résultat alternatif de l'atrésie, bien qu'elle ne se produise que dans moins de 1% des follicules ovariens. Pendant sa phase d'évolution terminale, le FD acquiert la possibilité de répondre à un pic de gonadotropines (LH principalement). Par ailleurs, un profond remaniement de sa structure permet l'expulsion d'un ovocyte mature, puis la formation d'un corps jaune (CJ).

1.1.2. PHASE LUTEALE

La mise en place d'un CJ fonctionnel (ou sécrétoire) dans les jours qui suivent l'ovulation implique d'importants remaniements cytologiques et biochimiques des structures folliculaires. Le CJ est constitué de 2 types de cellules stéroïdogènes (MOSSMAN et DUKE. 1973) : les grandes cellules (diamètre de 20 à 40 µm) sont issues de la *granulosa* et les petites cellules (diamètre inférieur à 20 µm) proviennent de la thèque interne.

a. Lutéogenèse ou phase de formation

Cette phase dure environ 4 jours (BRUYAS. 1991). Après l'ovulation, du sang remplit la cavité folliculaire, formant ainsi le corps hémorragique. Les cellules de la thèque interne du

follicule et les cellules de la *granulosa* prolifèrent et se transforment en cellules lutéales. Le CJ de la vache mesure au début 6 à 8 mm de diamètre pour atteindre au 4ème jour après ovulation, 18 à 20 mm c'est-à-dire 50 à 60% de la taille à maturité (BERTRAND et CHATRE. 1976).

b. Lutéotrophie ou phase de maintien

Le développement du CJ se poursuit pendant encore environ 8 jours (BRUYAS. 1991), pour s'achever vers le 12ème jour après ovulation (BERTRAND et CHATRE. 1976). Les cellules dérivées de la *granulosa* deviennent fonctionnelles vers le 4ème jour du cycle, mais ne subissent plus de divisions à partir de ce stade. Ce sont les petites cellules lutéales, issues de la thèque interne, qui se multiplient ensuite pour se transformer en grandes cellules lutéales, et qui sont principalement responsables de la croissance du CJ à partir du 4ème jour. Ces cellules lutéales s'organisent en tissu conjonctif richement vascularisé à partir de la thèque interne (BERTRAND et CHATRE. 1976). Cette abondante vascularisation est particulièrement favorable à l'activité endocrine du CJ (THIBIER *et al.* 1973). Le poids et l'activité du CJ demeurent ensuite relativement constants jusqu'au 16ème jour du cycle (TAINTURIER. 1977).

c. Lutéolyse ou phase de régression

En absence de fécondation, la lutéolyse survient. Elle débute au 16ème ou au 17ème jour du cycle (BERTRAND et CHATRE. 1976), mais on observe une régression brutale au 18ème jour (TAINTURIER. 1977) qui se poursuit plus progressivement pendant 24 à 48 h (BRUYAS. 1991). Les parois artériolaires du CJ se sclérosent, ce qui aboutit à une réduction de la lumière et donc de l'apport sanguin, de l'énergie et des précurseurs au niveau des cellules lutéales. Les cellules lutéales dégénèrent en parallèle, et perdent leur fonctionnalité ; la matrice conjonctive se développe au fur et à mesure (BERTRAND et CHATRE. 1976).

1.2. EVENEMENTS HORMONAUX LORS DU CYCLE SEXUEL DE LA VACHE

Le contrôle hormonal du cycle intervient à 4 niveaux, à savoir l'ovaire avec les hormones stéroïdiennes et les polypeptides, l'hypophyse avec les gonadotropines, l'hypothalamus avec la gonadolibérine, et l'utérus avec la prostaglandine (BRUYAS. 1991).

1.2.1. HORMONES OVARIENNES

a. Œstrogènes

Les œstrogènes principalement l'œstrone et l'œstradiol 17β (E_2) synthétisés par les cellules de la thèque interne et celles de la *granulosa* du (ou des) follicules en maturation, sont sécrétés surtout pendant la phase folliculaire. L'œstrogénémie est très faible pendant la phase lutéale (3 à 4 pg/ml), mais augmente jusqu'à 15 à 20 pg/ml 24 h avant l'ovulation (BRUYAS. 1991). L'E_2 est responsable indirectement de l'ovulation en induisant une décharge ovulatoire de LH grâce à un effet seuil. Cette hormone est également responsable du comportement d'*œstrus* (Figure 1.1) (BRITT *et al.* 1986 ; LYIMO *et al.* 2000).

b. Progestagènes

Les progestagènes principalement la progestérone (P_4) est sécrétée par le CJ pendant la phase lutéale. Elle exerce une rétroaction négative tant sur l'hypothalamus que sur l'hypophyse, ce qui entraîne une diminution du taux de LH, interdisant ainsi l'ovulation.

1.2.2. HORMONES HYPOPHYSAIRES

Ce sont la FSH (Folliculo Stimulating Hormone) et la LH (Luteinizing Hormone). Ces hormones (gonadotropes) sont animées d'une sécrétion de base à caractère pulsatile dite «tonique» mais font aussi l'objet d'une décharge importante de courte durée, dite «cyclique» qui survient 24 h avant l'ovulation et qui en est responsable. Les activités biologiques de la FSH et de la LH sont pratiquement toujours associées. Cette synergie est de type séquentielle (une hormone préparant le terrain pour l'autre) ou parfois simultanée. La FSH assure la croissance folliculaire et stimule la sécrétion d'œstrogènes. Une augmentation transitoire (de 1 à 2 jours) de son taux plasmatique circulant permet l'émergence de chaque nouvelle vague folliculaire (EVANS *et al.* 1994). La LH, dont l'action a été préparée par la FSH, assure plus particulièrement la maturation folliculaire, provoque l'ovulation, la reprise de la méiose au niveau de l'ovocyte, la formation du CJ et la sécrétion de P_4 par les cellules lutéales (BERTRAND et CHATRE. 1976 ; BRUYAS. 1991). C'est une décharge cyclique de LH, ou «pic ovulatoire», qui est responsable de l'ovulation. Au cours de ce pic, qui dure environ 6 h, on observe un taux maximum de LH, 50 fois supérieur au niveau de base (THIBIER *et al.* 1973). Ce pic est induit lorsqu'un certain seuil plasmatique en E_2 est atteint (LYIMO *et al.* 2000).

1.1.3. HORMONE HYPOTHALAMIQUE

Il s'agit d'une gonadolibérine, la GnRH (Gonado Releasing Hormone). La sécrétion pulsatile de GnRH est responsable de la sécrétion également pulsatile de FSH et de LH. Classiquement on reconnaît 2 centres de sécrétion de GnRH : un centre «tonique» et un centre «cyclique». La sécrétion tonique de GnRH est responsable de la sécrétion de base de FSH et de LH, et, à un certain moment, l'activité de tous les neurones produisant de la GnRH se synchronise, produisant des pulses très fréquentes de gonadolibérine à l'origine des décharges cycliques «ovulantes» de gonadotropines (THIBIER *et al.* 1973 ; BRUYAS. 1991). L'activité sécrétoire de l'axe hypothalamo-hypophysaire est dépendante de tout son environnement neuro-hormonal (THIBIER *et al.* 1973). Ainsi, les œstrogènes exercent une rétroaction positive sur l'hypothalamus, ils stimulent son activité cyclique en accentuant les décharges de gonadolibérine. A l'inverse, la P_4 exerce une rétroaction négative, elle réduit la sécrétion de gonadolibérine. Lors de la lutéolyse, la rétroaction négative de la P_4 est levée, et un nouveau cycle recommence avec une nouvelle maturation folliculaire (BRUYAS. 1991). Enfin, un fort taux plasmatique de cortisol peut retarder ou bloquer la décharge cyclique ovulante de LH (EVANS *et al.* 1994). Par ailleurs, l'hypothalamus est en étroite relation avec le cortex cérébral et les organes des sens. Des stimuli nerveux influencent l'activité sexuelle, c'est le cas des stimuli lumineux, des températures extrêmes, des stress de toute nature ou simplement des stimulations sensorielles dues à la vie en troupeau (par l'intermédiaire des phéromones) (BRUYAS. 1991).

1.2.4. PROSTAGLANDINES

La prostaglandine $F_2\alpha$ ($PgF_2\alpha$) est synthétisée par l'utérus à la fin de la phase lutéale en cas de non fécondation. Elle provoque la lyse du CJ et l'arrêt de la sécrétion de P_4 (BRUYAS. 1991).

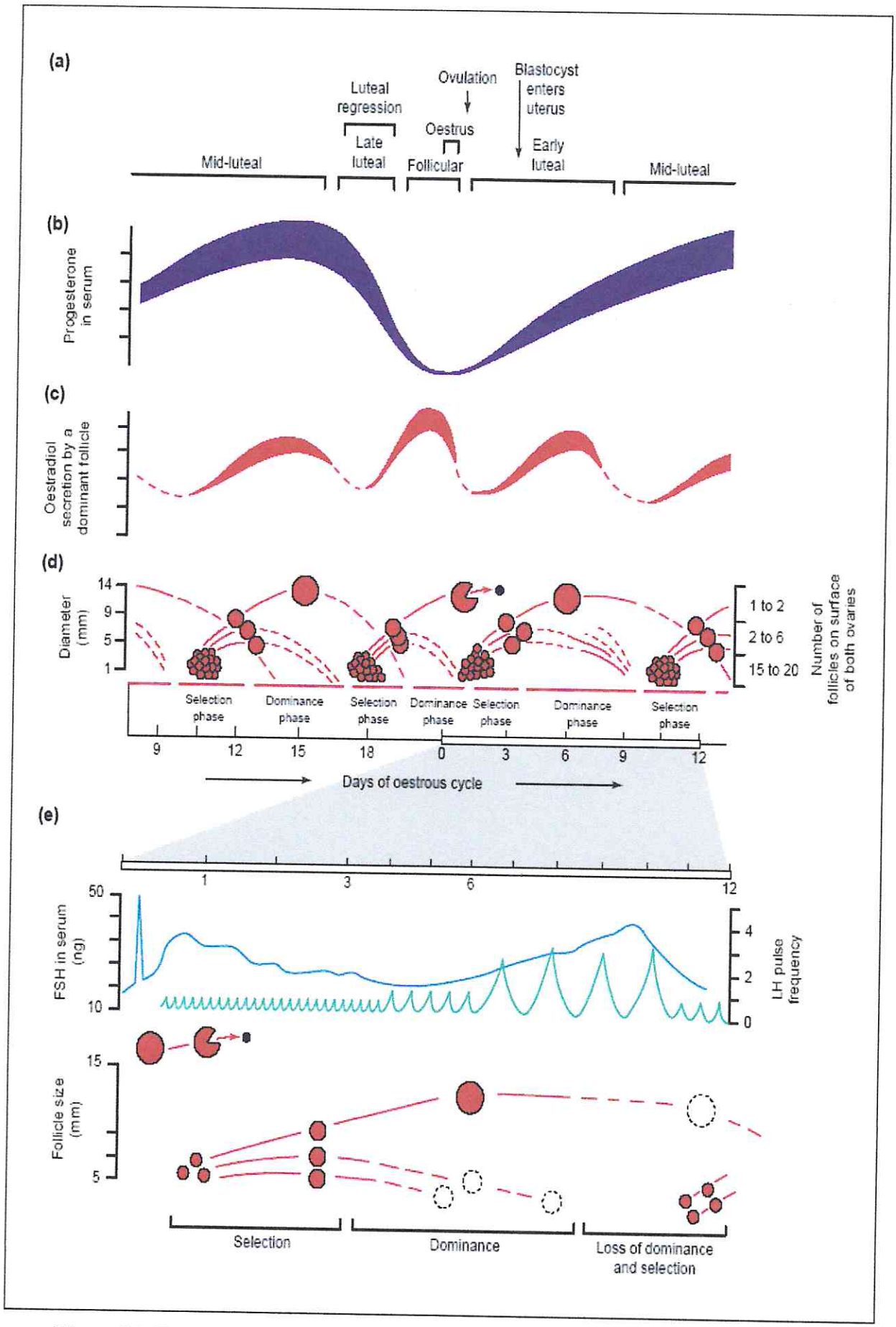


Figure 1.1. Vagues de croissance folliculaire et variations hormonales au cours du cycle œstral de la vache (ROCHE. 1996).

1. 3. EVENEMENTS COMPORTEMENTAUX CARACTERISTIQUES DE L'ŒSTRUS LORS DU CYCLE SEXUEL DE LA VACHE

1.3.1. IMPORTANCE DE LA DETECTION DES CHALEURS

La diminution de la fertilité des vaches laitières à la suite d'une insémination artificielle (IA) est une réalité inquiétante sur le plan économique. Parmi les nombreux facteurs proposés et qui sont susceptibles d'expliquer cette détérioration, la mauvaise détection des chaleurs reste souvent le plus évoqué (SAUMANDE. 2001). De ce fait, on constate une utilisation de plus en plus intensive de la saillie naturelle même dans les troupeaux laitiers, pourtant connus pour recourir davantage à l'IA. Ainsi, en 1995 une enquête réalisée aux Etats Unies avait révélée que moins de 20% des troupeaux seulement utilisaient exclusivement l'IA. Une telle façon de faire n'est pas dépourvue de risques dont celui d'une régression du progrès génétique lié à l'utilisation de taureaux infertiles.

La qualité de la détection des chaleurs combine en fait des notions qualifiées d'intensité (ou d'efficacité) de détection et d'exactitude (ou de précision) de détection (HUMBLOT et THIBIER. 1978 ; REIMERS *et al.* 1985 ; STURMAN *et al.* 2000). L'intensité de détection correspond à la spécificité (proportion de vaches déclarées non en chaleurs parmi celles qui ne le sont effectivement pas), alors que l'exactitude correspond à la sensibilité (proportion de vaches effectivement en chaleurs détectées parmi, celles qui le sont). La faible efficacité (inefficacité) de la détection des chaleurs se traduit, par un allongement de l'intervalle vêlage - 1ère IA (donc un retard de mise à la reproduction), ainsi que celle entre les inséminations, tandis qu'une mauvaise exactitude (inexactitude) engendre une dégradation de la réussite de l'IA, et affecte de ce fait, plus directement la fertilité. Pour illustrer ce problème dans l'exactitude de la détection des chaleurs, on peut rappeler que 4 à 26% des IA sont réalisées sur des animaux qui, objectivement, n'étaient pas en chaleurs compte tenu des concentrations élevées de P_4 dans le plasma ou dans le lait au moment de l'insémination (REIMERS *et al.* 1985 ; STURMAN *et al.* 2000). Dans une étude menée en 1996, la détection des chaleurs serait insuffisante dans au moins un tiers des troupeaux laitiers, et les recommandations classiques (3 périodes de détection de 20 minutes...) ne seraient jamais appliquées par les éleveurs ou presque (VARNER et BRAND. 1996), ajouté à cela seulement un exploitant sur quatre y consacrant plus de 20 minutes par jour (SCHERMERHORN *et al.* 1986). En pratique un taux de 10 à 15% de chaleurs non détectées apparaît comme un optimum.

1.3.2. EXPRESSION DES CHALEURS ; COMPORTEMENT D'ŒSTRUS

1.3.2.1. Signe majeur (ou signe primaire)

L'acceptation du chevauchement est le signe décrit le plus spécifique d'une vache ou d'une génisse en chaleurs, il s'agit d'un signe très fiable dont la spécificité est supérieure à 95% (ORIHUELA. 2000). Une vache accepte le chevauchement lorsqu'elle reste immobile pendant plusieurs secondes alors qu'une autre vache la chevauche. Cependant, la vache chevauchée doit avoir la possibilité physique de se dégager en cas de refus. En dehors de la période d'*œstrus*, la femelle refuse le chevauchement en se soustrayant (BRUYAS. 1991).

La durée moyenne d'une acceptation du chevauchement est comprise entre 2.5 et 3.5 secondes pour différencier une acceptation d'un refus (DRANSFIELD *et al.* 1998 ; XU *et al.* 1998). Cependant l'acceptation du chevauchement n'est pas systématiquement observée, et ne

se rencontre que chez 37 à 65% des vaches en période d'*œstrus* (Tableau 1.1). De plus, même parmi les vaches concernées, cette activité ne se répète qu'un nombre de fois limité, en moyenne 5 à 16 fois par période d'*œstrus* (Tableau 1.2). De ce fait, le temps total passé à accepter le chevauchement lors d'une période ovulatoire varie de 10 à 15.5 secondes, ce qui est très court pour une période qui s'étend sur plusieurs heures (PIGGOTT *et al.* 1996 ; TIMMS *et al.* 1997).

De ce fait, la prise en compte de ce seul signe très spécifique mais peu sensible laisse des failles, compte tenu du fait que toutes les vaches ne l'expriment pas, que sa durée est courte et qu'il peut donc être difficile voire impossible à détecter, qui expliquent l'intérêt des autres signes dits secondaires.

Tableau 1.1. Taux (%) de comportements d'*œstrus* accompagnés d'acceptation du chevauchement.

Références	Conditions de l'essai	Taux d'*œstrus* accompagnés d'acceptation de chevauchement
VAN EERDENBURG *et al.* 1996	30 min toutes les 2h	37 %
	30 min 3 fois/jour	12 %
LYIMO *et al.* 2000	30 min toutes les 3h	53 %
DISENHAUS *et al.* 2003	En continue	59 %
KERBRAT et DISENHAUS. 2004	En continue	50 %
ROELOFS *et al.* 2005	30 min toutes les 3h	58 %
YOSHIDA et NAKAO 2005	En continue	63% primipares 65% multipares

Tableau 1.2. Nombres des acceptations de chevauchement par chaleur selon les auteurs.

Références	Conditions de l'essai	nombre des acceptations de chevauchement par *œstrus*
WALTON *et al.* 1987	Observation vidéo 24h/24	5.5
NEBEL. 1993	***	16.3 (+/- 11.6)
SENGER. 1994	Détecteur de chevauchement	14.1
PIGGOTT *et al.* 1996	***	4.6
WALKER *et al.* 1996	Système HeatWatch™	10.1
DRANSFIELD *et al.* 1998	Système HeatWatch™	8.5 (+/- 6.6)
XU et al. 1998	Système HeatWatch™	11.2(+/-0.93)
AT-TARAS et SPAHR. 2001	***	6.2
KERBRAT et DISENHAUS. 2004	Observation vidéo 24h/24	8.2

1.3.2.2. Signes mineurs (ou signes secondaires)

Les signes secondaires sont des signes comportementaux autres que l'acceptation du chevauchement, ils sont peu spécifiques, présents pendant l'ensemble du cycle œstral mais exprimés plus fréquemment lors de la période d'*œstrus*. Ces signes sont au nombre de 4 (KERBRAT et DISENHAUS. 2004) :

- Les tentatives de chevauchement par l'arrière.
- Les tentatives de chevauchement par l'avant.
- Les frottements/appuis du menton ou de la tête sur la croupe d'une autre vache.
- Les léchages/flairages de la région anogénitale d'une autre vache.

Chacun de ces signes peut être initié ou reçu par la vache en chaleur. Cependant leur spécificité est variable, et ils ne doivent pas conduire seuls à un "diagnostic" d'*œstrus*. Mais selon leur association (SENGER. 1994) et/ou leur fréquence (VAN EERDENBURG *et al.* 1996), ils peuvent cependant laisser penser qu'une vache est probablement en chaleurs. Lors d'une étude réalisée sur un seul troupeau, la répétition de 4 signes secondaires au cours d'une période d'observation pouvait permettre de détecter 68% des vaches en chaleurs, sans avoir un très grand nombre de faux positifs (DISENHAUS *et al.* 2003). Mais ceci nécessite une observation continue du troupeau incompatible avec la gestion des élevages. Une grille de pointage des signes secondaires a été élaborée (Tableau 1.3) attribuant à chaque signe d'*œstrus* observable un nombre de points en fonction de sa fiabilité (VAN EERDENBURG *et al.* 1996).

Tableau 1.3. Echelle de notation des signes observables en période d'*œstrus* (VAN EERDENBURG *et al.* 1996)

Signes d'œstrus	Nombre d'observations		Points
	Œstrus	Diœstrus	
Ecoulement muqueux vulvaire	13	44	3
Flehmen (Cajolement)	34	69	3
Agitation	73	21	5
Reniflement de la vulve d'une autre vache	246	113	10
Chevauchée, sans acceptation	28	24	10
Pose de la tête sur une autre vache	228	54	15
Chevauchement (ou tentative) d'une autre vache	218	5	35
Chevauchement d'une autre vache par la tête	11	0	45
Chevauchée, avec acceptation	34	0	100

Cette grille de pointage permet d'attribuer à chaque vache un «score comportemental» égal à la somme des points attribués aux signes secondaires exprimés pendant une période donnée. Lorsque ce score atteint un seuil de 50 points au cours de 2 observations de 30 minutes chaque une, la vache est considérée en chaleurs. Cette échelle a depuis fait ses preuves, car elle a été validée en pratique, sa valeur prédictive positive est de 96% lorsque le seuil était placé à 100 points pour 2 observations consécutives de 30 minutes, et a été utilisée dans de nombreuses publications (LYIMO *et al.* 2000 ; VAN EERDENBURG *et al.* 2002 ; ROELOFS *et al.* 2005).

1.3.2.3. Autres signes comportementaux

Des changements du comportement autres que les signes précédemment décrits (majeur et mineurs) peuvent être constatés, même s'ils sont que très peu spécifiques à la période d'*œstrus*. Selon certains, la vache en chaleurs a tendance à être plus nerveuse (SENGER. 1994). Elle peut marcher sur un cercle ou suivre une congénère « à la trace » (DRANSFIELD *et al.* 1998 ; GRAY et VARNER. 1993 ; HEERCHE et NEBEL. 1994 ; HERES *et al.* 2000 ; DISKIN et SREENAN. 2000). Les beuglements sont plus fréquents, ainsi que les mictions (WILLIAMSON. 1972), la vache peut manifester des tremblements et lève la queue en crosse (WILLIAMSON. 1972 ; GRAY et VARNER. 1993), gratte le sol (SENGER. 1994) et reste immobile au pincement lombaire (WILLIAMSON. 1972).

1.3.3. MODALITES DE DETECTION DES CHALEURS

1.3.3.1. L'observation visuelle du troupeau

Les pratiques d'élevage les plus répandues se ramènent à la méthode traditionnelle de détection de la période d'*œstrus* : l'observation visuelle des signes de chaleurs (tous signes confondus). En effet, l'observation visuelle de l'acceptation du chevauchement seulement permet de détecter 12 à 59% des chaleurs, suivant le temps passé dans l'observation du troupeau (Tableau 1.4), alors qu'une observation visuelle des signes secondaires selon leur répétition et/ou leur association (tel que défini par VAN EERDENBURG), et justifiée par la faible sensibilité du signe majeur (*Cf. supra*) permet un taux de détection plus important. Lors d'une étude réalisée sur un troupeau surveillé en continu, l'observation de 4 signes secondaires initiés en 15 min a permis de détecter 100% des chaleurs avec un faux positif, aussi l'observation de 5 signes secondaires initiés en 15 min a permis de détecter 95% des chaleurs avec zéro faux positif (DISENHAUS *et al.* 2003). Cependant, cette méthode ne peut être réalisée en pratique car, elle nécessite une surveillance continue du troupeau, incompatible avec le désir des éleveurs à avoir aussi du temps libre.

Pour détecter la majorité des chaleurs, il est recommandé de passer suffisamment de temps à surveiller le troupeau, au minimum 20 à 30 minutes de surveillances 2 à 3 fois par jour (ALLRICH. 1994 ; SHIPKA. 1999). Toute fois, cette surveillance ne doit pas s'effectuer à n'importe quel moment. Les périodes d'alimentation et de traite ne sont pas propices à l'expression des chaleurs, et risquent de tripler le nombre de faux positifs (WILLIAMSON *et al.* 1972). Il faut surveiller le troupeau à des périodes calmes. Certains auteurs rapportent que les manifestations de chaleurs ne sont pas uniformément réparties dans la journée. Ainsi, 70% des activités de monte surviennent durant la nuit, entre 19 h et 7 h (HURNICK. 1975) et entre 18 h et 6 h (LACERTE. 2003). D'autres ne sont pas d'accord avec ces affirmations, et mettent en cause les particularités expérimentales dans les quelles elles ce sont déroulées (soit les observations étaient trop courtes, soit les animaux étaient filmés la nuit, avec une lumière qui les a perturbés). L'optimum revient à consacrer 30 min à 10h00, puis 30 min à 20h00 (VAN EERDENBURG *et al.* 1996) (Tableau 1.4).

L'efficacité d'une observation visuelle, telle qu'elle est pratiquée en élevage, est proche de 50% (SENGER. 1994 ; KASTELIC. 2001 ; NEBEL. 2003 ; PERALTA *et al.* 2005).

Tableau 1.4. Effet du nombre, du moment et de la durée des observations dans le taux (%) de détection des chaleurs (VAN EERDENBURG *et al.* 1996).

Nombre des observations	**Moment des observations**					**Taux (%) de détection**		
						30 min	**20 min**	**10 min**
2	06: 00	20: 00	-	-	-	62,9 %	37,1 %	14,3 %
2	06: 00	22: 00	-	-	-	48,6 %	31,4 %	08,6 %
2	**10: 00**	**20: 00**	**-**	**-**	**-**	**74,3 %**	48,6 %	25,7 %
2	10: 00	22: 00	-	-	-	62,9 %	42,9 %	22,9 %
3	06: 00	12: 00	22: 00	-	-	62,9 %	48,6 %	17,1 %
3	10: 00	12: 00	20: 00	-	-	77,1 %	54,3 %	22,9 %
4	06: 00	12: 00	16: 00	22: 00	-	74,3 %	57,1 %	31,4 %
4	06: 00	10: 00	16: 00	20: 00	-	82,9 %	57,1 %	34,3 %
5	06: 00	10: 00	14: 00	18: 00	22: 00	85,7 %	62,9 %	37,1 %

1.3.3.2. Outils spécifiques d'aide à la détection des chaleurs

Il existe actuellement de nombreux outils offrant une aide à la détection des chaleurs, mais ne permettant pas de s'affranchir de l'observation visuelle du troupeau, l'outil ne venant qu'en complément. Les qualités d'un outil de détection sont la sensibilité, la spécificité et l'exactitude (SENGER. 1994). Parmi ses ces outils on peut citer à titre d'exemple les détecteurs de chevauchement (les colliers marqueurs, les crayons marqueurs, les détecteurs mécaniques de chevauchement, les détecteurs de chevauchement électroniques à distance), les systèmes d'enregistrement de l'activité physique (les podomètres), les animaux détecteurs (les génisses, les vaches androgénisées, les vaches nymphomanes, les taureaux vasectomisés, épididymectomisés ou avec déviation du pénis), la mesure de l'impédance des tissus du tractus génital...

1.3.4. SIMPLIFIER LA DETECTION DES CHALEURS

1.3.4.1. Le planning d'élevage

Le planning d'élevage ou le planning de reproduction permet la détermination de l'état physiologique de l'ensemble des vaches du troupeau, par conséquent, connaître le moment du cycle dans lequel se trouve chaque vache. Il s'agit soit d'un planning rotatif, linéaire ou d'un calendrier, leur utilisation est un peu complexe mais le principe reste relativement simple.

En répertoriant précisément les dates de chaleurs sur ce planning, une liste journalière des vaches attendues en chaleurs peut ainsi être dressée (NEBEL. 2003), ainsi l'éleveur peut focaliser son attention sur ces individus. Donc, le planning est indispensable pour prévenir les chaleurs, mais encore faut-il les observer.

1.3.4.2. Synchronisation des chaleurs

La synchronisation des chaleurs permet de simplifier voire de s'affranchir de la détection des chaleurs (CHASTANT-MAILLARD *et al.* 2005). Une seule insémination après traitement sans détection des chaleurs donne des résultats de fertilité égaux voire supérieurs à ceux obtenus au cours d'un *œstrus* naturel (FONTAUBERT *et al.* 1989). Pour cela, Il existe plusieurs protocoles dont le choix se fait en fonction de la qualité de détection des chaleurs dans l'élevage et de l'état physiologique de la vache (cyclée ou non cyclée).

1.3.4.2.1. Synchronisation des chaleurs par la prostaglandine $F_2\alpha$

L'administration de la $PgF_2\alpha$ provoque la régression rapide du CJ en 24 h, mais pour ce faire, il faut non seulement la présence d'un CJ (femelle cyclée), mais aussi d'un CJ fonctionnel sensible à l'action lutéolytique de cette hormone. En effet, la sensibilité du CJ à l'action lutéolytique de la $PgF_2\alpha$ n'est possible qu'entre le $5^{ème}$ et $16^{ème}$ - $17^{ème}$ jour après ovulation (BECKERS *et al.* 1978 ; GRIMARD *et al.* 2003).

Le protocole de synchronisation des chaleurs à base de prostaglandines le plus utilisé consiste en 2 injections de $PgF_2\alpha$ à un intervalle de 11 jours pour les génisses et 14 jours pour les vaches (GRIMARD *et al.* 2003 ; HANZEN *et al.* 2003). Cet intervalle permet qu'au moins une des deux injections soit réalisée en présence d'un CJ réceptif. L'insémination est réalisée après la $2^{ème}$ injection selon trois modalités (Figure 1.2) :

• La $1^{ère}$ modalité consiste en une insémination sur chaleurs observées, préférable chez la vache laitière (GIPOULOU *et al.* 2003 ; GRIMARD *et al.* 2003). Cependant, le délai d'apparition

des chaleurs dépend du stade de la vague folliculaire au moment de l'injection (ENNUYER. 2000). Il est de l'ordre de 2 à 3 jours si la $PgF_2\alpha$ est injectée au cours de la 1ère moitié de la phase statique du FD. En revanche, il sera de 4 à 5 jours, voire 7 jours si le FD se trouve au cours de la 2ème moitié de sa phase statique ou en régression (ODDE. 1990 ; LUCY *et al.* 1992 ; ADAMS. 1994). Ainsi, 80 à 90% des vaches présentent des chaleurs 3 à 5 jours après une double injection de prostaglandine réalisée à 14 jours d'intervalle, ce pourcentage étant compris entre 55 et 60% si les injections sont réalisées à 11 jours d'intervalle (FERGUSON et GALLIGAN. 1993).

• La 2ème modalité consiste en une seule insémination systématique 80 h après la 2ème injection chez les génisses ainsi que chez les vaches.

• La 3ème modalité consiste en 2 inséminations systématiques la 1ère à 72 h et la 2ème à 96 h après la 2ème injection pareille chez les génisses que chez les vaches.

Les taux de synchronisation varient de 38 à 97% et les taux de réussite en 1ère IA varient de 38 à 83% selon les études (ODDE. 1990 ; LAVERDIERE *et al.* 1994).

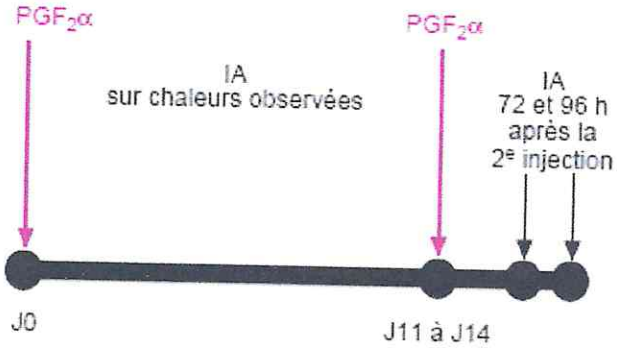


Figure 1.2. Protocole de synchronisation des chaleurs à base de $PgF_2\alpha$ (GRIMARD *et al.* 2003).

1.3.4.2.2. Synchronisation des chaleurs par la gonadoliberine et la prostaglandine $F_2\alpha$

On a décrit 4 protocoles de synchronisation de chaleurs associant GnRH et $PgF_2\alpha$ (le protocole *SelectSynch*, le protocole *OvSynch*, le protocole *CoSynch* et le protocole *HybridSynch*).

Le protocole *OvSynch* ou GPG est le protocole le plus utilisé, il consiste en une 1ère injection de GnRH suivie 7 jours plus tard d'une injection de $PgF_2\alpha$, elle-même suivie 2 jours après d'une 2ème injection de GnRH (TWAGIRAMUNGU *et al.* 1994 ; PURSLEY *et al.* 1995). L'insémination est effectuée systématiquement après la 2ème injection sans nécessité de surveiller les chaleurs (Figure 1.3), mais les vaches doivent toutefois être cyclées. En fonction du stade de croissance du FD, l'administration de la GnRH provoque soit la lutéinisation ou l'atrésie des follicules non sélectionnés, soit l'ovulation du FD avec formation d'un CJ secondaire. Une nouvelle vague de croissance folliculaire émerge dans les 3 à 4 jours suivant. Une injection de $PgF_2\alpha$ pratiquée 7 jours après la 1ère injection de GnRH entraîne la lutéolyse au moment où un FD est présent et celui-ci devient préovulatoire. L'injection de GnRH réalisée 48 h après l'injection de $PgF_2\alpha$ provoque un pic de LH et l'ovulation 24 à 32 h plus tard pour 87 à 100% des vaches (PURSLEY *et al.* 1995 ; THATCHER *et al.* 1996).

L'insémination est réalisée systématiquement entre 12 et 24 h (GRIMARD *et al.* 2003) ou entre 12 et 18 h (CHASTANT-MAILLARD *et al.* 2002) ou à 16 h (DISKIN *et al.* 2001) ou entre 16 et 20 h (PURSLEY *et al.* 1995 ; CARTMILL *et al.* 2001) ou entre 16 et 24 h (MOREIRA *et al.* 2000 ; MIALOT *et al.* 2003 ; HANZEN *et al.* 2003a) après la 2ème injection de GnRH.

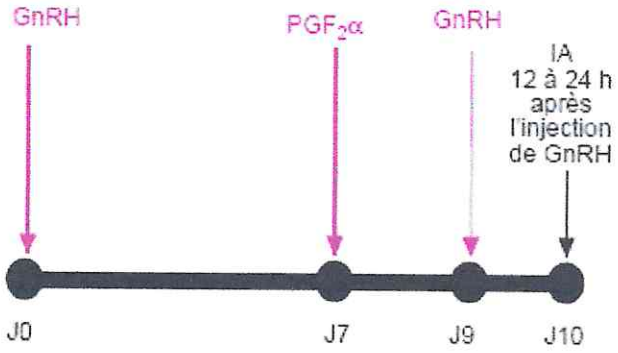


Figure 1.3. Protocole de synchronisation associant GnRH et $PgF_2\alpha$ (GPG ou *OvSynch*) (GRIMARD *et al.* 2003).

1.3.4.2.3. Synchronisation des chaleurs par les progestagènes

Les progestatifs peuvent être utilisés chez les femelles cyclées et non cyclées. Il existe 2 types de dispositifs permettant l'utilisation des progestagènes. L'implant sous cutané CRESTAR® (Intervet, 3 mg de norgestomet) et la spirale vaginale PRID® (Ceva, 1.55 g de progestérone). Les 2 protocoles étant presque identiques. Ces dispositifs sont mis en place pendant 9 à 12 jours. Le traitement est complété par l'injection d'un œstrogène en début de traitement (5 mg de valérate d'œstradiol par voie IM dans le cas du CRESTAR®, capsule contenant 10 mg de benzoate d'œstradiol associée au dispositif intravaginal pour le PRID® (Figure 1.4) et d'une surcharge de progestagène dans le cas du CRESTAR® (3 mg de norgestomet par voie IM) (GRIMARD *et al.* 2003). L'association œstrogène-progestagène agit à la fois sur la croissance folliculaire et sur la durée de vie du CJ (CHUPIN *et al.* 1974 ; DRIANCOURT. 2001). Administrés en début de cycle, les œstrogènes ont une activité antilutéotrope, ils provoquent la disparition d'un CJ en début de formation. Administrés en présence d'un CJ fonctionnel, les œstrogènes ont une activité lutéolytique (GRIMARD *et al.* 2003). Cependant, cette activité antilutéotrope et lutéolytique n'est pas efficace à 100%. Ainsi le CJ peut persister dans 14 à 85% des cas si le traitement commence entre J 0 et J 4 du cycle, et dans 20% des cas si le traitement commence entre J 5 et J 8 (MIKSH *et al.* 1978 ; PRATT *et al.* 1991 ; KESLER *et al.* 1997). C'est pourquoi associer une injection de $PgF_2\alpha$ au moment du retrait, ou mieux, 48 h avant le retrait du dispositif peut améliorer la synchronisation des chaleurs (CHUPIN *et al.* 1977). Une injection d'eCG (400 à 600 UI) est conseillée au moment du retrait du dispositif. L'effet FSH et LH de l'eCG va soutenir la croissance folliculaire terminale et favoriser l'ovulation (CHUPIN *et al.* 1977 ; DELETANG. 1983). L'association estrogènes-progestagènes-eCG est alors susceptible d'induire l'ovulation chez les animaux. L'injection d'eCG n'est pas indispensable si les animaux sont cyclés avant traitement. Après le traitement de synchronisation, 85% environ des vaches expriment des chaleurs entre 36 et 60 h (DISKIN *et al.* 2001). Une seule IA systématique est généralement recommandée, celle-ci est effectuée 48 h après le retrait de l'implant pour les génisses et 56 h pour les vaches. Cependant, dans certaines conditions d'élevage, il peut-être nécessaire de prévoir deux IA à 48 et 72 h après le retrait (GRIMARD *et al.* 2003).

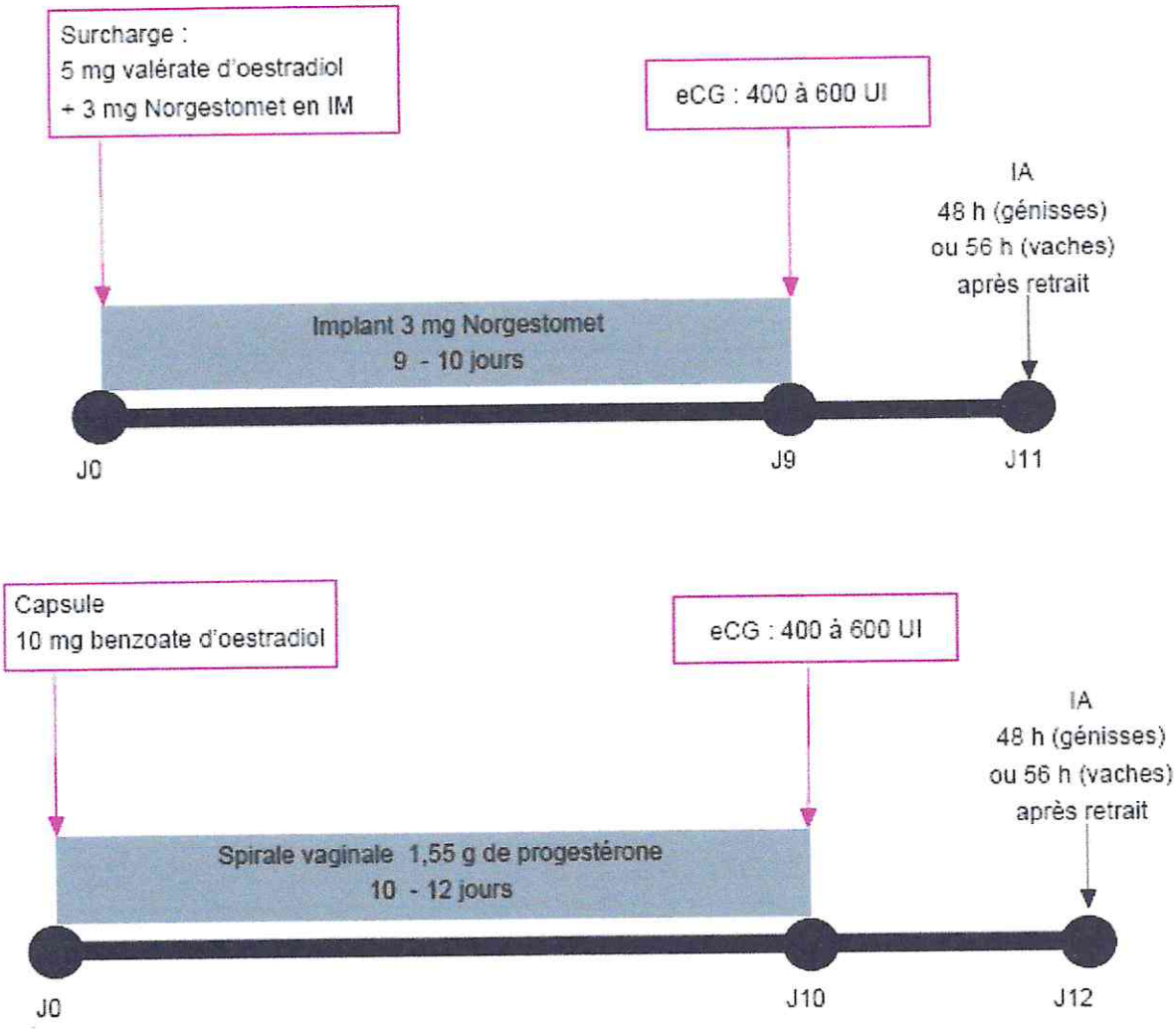


Figure 1.4. Protocoles de synchronisation à base de progestagènes (GRIMARD *et al.* 2003).

CHAPITRE 2

PHYSIOLOGIE DE LA REPRODUCTION DE LA VACHE LAITIERE EN PERIODE POSTPARTUM

La physiologie de la reproduction chez la vache en période *postpartum* est complexe, car elle fait intervenir de nombreux éléments interdépendants.

Pour être apte à reproduire de nouveau après le vêlage, et pour être remises à la reproduction, les vaches laitières (VL) doivent réussir une séquence d'évènements, à savoir ; l'achèvement de l'involution utérine (IU), la reprise d'une fonction ovarienne cyclique, l'expression des chaleurs, la détection des chaleurs, et la décision de remise à la reproduction de la part de l'éleveur (PHILIPOT *et al.* 2001 ; DRION *et al.* 2002).

2.1. INVOLUTION UTERINE

L'involution utérine (IU) se définit comme étant, le retour de l'utérus à son poids et à sa taille normales après le vêlage, c'est-à-dire à un état prégravidique autorisant à nouveau l'implantation de l'œuf fécondé. Elle résulte :

- Premièrement : de la persistance de petites contractions utérines, pendant les 24 à 48 h suivant le vêlage. Elles vont aboutir à une rétraction de l'organe et une diminution de la taille des myofibrilles (BENCHARIF *et al.* 2000).

- Deuxièmement : L'épithélium et les cotylédons se nécrosent, à la suite d'une diminution de la vascularisation de l'organe et sont phagocytés (CHASTANT-MAILLARD et AGUER. 1998).

- Troisièmement : Une partie de l'utérus va se résorber (BENCHARIF *et al.* 2000).

Les modifications qui accompagnent l'IU sont d'ordres histologiques et morphologiques suivies par l'expulsion des lochies. Ces modifications sont principalement sous le contrôle des prostaglandines.

2.1.1. MODIFICATIONS HISTOLOGIQUES

La régression des caroncules utérines suit les événements séquentiels suivants : une dégénérescence vasculaire, une ischémie périphérique, et une nécrose et desquamation (DARWASH *et al.* 1997). Avant le 10ème jour *postpartum*, la majeure partie du tissu caronculaire se desquame et subie une liquéfaction et avant le 15ème jour *postpartum*, la desquamation est complète laissant quelques bouts de vaisseaux sanguins saillir à la surface du *stratum compactum*. Ce dernier devient lisse vers le 19ème jour *postpartum* suite à la disparition des vestiges des vaisseaux sanguins. La régénération endométriale à lieu immédiatement après vêlage dans les zones n'ayant pas subi des dommages graves et dans les 8 jours qui suivent la mise bas dans les zones intercotylédonaire (ARTHUR *et al.* 1982). Au 25ème jour, un nouvel épithélium se développe à partir des tissus adjacents de l'espace intercaronculaire pour couvrir la surface caronculaire. Le myomètre subit une réduction de sa masse pendant les 20 à 30 premiers jours *postpartum* par réduction à la fois de la taille et du nombre des cellules (MEREDITH. 1995). Pendant que ces modifications s'opèrent, les caroncules diminuent petit à petit leurs taille, si bien que 40 à 60 jours plus tard, elles ne présentent que des saillies de 4 à 8 mm de diamètre et de 4 à 6 mm de hauteur (ARTHUR *et al.* 1982).

2.1.2. MODIFICATIONS MORPHOLOGIQUES

La régression de la matrice, conséquence des effets conjugués des contractions utérines, de la réduction de la taille des cellules myométriales, de la vasoconstriction et la diminution du débit sanguin vers l'utérus, de l'élimination des lochies, et de la résorption de l'œdème tissulaire est très rapide au cours des 15 premiers jours du *postpartum* puis elle est plus lente. En pratique, l'utérus est contournable à la main par voie transrectale à 15 jours *postpartum* ; à 1 mois après le vêlage, les cornes utérines sont regroupables dans le creux de la main, l'involution étant terminée. Le poids de la matrice, passe de 9 kg juste après l'accouchement à 500 g 30 jours plus tard. Par contre, l'involution du col utérin est plus longue que celle de l'utérus, puisqu'il ne retrouve sa taille normale qu'au 45ème jour *postpartum* (MARION et GIER. 1968 ; SLAMA. 1996) (Tableau 2.1).

Tableau 2.1. Evolution de la longueur, du diamètre et du poids de l'utérus (corne ex-gravide) après le vêlage (MARION et GIER. 1968).

Jours PP	Longueur (cm)	Diamètre (cm)	Poids (kg)
1	100	40	10
3	90	30	8
9	45	8	4
14	35	5	1,5
25	25	3,5	0,8

2.1.3. LES LOCHIES

Parallèlement à l'IU, la vidange de l'utérus se poursuit sous la forme d'écoulement lochial qui définie comme étant des pertes d'origine utérine qui se produisent dans les jours qui suivent le vêlage sans répercussion sur l'état général de la femelle (BENCHARIF *et al.* 2000). Ces lochies sont donc constituées d'un mélange d'eaux fœtales, de sang, du moins au début, de débris placentaires et utérins ainsi que de nombreux polynucléaires et bactéries surtout *Arcanobacterium pyogenes*, bactéries à Gram - anaérobies et *E. coli* (LOHUIS. 1998) (Figure 2.1). En effet, celles-ci sont très nombreuses à l'intérieur de l'utérus dans les jours qui suivent la mise bas. Mais à la faveur de l'involution utérine et des écoulements lochiaux, l'utérus s'autostérilise en 15 jours à 3 semaines.

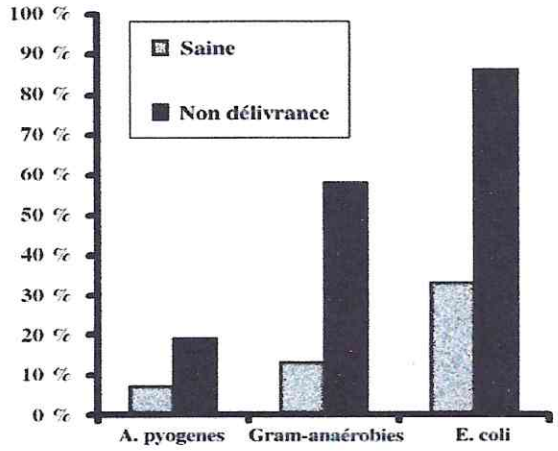


Figure 2.1. Influence de la non délivrance sur le pourcentage de vaches hébergeant des germes microbiens *in utero* le 2ème jour après vêlage (LEWIS. 1997).

2.2. REPRISE DE LA FONCTION REPRODUCTRICE POSTPARTUM

La fécondité du troupeau représente un facteur essentiel de la rentabilité et l'optimum économique, en élevage bovin, est d'obtenir un veau par an et par vache ce qui signifie que l'intervalle vêlage - nouvelle fécondation ne devrait pas dépasser 90 à 100 jours.

Le rétablissement de la fonction reproductrice (ou sexuelle) des vaches après le vêlage dite cyclicité *postpartum*, doit tenir compte à la fois de la reprise de l'activité ovarienne, hormonale, et œstrale. C'est pourquoi le diagnostic du type d'anœstrus *postpartum* repose sur la palpation transrectale ou l'échographie du tractus génital, sur les dosages hormonaux, et sur l'observation du comportement (VAN DE WIELD *et al.* 1979).

2.2.1. REPRISE DE L'ACTIVITE OVARIENNE POSTPARTUM

Une reprise précoce de l'activité ovarienne au cours du *postpartum* chez la vache laitière est requise pour que des intervalles vêlage - 1er service et vêlage - conception de 55 et 85 jours respectivement soit obtenus, les quels sont des objectifs nécessaires si un intervalle entre vêlages de 365 jours veut être attient (SAVIO *et al.* 1990a).

Mise en sommeil par l'état gestatif, l'activité ovarienne *postpartum* ne se rétablie pas d'emblée après le vêlage, mais réclame un certain temps, afin que l'activité folliculo-lutéale (succession de follicules et de corps jaunes) et l'activité hormonale (sécrétion d'hormones hypothalamiques, hypophysaires, et ovariennes) puissent se remettre en place. De ce fait, la reprise de l'activité ovarienne après le vêlage concerne non seulement le retour de l'activité folliculaire, mais aussi de l'activité hormonale, lesquelles sont indissociables l'une de l'autre.

Bien que la dynamique folliculaire pendant le cycle œstral normal ait été intensivement étudiée comme adjonction pour développer des stratégies efficaces de synchronisation d'*œstrus* (IRELANDE *et al.* 2000), moins d'informations sur la dynamique folliculaire en période *postpartum* précoce sont disponibles (RAJAMAHENDRAN et TAYLOR. 1990 ; SAVIO *et al.* 1990b). Une des raisons principales qui ont fait que cette dynamique folliculaire ovarienne en période *postpartum* précoce soit restée non élucidées, était l'incapacité de suivre les modifications dans la croissance et la régression individuelle de chaque follicule ovarien avec exactitude. Cependant, le développement des techniques échographiques ont rendu possible cette tache et de nombreux auteurs ont permis de caractériser de manière plus précise la croissance folliculaire au cours des premières semaines du *postpartum* aussi bien chez la vache laitière que viandeuse (PIERSON et GINTHER. 1988 ; SAVIO *et al.* 1988 ; SIROIS et FORTUNE. 1988).

2.2.1.1. Reprise d'activité folliculaire en période postpartum

Sur le plan folliculaire, il est classique de distinguer deux périodes au cours de la période *postpartum* : la première s'étend depuis le vêlage jusqu'à la 1ère ovulation *postpartum*, la seconde est comprise entre le moment de la 1ère ovulation *postpartum* jusqu'au retour à une activité folliculaire cyclique régulière.

2.2.1.1.1. Période anovulatoire

Suite au vêlage, une période de durée variable caractérisée sur le plan ovarien par la croissance et l'atrésie folliculaire sans aboutir à une ovulation, dite période anovulatoire se met en place. Cette période anovulatoire, plus longue chez le vache viandeuse que laitière, est

définie par de nombreux auteurs, comme étant l'intervalle séparent le vêlage de la 1ère ovulation *postpartum* (SAVIO *et al.* 1990a ; HUMBLOT et GRIMARD. 1996).

La reprise de l'activité folliculaire après vêlage est très précoce, et se caractérise par la croissance et la régression sous forme de vagues folliculaires, de follicules de taille inférieure à 8 mm ou à 9 mm (SAVIO *et al.* 1990a ; SLAMA *et al.* 1996), à partir du 4ème (WEBB *et al.* 1980) ou du 5ème jour *postpartum*, ceci jusqu'à l'émergence du 1er FD (SAVIO *et al.* 1990a ; MURPHY *et al.* 1990 ; STAGG *et al.* 1995 ; CROWE *et al.* 1998). Ces petits follicules sont au nombre de 2 à 5 par jour, bien qu'il soit difficile de les identifier et de suivre leur évolution avec précision (SAVIO *et al.* 1990a). Ce rétablissement de l'activité folliculaire semble être plus important au niveau de l'ovaire controlatéral à la corne précédemment gravide (MARION et GIER.1968 ; SLAMA *et al.* 1991 ; NATION *et al.* 1999). Ceci est important car la présence d'un follicule sur l'ovaire ipsilatéral à la corne antérieurement gravide dans les 4 semaines *postpartum*, quoique moins fréquente, est associée avec une fertilité améliorée (BONNETT *et al.* 1993 ; SHELDON *et al.* 2000).

a. Emergence du premier follicule dominant postpartum

Les follicules ovariens sont classés selon leur taille en petits follicules (≤5 mm), moyens follicules (6 à 9 mm) et follicules dominants (≥10 mm) (SAVIO *et al.* 1990a ; LUCY *et al.* 1993). Chez la femelle bovine, la population folliculaire au cours de la 1ère semaine *postpartum* est essentiellement constituée de petits follicules (DUFOUR et ROY. 1985 ; SAVIO *et al.* 1990b ; BEAM et BUTLER. 1997), et au fur et à mesure que le *postpartum* progresse, ces petits follicules ovariens augmentent de taille (WAGNER et HANSEL. 1969). Ainsi, avant le 25ème jour *postpartum*, le nombre moyen de petits follicules diminue tandis que celui de grands follicules augmente à mesure que le *postpartum* progresse. Il semblerait que les petits follicules rejoignent la classe des grands follicules à mesure que le *postpartum* progresse. Le nombre de follicules de moyenne taille reste inchangé, probablement car ceci représentent la classe de la taille transitoire (LUCY *et al.* 1991).

Chez la vache laitière, les follicules de taille moyenne sont détectables entre le 5ème et le 15ème jour *postpartum* (MURPHY *et al.* 1990 ; BEAM et BUTLER. 1997 ; YAVAS *et al.* 1999). L'émergence parmi ceux-ci du 1er FD *postpartum* (ou FD de la 1ère vague folliculaire *postpartum*), unique et de taille égale ou supérieure à 10 mm (HUMBLOT et GRIMARD. 1996), se fait en moyenne à 15.7 ± 2.0 jours (WEBB *et al.* 1980), à 10.2 ± 0.5 jours (MURPHY *et al.* 1990), à 11.6 ± 8.9 jours avec des extrêmes de 5 à 39 jours (SAVIO *et al.* 1990a), à 10.5 ± 0.5 jours (BEAM et BUTLER. 1997), ou à 8.3 ± 0.5 jours (BEAM et BUTLER. 1998) après le vêlage. Cependant, le devenir de ce 1er FD suit trois éventuelles possibilités : dans 74% des cas étudiés (14/19 v) (SAVIO *et al.* 1990a), 42% (19/45 v) (BEAM et BUTLER. 1997), ou 50% (21/42 v) (BEAM et BUTLER. 1998), ce 1er FD ovule 3 à 5 jours après sa détection à 20 jours en moyenne *postpartum* et forme un CJ par la suite. Dans 21% des cas (4/19 v) (SAVIO *et al.* 1990a), 18% (8/45) (BEAM et BUTLER. 1997), ou 29% (12/42 v) (BEAM et BUTLER. 1998) ce 1er FD s'accroit, persiste et devient kystique. Enfin, dans 5% des cas (1/19 v) (SAVIO *et al.* 1990a), 40% (18/45) (BEAM et BUTLER. 1997), ou 21% (9/42 v) (BEAM et BUTLER. 1998) ce 1er FD s'atrésie et un FD subséquent apparait, ce dernier peut à son tour ovuler, subir l'atrésie, ou continuer de croître et devenir cystique par la suite.

Il a été également observé que l'intervalle moyen entre le vêlage et la détection du 1er FD est plus court lorsque le vêlage est observé en automne (6.8 ± 1.8 jours) par rapport au

printemps (20 ± 10.1 jours) (SAVIO *et al.* 1990b). Par contre, pour les vaches qui ont vêlées en automne, il n'avait pas de différence dans l'intervalle vêlage - détection du 1er FD pour les femelles où le 1er FD à ovulé et celles dans lequel le 1er FD est devenu kystique (Tableau 2.3).

b. Première ovulation postpartum

L'ovulation marque la fin de la période anovulatoire. Dans la majorité des cas, le follicule qui ovule est issu de la 1ère vague folliculaire *postpartum*. Cette ovulation s'observe généralement durant les 3 premières semaines qui suivent le vêlage lorsque toutes les vaches sont considérées (LAMMING et BULMAN. 1976 ; LUCY *et al.* 1992b ; DARWASH *et al.* 1997) (Tableau 2.2). En revanche, selon que le FD de la 1ère vague folliculaire *postpartum* ovule, devient kystique, ou s'atrésie, la 1ère ovulation *postpartum* s'observe respectivement à 19.9 ± 3.3 jours, 48.0 ± 5.5 jours, 50.9 ± 3.4 jours (BEAM et BUTLER. 1997) ou à 16.1 ± 3.5 jours, 52.6 ± 4.6 jours, 31.7 ± 5.4 jours (BEAM et BUTLER. 1998).

Tableau 2.2. Date moyenne de la survenue de la 1ère ovulation *postpartum* selon les auteurs.

Référence	Date moyenne de la 1ère ovulation
BULMAN et LAMMING. 1978	24.1 ± 0.6 jours
WEBB *et al.* 1980	16.6 ± 1.1 jours
FONSECA *et al.* 1983	20.8 ± 13.2 jours
VILLA-GODOY *et al.* 1988	23.9 ± 2.2 jours
BUTLER et SMITH. 1989	30 ± 3.0 jours
SAVIO *et al.* 1990a	27.4 ± 23.0 jours
SPICER *et al.* 1990	24.4 ± 2.3 jours
DARWASH *et al.* 1997	28.7 ± 14.6 jours
KADOKAWA et YAMADA. 1999	25.6 ± 8.7 jours
OPSOMER *et al.* 2000	32 ± 27 jours
ROYAL *et al.* 2000	27.9 jours
ROYAL *et al.* 2002	29.4 jours
DISENHAUS *et al.* 2003	28 jours
TAYLOR *et al.* 2003	30 jours
SAKAGUCHI *et al.* 2004	30.9 ± 2.4 jours
HORAN *et al.* 2005	32.9 jours
PETERSSON *et al.* 2006	33,8 jours

Dans une étude menée par SAVIO et collaborateurs publiée en 1990 (SAVIO *et al.* 1990b), les auteurs ont constaté qu'il n'avait pas de différence dans l'intervalle vêlage - 1ère ovulation entre les vaches ayant vêlées au printemps et celles ayant vêlées en automne (27.3 ± 18.9 *vs* 27.4 ± 25.9 jours, respectivement). En revanche, quand les vaches ayant vêlées en automne ont été séparées, en se basant sur le type de follicule qu'elles ont développé (normal ou kystique), les vaches ayant développé des kystes ont significativement des intervalles vêlage - 1ère ovulation longs (58.2 ± 23.5 jours) que les vaches normales (12.0 ± 2.5 jours) (Tableau 2.3). Mais quand seulement les vaches avec un FD normal sont considérées, les vaches ayant vêlées en automne tendent à avoir des intervalles vêlage - 1ère ovulation courts que les vaches ayant vêlées au printemps (12.0 ± 2.5, N=8, *vs* 27.3 ± 18.9 jours, N=7, respectivement).

Tableau 2.3. L'intervalle entre le vêlage - détection du 1er FD et vêlage - 1ère ovulation pour les vaches ayant vêlé en automne, selon que le 1er FD ovule ou devient kystique (SAVIO *et al.* 1990).

Statut	Nombre de vaches	[V-1er FD] (jours)	[V-1ère ovulation] (jours)
Normal	8	6.8 ± 2.0	12.0 ± 2.5
kystique	4	7.0 ± 1.4	58.2 ± 23.5

2.2.1.1.2. Période ovulatoire

2.2.1.1.2.1. Premier cycle postpartum ; cycle ovarien

Dans 50% (HUMBLOT et THIBIER. 1978), 55% (GAUTHIER *et al.* 1984), 89% (MURPHY *et al.* 1990), 94% (SAVIO *et al.* 1990), 80% à 90% (HUMBLOT et GRIMARD. 1996) des cas, la 1ère ovulation *postpartum* n'est pas accompagnée de manifestations comportementales d'*œstrus*. Par conséquent, il apparaît plus approprié de nommer le cycle engendré cycle ovarien et de réserver le terme de cycle œstral aux cycles dont l'ovulation est accompagnée de manifestations comportementales d'*œstrus* (SAVIO *et al.* 1990).

a. Durée du premier cycle postpartum

Selon les auteurs, la durée moyenne du 1er cycle *postpartum* est de 14.9 ± 1.4 jours (WEBB *et al.* 1980), ou de 17.1 ± 4.2 jours (extrêmes 10 et 26 jours) pour les vaches Holsteins et 17.2 ± 4.4 jours (extrêmes 9 et 28 jours) pour les vaches Jerseys (FONSECA *et al.* 1983), ou de 22.2 ± 8.7 jours (extrêmes 9 et 36 jours) (SAVIO *et al.* 1990b), ou de 17.0 ± 1.1 jours (SAKAGUCHI *et al.* 2004). Ainsi, si les cycles étant catégorisés suivant le critère de HANSEL et McENTEE (HANSEL et McENTEE. 1977), le 1er cycle *postpartum* peut être soit de courte durée, soit de durée normale, ou soit de longue durée (Tableau 2.4).

Tableau 2.4. Durée du premier cycle *postpartum* (SAVIO *et al.* 1990b).

	% de vaches	Moyenne (j)	Extrêmes (j)
Cycles courts [9-13 jours]	28% (5/18 v)	11.2 ± 1.8	9-13
Cycles normaux [18-24]	28% (5/18 v)	20.6 ± 2.2	18-24
Cycles longs [≥ 25 jours]	44% (8/18 v)	30.0 ± 4.5	25-36

Dans une autre étude menée par SAKAGUCHI et collaborateurs publiée en 2004 (SAKAGUCHI *et al.* 2004), 44% des vaches (22/50 v) présentaient un 1er cycle *postpartum* court (10 ± 0.5 jours), 52% des vaches (26/50 v) un 1er cycle normal (20.4 ± 0.8 jours) et 4% des vaches (2/50 v) un cycle long (45.5 ± 3.5 jours).

Il apparaît également que l'intervalle entre le vêlage et le recrutement du 1er FD ovulatoire a une influence sur la durée du 1er cycle *postpartum* (SAVIO *et al.* 1990 ; SLAMA *et al.* 1996). En effet La durée du 1er cycle *postpartum* tend à être normale (18-24 jours) ou longue (≥25 jours), quand le 1er FD ovulatoire est identifié avant ou au 9ème jour *postpartum* ; elle peut être normale, longue ou courte, mais principalement longue, lorsque le 1er FD ovulatoire est recruté entre le 10ème et 19ème jour *postpartum*. En revanche, la durée est essentiellement courte (9-13 jours) quand le 1er FD ovulatoire est identifié après le 20ème jour *postpartum* (Tableau 2.5).

Tableau 2.5. Classification des cycles ovariens selon leur durée et l'intervalle entre le vêlage et le jour du recrutement du 1er FD ovulatoire (SAVIO *et al.* 1990b).

Jour du recrutement du 1er FD ovulatoire	% vaches	Type de cycle ovarien		
		Court [9-13 j]	Normal [18-24 j]	Long [≥25 j]
≤ 9 j	39% (7/18 v)	-	57% (4 v)	43% (3 v)
10-19 j	44% (8/18 v)	25% (2 v)	12.5% (1 v)	62.5% (5 v)
≥ 20 j	17% (3/18 v)	100% (3 v)	-	-

b. Nombre de vagues folliculaires associées au premier cycle postpartum

Le nombre de vagues folliculaires survenant lors du 1er cycle *postpartum* est lié à sa durée (SAVIO *et al.* 1990b ; SLAMA *et al.* 1996). En effet, lorsque le cycle ovarien est court, le 1er FD ovule systématiquement, on n'observe que 1 seule vague folliculaire. Quand le cycle est de durée normale, on observe généralement 2, éventuellement 3 vagues folliculaires. En revanche, quand le cycle est long, on observe généralement 3 vagues folliculaires, mais éventuellement 2 ou 4 (Tableau 2.6) (SAVIO *et al.* 1990b). Aussi, lors de l'étude menée en 2004 par SAKAGUCHI et collaborateurs (SAKAGUCHI *et al.* 2004), 44% des vaches (22/50 v) présentaient un 1er cycle *postpartum* court avec 1 seule vague folliculaire, 38% des vaches (19/50 v), et 14% des vaches (7/50 v) présentaient un cycle normal avec respectivement 2, et 3 ou 4 vagues folliculaires. Enfin 4% des vaches (2/50 v) présentaient un cycle long avec plus de 4 vagues folliculaires.

Tableau 2.6. Durée du 1er cycle ovarien et nombre de vagues folliculaires associées (SAVIO *et al.* 1990b).

Durée du 1er cycle ovarien	% de vaches	Nombre de vagues folliculaires			
		1	2	3	4
Court	28% (5/18 v)	100%	-	-	-
Normal	28% (5/18 v)	-	80%	20%	-
Long	44% (8/18 v)	-	37,5%	50%	12,5%

2

2.2.1.2.2. Cycles suivants ; cycles œstraux

La 2ème ovulation en période *postpartum* engendre un 2ème cycle *postpartum* dit œstral, car le plus souvent accompagné de manifestations comportementales d'*œstrus* (SAVIO *et al.* 1990b). Cette 2ème ovulation est généralement observée entre le 30ème et le 35ème jour après le vêlage (SLAMA *et al.* 1996) (Tableau 2.8).

La durée moyenne du 2ème cycle *postpartum* qui correspond au 1er cycle œstral *postpartum* est de 20.8 ± 0.6 jours (WEBB *et al.* 1980), de 21.4 ± 2.3 jours (extrêmes 11 et 26 jours) pour les vaches Holsteins et de 21.1 ± 2.7 jours (extrêmes 11 et 26 jours) pour les vaches Jerseys (FONSECA *et al.* 1983), de 23.1 ± 2.1 jours (SAVIO *et al.* 1990b), ou de 21.8 ± 0.6 jours (SAKAGUCHI *et al.* 2004). Ce cycle comporte le plus souvent, 2 ou 3 vagues folliculaires. En effet, l'étude de SAVIO et collaborateurs (SAVIO *et al.* 1990b) a montré que dans 54% des cas (7/13 cycles), 3 FD ont été identifiés, tandis que dans 46% des cas (6/13 cycles), 2 FD ont été identifiés (Tableau 2.7). Par contre, l'étude de SAKAGUCHI et collaborateurs (SAKAGUCHI *et al.* 2004) a montré que dans 4% des cas (2/48 cycles) 1 seul FD a été identifié, dans 71% des cas (34/48 cycles) 2 FD ont été identifié, et enfin dans 25% des cas (12/48 cycles) 3 ou 4 FD ont été identifié.

Ainsi, la durée moyenne des cycles à 3 vagues folliculaires était de 24.0 ± 1.2 jour avec des extrêmes de 23 à 26 jours, et la durée moyenne des cycles à 2 vagues folliculaires était de 22.2 ± 2.6 jours, ce qui n'est pas significativement différent des cycles à 3 vagues folliculaires (SAVIO *et al.* 1990b).

Tableau 2.7. Jour d'identification des FD après la 2ème ovulation *postpartum* selon le nombre de vagues folliculaires par cycle (SAVIO *et al.* 1990b).

Type de cycle	Intervalle 2ème ovulation :		
	1er FD (extrêmes)	2ème FD (extrêmes)	3ème FD (extrêmes)
avec 3 vagues folliculaires	4ème jour (1-6 j)	14ème jour (11-14 j)	19ème jour (18-21 j)
avec 2 vagues folliculaires	3ème jour (2-5 j)	16ème jour (10-25 j)	-

La troisième ovulation *postpartum* engendre un 3ème cycle *postpartum* qui correspond au 2ème cycle œstral *postpartum*. Elle survient généralement entre le 48ème et 51ème jour suivant le vêlage (SLAMA *et al.* 1996) (Tableau 2.8). Sa durée est de 21.0 ± 0.6 jours (WEBB *et al.* 1980). Le plus souvent, on observe 3 vagues folliculaires lors de ce 3ème cycle, mais aussi lors des cycles ultérieurs (SLAMA *et al.* 1996).

Tableau 2.8. Intervalle vêlage - 2ème, et 3ème ovulation *postpartum* chez les vaches laitières.

Référence	Intervalle vêlage :	
	2ème ovulation (Extrêmes)	3ème ovulation (Extrêmes)
MORROW *et al.* 1966	37.9 j	58.2 j
KING *et al.* 1976	44.4 ± 13.2 j (21-85 j)	63.7 ± 10.1 j (43-84 j)
SHARPE et KING. 1981	39.4 ± 9.0 j (28-62 j)	58.6 ± 9.2 j (47-83 j)
SPICER *et al.* 1993	46 j	68 j

2.2.1.2. Reprise de l'activité hormonale et contrôle de la l'activité folliculaire postpartum

Chez la femelle bovine, la fin de la période de gestation est caractérisée par des taux élevés en progestérone (P_4) et en œstrogènes notamment l'œstradiol 17-β (E_2) circulants (CROWE *et al.* 1998). Ces deux hormones, P_4 et E_2 exercent un rétrocontrôle négatif sur l'axe hypothalamo-hypophysaire, entrainant l'inhibition de la sécrétion de GnRH (NETT. 1987 ; YAVAS et WALTON. 2000), l'accumulation de FSH au niveau hypophysaire, la suppression de la libération de FSH (CROWE *et al.* 1998) et, une diminution des réserves de LH au niveau de l'hypophyse (NETT. 1987).

Le vêlage s'accompagne d'une diminution de P_4 et d'une augmentation puis diminution dans les 48 h suivantes des œstrogènes. P_4 et œstrogènes atteignent ensuite leur niveau basal au cours respectivement des 48 à 72 h suivant le vêlage. Il en résulte le passage au cours des 3 à 7 jours *postpartum* d'un rétrocontrôle négatif à un rétrocontrôle positif sur l'axe hypothalamo-hypophysaire (WILLIAMS. 1990 ; DRION *et al.* 2002 ; HUMBLOT et GRIMARD. 1996). Au cours du *postpartum*, la quantité de GnRH contenue au niveau de l'hypothalamus reste inchangé (CARRUTHERS *et al.* 1980 ; MOSS *et al.* 1985), mieux encore, cette quantité est deux fois plus élevée que celle trouvée chez les vaches cyclées (NETT. 1987), ceci suggère que l'hypothalamus contient suffisamment de quantités de GnRH pour stimuler l'hypophyse au cours du *postpartum* (NETT *et al.* 1987). Cependant, le nombre de récepteurs de GnRH au niveau de l'hypophyse reste très faible après la parturition, entre le 1er

et le 5ème jour *postpartum*, et n'augmentent qu'au 15ème jour *postpartum* pour décliner ensuite progressivement jusqu'au 45ème jour après le vêlage (NETT. 1987 ; NETT *et al.* 1988).

2.2.1.2.1. Rétablissement de la sécrétion de FSH

Les concentrations plasmatiques moyennes de FSH chez la vache avant et après le vêlage sont faibles et indifférentes (23.8 et 25.2 ng/ml respectivement) (CROWE *et al.* 1998). En revanche, à partir du 5ème jour *postpartum* on constate une augmentation rapide des concentrations plasmatiques de FSH qui atteint des valeurs élevés (40-100 ng/ml) (HUMBLOT et GRIMARD. 1996 ; CROWE *et al.* 1998). En effet, une fois l'inhibition exercée sur l'axe hypothalamo-hypophysaire est levée, on observe une reprise de la pulsatilité tonique puis cyclique de GnRH (WILLIAMS. 1990), une diminution des réserves de FSH (WAGNER *et al.* 1969 ; NETT *et al.* 1988), et une libération pulsatile de FSH similaire à celle observée chez les vaches cyclées (LAMMING et McLEOD. 1988 ; CROWE *et al.* 1998), cette dernière en quantité suffisante stimule à son tour la croissance folliculaire (WEBB *et al.* 1980 ; PETERS et LAMMING. 1986 ; ADAMS *et al.* 1992 ; BEAM et BUTLER. 1997).

2.2.1.2.2. Rétablissement de la sécrétion de LH

Chez la vache en période de gestation, le stock hypophysaire en LH est diminué d'environ 95% (NETT. 1988). Suite au vêlage, ce stock en LH augmente progressivement pour atteindre des niveaux plus élevés entre le 10ème et le 20ème jour *postpartum* (LAMMING *et al.* 1981). En effet, le stock hypophysaire en LH est faible au 1er jour *postpartum*, reste faible jusqu'au 15ème jour, puis augmente au environ du 30ème jour pour rester constant au 45ème jour (NETT. 1987). Le faible stock hypophysaire en LH est probablement dû aux concentrations élevées en œstrogènes en fin de gestation (NETT. 1988).

Chez la vache laitière en fin de gestation, le taux plasmatique moyen en LH est faible. Après le vêlage, ce taux plasmatique en LH augmente progressivement. En effet, il est de l'ordre de 0.08 ng/ml au 1er jour *postpartum*, de 0.90 ng/ml au 5ème jour *postpartum*, et de l'ordre de 1.2 ng/ml au 21ème et 30ème jour *postpartum* (LAMMING *et al.* 1981). Le faible taux plasmatique en LH en période de fin de gestation, résulte des faibles fréquences des pulses de LH (SHORT *et al.* 1990), tandis que son augmentation après le vêlage résulte de l'augmentation de son niveau basal et de la fréquence de ses pulses. Cette augmentation de la fréquence des pulses de LH survient entre le 13ème et le 20ème jour *postpartum* chez la vache laitière (PETERS *et al.* 1981). En effet, l'étude de SAVIO et collaborateurs (SAVIO *et al.* 1990a) a montré que quand le taux plasmatique d'E_2 est bas (<5 ng/ml), la fréquence des pulses est généralement faible (0.3 à 0.5 pulses/h), et quand le taux plasmatique d'E_2 augmente (>10 ng/ml), la fréquence des pulses augmente (1 pulse/h), ce qui coïncide avec l'apparition du 1er FD *postpartum*. Aussi, quand la fréquence des pulses est faible, leur amplitude est élevée (3 à 5 ng/ml), mais paradoxalement, quand la fréquence augmente, le niveau basal augmente et l'amplitude des pulses diminue (2 ou 3 ng/ml).

Plusieurs hypothèses peuvent expliquer le faible taux plasmatique de LH au cours du *postpartum*. Tout d'abord la sécrétion de GnRH dans le système porte hypophysaire au cours du *postpartum* est probablement inhibée. Ensuite, la sensibilité de l'hypophyse à la GnRH n'augmente que lentement. En effet, chez la vache laitière, la sécrétion pulsatile de la LH et la sensibilité de l'hypophyse à la GnRH endogène ou à une injection exogène n'apparaît qu'au 10ème jour après le vêlage et est maximale entre le 12ème et le 15ème jour (ECHTERKAMP et

HANSEL. 1973 ; PETERS *et al.* 1981 ; PETERS *et al.* 1985 ; LAMMING *et al.* 1981). Enfin, le faible stock de LH présent dans l'hypophyse et le temps nécessaire à la régénération de ce stock est probablement le facteur limitant (SAVIO *et al.* 1990a ; HUMBLOT et GRIMARD. 1996).

2.2.1.2.3. Sécrétion des œstrogènes et retour du rétrocontrôle positif

Chez la vache laitière en fin de gestation, les taux plasmatiques en œstrogènes sont très élevés comparés à la période *postpartum*. En effet, au moment de la parturition le taux plasmatique en E_2 est de l'ordre de 67.9 pg/ml, après le vêlage, ce taux diminue brusquement, pour atteindre une valeur de 8.7 pg/ml entre le 1er et le 4ème jour *postpartum* (ECHTERKAMP et HANSEL. 1973). Cependant, le rétrocontrôle négatif exercé sur l'axe hypothalamo-hypophysaire est encore présent. En effet, l'apparition d'un rétrocontrôle positif sur la sécrétion de FSH n'est observée qu'à partir du 5ème jour *postpartum*, et seulement à partir du 15ème jour *postpartum* sur la sécrétion de LH. Le rétablissement du rétrocontrôle positif serait concomitant de l'augmentation du nombre de récepteurs à l'E_2 dans l'hypothalamus et l'hypophyse (HUMBLOT et GRIMARD. 1996). Le taux plasmatique d'E_2 reste faible durant la succession de croissance et d'atrésie de petits follicules, et ce jusqu'à l'apparition du 1er FD. Alors seulement la sécrétion d'E_2 augmente (SAVIO et al. 1990a ; HUMBLOT et GRIMARD. 1996). Cette augmentation du taux d'E_2 après le vêlage est probablement due à la croissance folliculaire de la 1ère vague *postpartum* sécrétant de plus en plus d'œstrogènes (ARIJE *et al.* 1974 ; HUMPHREY *et al.* 1983 ; CROWE *et al.* 1998).

2.2.1.2.4. Rétablissement de la sécrétion de progestérone

Le taux plasmatique moyen de progestérone chute brusquement après le vêlage et devient faible ou indétectables, ce jusqu'à la formation du CJ faisant suite à la 1ère ovulation *postpartum* (ECHTERKAMP et HANSEL. 1973). En effet, dans les 24 h précédant le vêlage, le taux plasmatique moyen de P_4 est de 6 ng/ml (ARIJE *et al.* 1974), alors qu'au moment du vêlage ce taux est de l'ordre de 0.5 à 3 ng/ml (STABENFELDT *et al.* 1970). Cependant, d'autres études (TRIBBLE *et al.* 1973 ; WEBB *et al.* 1980 ; SLAMA *et al.* 1996) ont montré que le 1er cycle *postpartum* était souvent précédé par une courte période pendant laquelle le taux plasmatique de P_4 augmentait. En effet, avant l'émergence de la 1ère vague folliculaire, le taux plasmatique de P_4 est inférieur à 0.2 g/ml. La croissance du 1er FD (et subséquents si celui-ci n'ovule pas) est accompagnée par une élévation du taux plasmatique de P_4 jusqu'à 6 à 8 ng/ml pendant 2 à 3 jours (SLAMA *et al.* 1996). L'origine de cette P_4 n'est pas certaine, mais elle pourrait provenir de la lutéinisation des follicules induite par la LH (TRIBBLE *et al.* 1973, WEBB *et al.* 1980, SLAMA *et al.* 1996), ou de la glande surrénale. La participation du CJ de la gestation précédente n'est pas exclue (SLAMA *et al.* 1996). Mais la présence d'un pic de LH 4 ou 5 jours avant l'élévation du taux plasmatique de P_4 (WEBB *et al.* 1980), suggère que l'hypothèse de la lutéinisation des follicules est la plus probable. Par contre, le taux plasmatique de P_4 redescend à un niveau basal avant l'ovulation : un pic de LH ne survient jamais lorsque ce taux est élevé. Il semblerait que la P_4 empêche un pic de LH ovulatoire par inhibition du rétrocontrôle positif exercé par les œstrogènes sur l'axe hypothalamo-hypophysaire (WEBB et al. 1980).

2. 2. 2. REPRISE DE L'ACTIVITE ŒSTRALES POSTPARTUM

La reprise précoce d'une activité ovarienne *postpartum* normale, accompagnée par de visibles signes d'*œstrus* est essentiel pour un intervalle inter-vêlages optimal (SCHMIDT. 1989 ; McLEOD et WILLIAMS. 1991). En pratique, l'apparition des chaleurs est le premier signe que l'éleveur prend en compte pour considérer qu'une vache a retrouvé une cyclicité *postpartum* normale. C'est également un repère pour détecter les chaleurs suivantes. Cependant, (*Cf. supra*) il existe un décalage important entre le rétablissement de l'activité ovarienne *postpartum* et les premières manifestations comportementales d'*œstrus* (Figure 2.2). En effet, la reprise de l'activité ovarienne au cours du *postpartum* est précoce (entre 5 et 40 jours), en revanche, celle de l'activité œstrale quant à elle est beaucoup plus tardive (entre 20 et 70 jours). Cette dernière dépend à la fois du délai de la reprise de la fonction ovarienne d'une part, et de l'expression et détection des chaleurs d'une autre part (MIALOT *et al.* 1998). Ainsi, dans les troupeaux suivis par un système de vidéo-contrôle, 50%, 94%, et 100% des vaches ont été vues en chaleurs respectivement à la 1ère, à la 2ème et à la 3ème ovulation (ARTHUR *et al.* 1982). Ce pourcentage varié lorsque la détection des chaleurs se fait par observation visuelle, où 23%, 46%, et 64% (MORROW. 1969), où 34.4%, 71.9%, et 83.3% (VILLA-GODOY *et al.* 1988) des vaches sont déclarées en *œstrus* respectivement à la 1ère, 2ème, et 3ème ovulation.

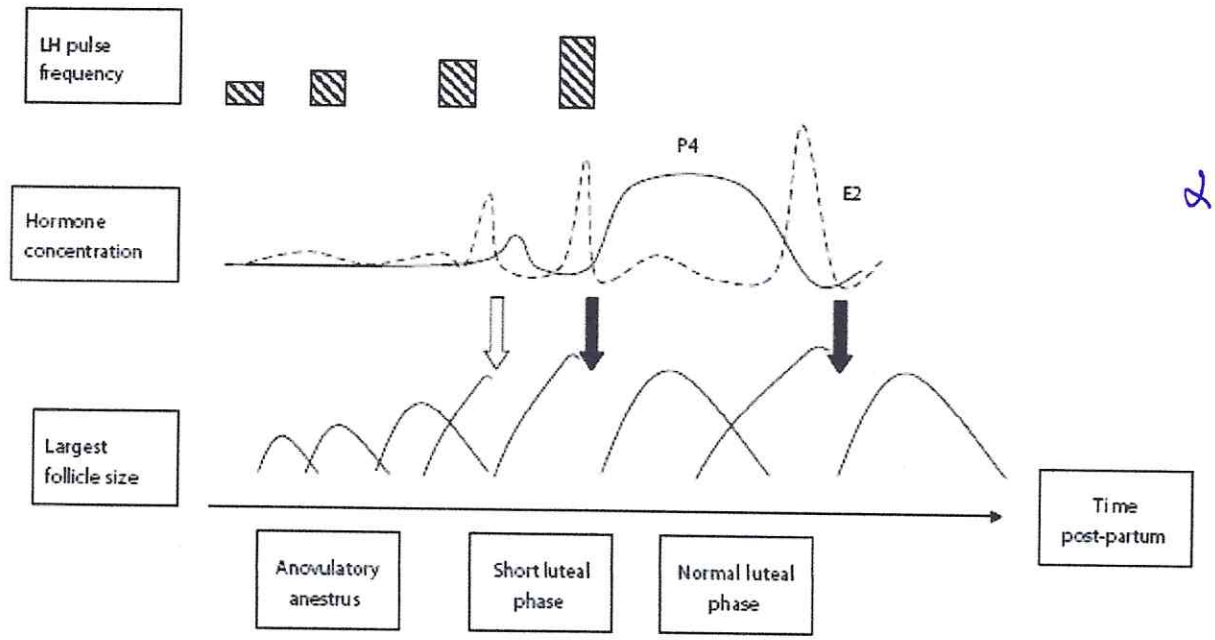


Figure 2.2. Diagramme schématique montrant le développement des plus grands follicules ovariens associé aux variations des concentrations des E_2, P_4 circulants ainsi que la fréquence de sécrétions pulsatiles de LH au cours du *postpartum* (flèches vides : ovulation sans *œstrus* ; flèches pleines : ovulation avec *œstrus*) (RHODES *et al.* 2003).

Chez la vache laitière, comme chez la vache viandeuse, une période caractérisée par l'absence totale de manifestations comportementales d'*œstrus*, appelée anœstrus *postpartum* suit le vêlage. L'anœstrus *postpartum* se définie comme étant l'absence de manifestations comportementales d'*œstrus* jusqu'à 60 jours *postpartum*, il représente un facteur majeur dans l'allongement de l'intervalle inter-vêlages, et par conséquent, des pertes économiques importantes (OPSOMER et DE KRUIF. 1999 ; MWAANGA et JANOWSKI. 2000). La durée de

cette période d'anœstrus est plus longue chez la vache viandeuse que chez la vache laitière (DERIVAUX *et al.* 1984).

La durée de l'anœstrus *postpartum* est variable (Tableau 2.9). Chez la vache laitière, si les conditions de détection des chaleurs sont optimales, elle est selon les auteurs de 30 à 70 jours. En effet, chez les races laitières, les premières chaleurs *postpartum* témoignant de la fin de la période d'anœstrus *postpartum* surviennent entre le 30ème et le 60ème jour (HUMBLOT. 1978) ou entre le 30ème et 72ème jour (WEBB *et al.* 1980) ou entre le 56ème et 96ème jour (HANZEN et LAURENT. 1991) après le vêlage. Ainsi, 80% des animaux doivent être observé en chaleurs à 60 jours *postpartum* (HUMBLOT et THIBIER. 1978).

Tableau 2.9. Date de l'apparition du 1er *œstrus postpartum* selon les auteurs.

Références	Date du 1er œstrus PP	Conditions
OLDS et SEATH. 1953	32 ± 18.6 jours	3 fois par jour
MARION et GIER. 1968	32.8 jours	2 fois par jour
CALLAHAN *et al.* 1971	34 ± 3.3 jours	Chaque 2 heure
KING *et al.* 1978	34.5 ± 12.8 jours	En continu
	56.6 ± 26.5 jours	2 fois par jour
SHARPE et KING. 1981	46.0 ± 21.4 jours	2 fois par jour
FONSECA *et al.* 1983	66.9 ± 33.9 jours (Holsteins)	2 fois par jour
	37.2 ± 27.3 jours (Jerseys)	
BUTLER et SMITH. 1989	49 ± 4 jours	2 fois par jour
SPICER *et al.* 1990	41.9 ± 6.6 jours	2 fois par jour
RAMIREZ *et al.* 1996	56 ± 32 jours	2 fois par jour
SAKAGUCHI *et al.* 2004	55.2 ± 3.0 jours	2 fois par jour

Sur le plan ovarien, l'anœstrus *postpartum* peut se diviser en deux : l'anœstrus non-ovulatoire qui se caractérise par l'absence de manifestations comportementales d'*œstrus* depuis le vêlage jusqu'au moment de la libération préovulatoire de LH (15ème jour *postpartum*). En effet, au cours du *postpartum* précoce, le taux des œstrogènes circulant, à l'origine du comportement d'*œstrus* (KESNER et CONVEY. 1982 ; LYIMO *et al.* 2000 ; SAUMANDE. 2001 ; NEBEL. 2003), reste faible durant la succession de croissance et d'atrésie de petits follicules, ce jusqu'à l'apparition du 1er FD (SAVIO *et al.* 1990a ; GRIMARD *et al.* 1996), mais ce dernier reste insuffisant pour induire des chaleurs, et l'anœstrus ovulatoire qui correspond à la période pendant laquelle il peut être toléré d'un point de vue zootechnique mais pas physiologique de ne pas observer de manifestations comportementales d'*œstrus*, il s'étend de la fin de la période normale d'anœstrus non-ovulatoire jusqu'à la fin habituelle de la période d'attente (HANZEN *et al.* 2000), généralement au 60ème jour *postpartum* (ZDUNCZYK *et al.* 2002).

2.3. PROFILS DE REPRISE DE LA FONCTION OVARIENNE POSTPARTUM ET ANOMALIES POSSIBLES

De nombreuses études récentes ont utilisé les profils d'activité lutéale obtenus par dosage de P_4 dans le sang ou dans le lait afin de caractériser la reprise de la fonction ovarienne *postpartum* (KERBRAT et DISENHAUS. 2000 ; OPSOMER *et al.* 2000 ; TAYLOR *et al.* 2003 ; HOMMEIDA *et al.* 2005 ; KAWASHIMA *et al.* 2006 ; PETERSSON *et al.* 2006).

2.3.1. FREQUENCE DES PRELEVEMENTS ET SEUILS UTILISES

La fréquence des prélèvements varie de 2 (OPSOMER *et al.* 2000 ; KAWASHIMA *et al.* 2006 ; PETERSSON *et al.* 2006) à 3 prélèvements par semaine (KERBRAT et DISENHAUS. 2000 ; ROYAL *et al.* 2000 ; TAYLOR *et al.* 2003 ; HOMMEIDA *et al.* 2005).

Le taux de P_4 choisi au-delà duquel on considère qu'il y a une activité lutéale est variable selon les études. Ce seuil varié de 0.5 ng/ml de lait écrémé équivalant à 5 ng/ml de lait entier (HOMMEIDA *et al.* 2005) à 1 ng/ml de lait écrémé (KAWASHIMA *et al.* 2006). Dans le lait entier, le seuil utilisé va de 3 ng/ml (ROYAL *et al.* 2000 ; TAYLOR *et al.* 2003) à 5 ng/ml (KERBRAT et DISENHAUS. 2000). Enfin, dans la crème, le seuil utilisé est de 15 ng/ml (OPSOMER *et al.* 2000). Dans une autre étude, ce seuil est exprimé en nmol/l, adapté à chacun des « kits rapides » utilisés et déterminé expérimentalement comme étant le taux en dessous duquel ont lieu 95% des ovulations (PETERSSON *et al.* 2006).

2.3.2. DEMARRAGE DE L'ACTIVITE LUTEALE OVARIENNE

On considère qu'il y a démarrage de l'activité lutéale lorsque le taux de P_4 dépasse le seuil choisi comme étant témoin d'une activité lutéale ou d'un CJ sécrétoire. L'intervalle vêlage - démarrage de l'activité lutéale est un paramètre très étudié (Figure 2.3). Il varie selon les études, notamment selon leur ancienneté et selon les critères d'inclusion des animaux.

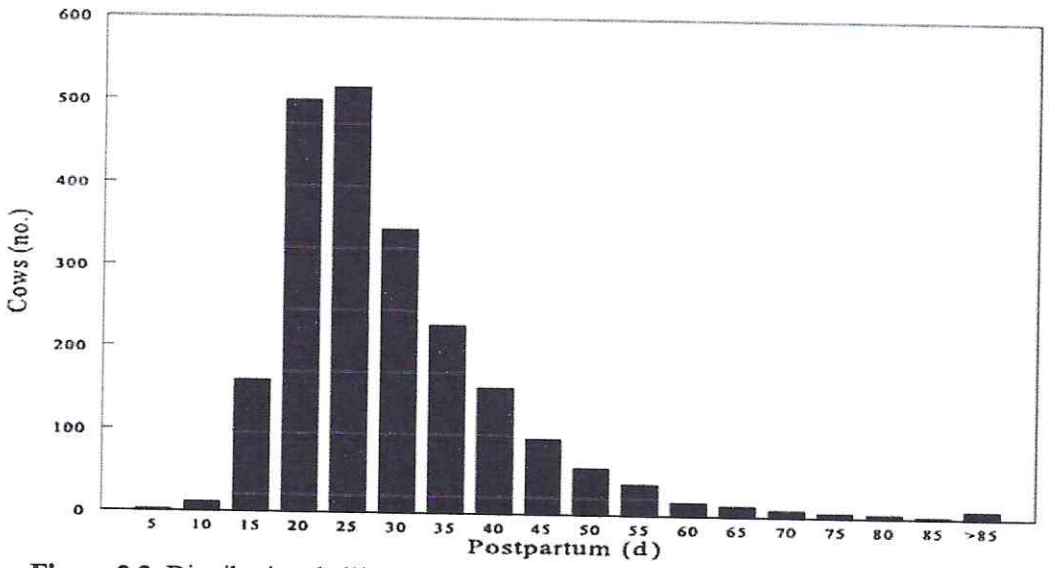


Figure 2.3. Distribution de l'intervalle vêlage - démarrage de l'activité lutéale des vaches laitières au cours du *postpartum* (dérivé de 2165 lactations sans rétention placentaire, sans infections utérines, et sans intervention vétérinaire avant le démarrage de l'activité lutéale) (DARWASH *et al.* 1996).

2.3.3. TYPES DE PROFILS DE L'ACTIVITE LUTEALE OVARIENNE

En classant les profils d'activité lutéale dans différentes catégories et en établissant des statistiques, de nombreux auteurs ont tenté de caractériser la reprise de la fonction ovarienne des vaches laitières et viandeuses après le vêlage. Cependant, ces études sont difficiles à comparer du fait que les critères utilisés pour catégoriser ces profils d'activité lutéale *postpartum* sont variables.

2.3.3.1. Profils normaux

a. Profils témoins d'une activité ovarienne cyclique

Un profil illustrant une activité ovarienne cyclique après le vêlage correspond au démarrage d'une activité lutéale dans un délai défini après le vêlage suivie par des cycles réguliers (Figure 2.4a). En d'autres termes, taux de P_4 au-dessus du seuil duquel on considère qu'il y a une activité lutéale avant 21 jours (KAWASHIMA *et al.* 2006), 45 jours (ROYAL *et al.* 2000 ; TAYLOR *et al.* 2003), 50 jours (KERBRAT et DISENHAUS. 2000 ; OPSOMER *et al.* 2000 ; HOMMEIDA *et al.* 2005), ou 56 jours (PETERSSON *et al.* 2006) *postpartum*. Cependant, certains auteurs séparent de plus dans cette catégorie les profils dont la 1ère phase lutéale est courte ; c'est-à-dire inférieure à une semaine (KERBRAT et DISENHAUS. 2000 ; KAWASHIMA *et al.* 2006) ou inférieure à 10 jours (HOMMEIDA *et al.* 2005) de ceux dont la 1ère phase lutéale est de durée normale.

Selon les études, une proportion de 88% (BULMAN et WOOD. 1980), 58% (ROYAL *et al.* 2000), ou 66% (KERBRAT et DISENHAUS. 2000) de profils normaux a été décrite.

2.3.3.2. Profils anormaux

a. Profil témoin d'une inactivité ovarienne prolongée

Un profil caractérisant une inactivité ovarienne prolongée après le vêlage correspond à l'absence d'une activité lutéale durant les 21 jours (KAWASHIMA *et al.* 2006), 45 jours (ROYAL *et al.* 2000 ; TAYLOR *et al.* 2003), 50 jours (KERBRAT et DISENHAUS. 2000 ; OPSOMER *et al.* 2000 ; HOMMEIDA *et al.* 2005), ou les 56 jours (PETERSSON *et al.* 2006) *postpartum* (Figure. 2.4b). Le classement d'un profil dans cette catégorie ne préjuge pas de la normalité de la cyclicité une fois l'activité lutéale initiée. Ainsi plusieurs profils peuvent faire l'objet d'une double classification (ROYAL *et al.* 2000 ; PETERSSON *et al.* 2006). En revanche, certains auteurs (TAYLOR *et al.* 2003) classent le profil en fonction de la 1ère anomalie rencontrée en termes de chronologie.

Selon les études, une proportion de 21.5% (OPSOMER *et al.* 2000), 13% (ROYAL *et al.* 2000), 11% (KERBRAT et DISENHAUS. 2000), 33% (HOMMEIDA *et al.* 2005) ou 16% (PETERSSON *et al.* 2006) de profils anormaux avec une inactivité ovarienne prolongée a été décrite.

b. Profil témoin d'une interruption de l'activité ovarienne

Un profil illustrant une interruption de la fonction ovarienne correspond à l'absence de touts activité lutéale pendant une période supérieure ou égale à 12 jours (ROYAL *et al.* 2000 ; TAYLOR *et al.* 2003), ou 14 jours (KERBRAT et DISENHAUS. 2000 ; OPSOMER *et al.* 2000 ; PETERSSON *et al.* 2006a ; KAWASHIMA *et al.* 2006) encadrée par deux phases d'activité lutéale. Au cours de cette période les dosages de P_4 sont inférieurs au seuil choisi comme étant le témoin d'une activité lutéale (Figure. 2.4c).

c. Profil témoin d'une phase lutéale prolongée

Le profil témoin d'un CJ sécrétoire persistant ou d'une phase lutéale prolongée correspond à un taux de P_4 au-dessus du seuil duquel on considère qu'il y a une activité lutéale pendant une durée supérieure à 4 semaines (KERBRAT et DISENHAUS. 2000), à 20 jours (OPSOMER *et al.* 2000 ; HOMMEIDA *et al.* 2005 ; PETERSSON *et al.* 2006), à 19 jours

(ROYAL *et al.* 2000 ; TAYLOR *et al.* 2003) ou à 22 (KAWASHIMA *et al.* 2006) (figure. 2.4d). Certains auteurs distinguent de plus 2 sous-types de profils, selon que la persistance du CJ concerne le 1er cycle *postpartum* ou les cycles suivants (KERBRAT et DISENHAUS. 2000 ; ROYAL *et al.* 2000 ; TAYLOR *et al.* 2003).

Une proportion de 16% dont 69% après le 1er cycle et 31% après le 2ème cycle (KERBRAT et DISENHAUS. 2000), de 35% dont 52% après le 1er cycle *postpartum* et 48% après les cycles suivants (ROYAL *et al.* 2000), et de 7.3% (PETERSSON *et al.* 2006) de profils anormaux avec une d'une phase lutéale prolongée a été décrite.

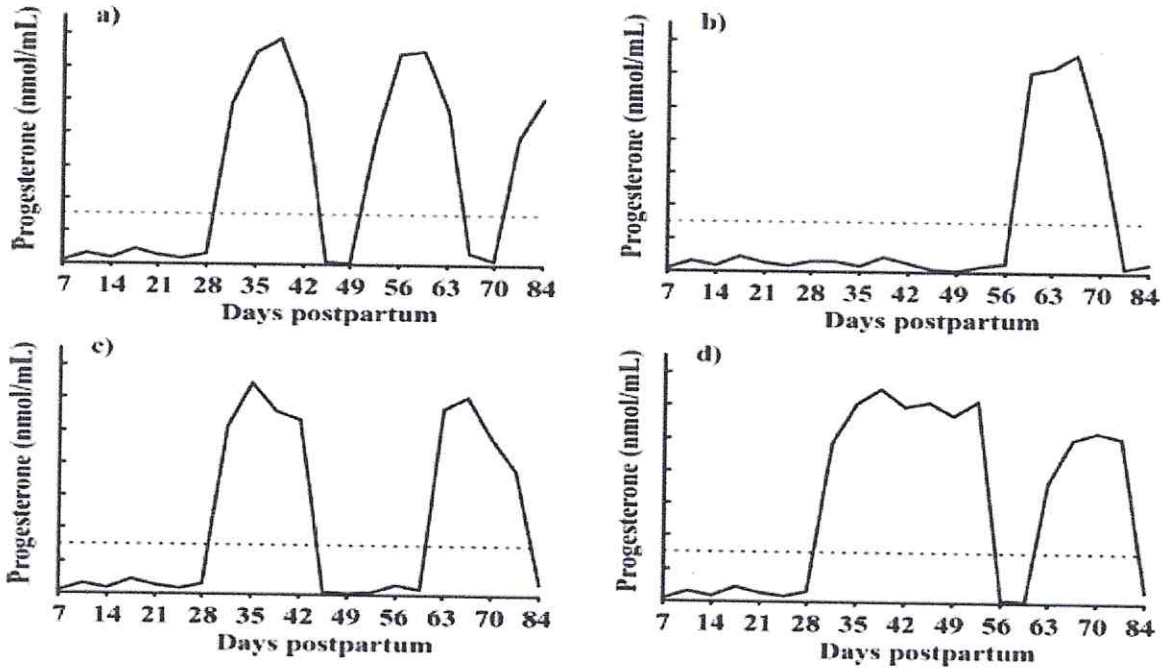


Figure 2.4. Illustration schématique des différents profils de progestérone en période *postpartum* chez la vache laitière : a) profil normal, b) retard de cyclicité, c) cessation de cyclicité, et d) activité lutéale prolongée (PETERSSON *et al.* 2006).

2.4. FACTEURS INFLUENÇANT LA REPRISE DE L'ACTIVITE OVARIENNE ET ŒSTRALE POSTPARTUM

Les facteurs influençant la reprise de la fonction ovarienne et œstrale des vaches après le vêlage sont très nombreux. Ils ont été et sont toujours très étudiés dans la mesure où le retour de la fonction ovarienne au cours de la période *postpartum* (autrement dit, l'intervalle vêlage - 1ère ovulation *postpartum*, l'intervalle vêlage - démarrage de l'activité lutéale *postpartum*, ou fin de l'anœstrus *postpartum*) conditionne les paramètres de fertilité et les performances de reproduction subséquents.

2.4.1. RACE, SOUCHE, ET GENETIQUE

Dans une étude menée par RAMIREZ-IGLESIA et collaborateurs en 1992, les auteurs ont montré qu'il n'y avait pas de différences significatives dans l'intervalle vêlage - démarrage de l'activité lutéale et dans l'intervalle vêlage - 1er *œstrus* entre les vaches laitières de race Holstein, Brune des Alpes, et une autre race tropicale (RAMIREZ-IGLESIA *et al.* 1992). Une autre étude plus récente (HORAN *et al.* 2005) a montré qu'il n'y avait pas d'effet significatif de la souche Holstein-Frisonne parmi trois à savoir, «haute production nord-

américaine», «haute durabilité nord-américaine», et «néo-zélandaise» dans l'intervalle vêlage - démarrage de l'activité lutéale.

Dans une étude publiée en 2002 par ROYAL et collaborateurs sur l'influence de la génétique sur la reprise de la cyclicité *postpartum* (ROYAL *et al.* 2002), l'héritabilité dans l'intervalle vêlage - démarrage de l'activité lutéale était de 0.16, ce qui est supérieur à l'héritabilité des autres paramètres classiques de fertilité (tels que l'intervalle vêlage - vêlage, le taux de réussite à la première insémination...) et surtout indépendant des facteurs de conduite du troupeau. En outre, il existe une corrélation génétique négative significative entre la note d'état corporel (NEC) et l'intervalle vêlage - démarrage de l'activité lutéale, ceci signifie qu'une vache avec une NEC génétiquement moins bonne est plus susceptible de présenter un intervalle vêlage - démarrage de l'activité lutéale plus long. L'importance de la corrélation est telle qu'une augmentation d'un point d'état corporel (sur une échelle allant de 1 à 9) au niveau génétique se traduit par un raccourcissement de l'intervalle vêlage - démarrage de l'activité lutéale de 22.4% (soit environ 6 jours). La corrélation génétique entre l'intervalle vêlage - vêlage et l'intervalle vêlage - démarrage de l'activité lutéale approche la significativité, ce qui signifie qu'une vache avec un intervalle vêlage - vêlage génétiquement plus long tend à avoir un intervalle vêlage - démarrage de l'activité lutéale plus long. Il y a également d'autres corrélations génétiques significatives dans l'intervalle vêlage - démarrage de l'activité lutéale et des paramètres de conformation (largeur de hanche et de poitrine, angularité des articulations, profondeur de mamelle...). Concernant la production laitière, il y a une corrélation génétique positive significative dans l'intervalle vêlage - démarrage de l'activité lutéale et le rendement en matière grasse (l'importance de la corrélation est telle qu'une augmentation de 10 kg du rendement en matière grasse au niveau génétique se traduit par un allongement de l'intervalle vêlage - démarrage de l'activité lutéale de 6.01%), concernant le rendement laitier et le rendement en matière protéique, la corrélation approche la significativité.

2.4.2. AGE ET PARITE

Les données relatives à l'effet de la parité sur la reprise de l'activité ovarienne *postpartum* sont bien souvent contradictoires. DARWASH et collaborateurs rapportaient que l'intervalle vêlage - démarrage d'une activité lutéale s'allonge progressivement à mesure que la parité augmente (DARWASH *et al.* 1997). Le sous modèle de la régression estime une augmentation d'intervalle de 2.2% par parité avec un intervalle de confiance de 95%. A partir de cette régression, sur une durée de vie de 6 lactations, il est possible de prévoir une augmentation de 11.5% dans l'intervalle vêlage - démarrage de l'activité lutéale (Figure 2.5). Même résultats avaient été rapportés par STEVENSON et BRITT, où l'intervalle vêlage - 1ère ovulation *postpartum* tend à être plus long pour les vaches multipares que pour les vaches primipares (18.7 *vs* 16.3 jours), alors que l'intervalle vêlage - 1er *œstrus* n'était pas différent entre les deux groupes de parité (26.1 *vs* 27.7 jours) (STEVENSON et BRITT. 1979). Aussi, selon OPSOMER et collaborateurs, l'effet de la parité sur le pourcentage de profils d'activité lutéale montrant une inactivité ovarienne *postpartum* prolongée n'est pas significatif, en revanche, à partir de la 4ème lactation, une vache a 2.5 fois plus de risque de présenter une phase lutéale prolongée qu'une primipare (OPSOMER *et al.* 2000).

Dans une récente étude menée par SAKAGUCHI et collaborateurs publiée en 2004, la parité influence l'intervalle vêlage - 1ère ovulation et l'intervalle vêlage - 1er *œstrus*. En effet,

la 1ère ovulation est plus précoce chez les vaches primipares (26.7 ± 3.3 jours) que chez les vaches multipares (35.5 ± 3.5 jours) et les 1ères chaleurs apparaissent en moyenne à 47.8 ± 3.7 jours pour les primipares et à 63.1 ± 4.4 jours pour les multipares (SAKAGUCHI *et al.* 2004). Dans une autre étude plus récente menée par KAWASHIMA et collaborateurs publiée en 2006, l'intervalle vêlage - 1ère ovulation était de 33.0 ± 2.6 jours pour les primipares contre 42.6 ± 2.9 jours pour les multipares. Aussi, le nombre de vaches avec ovulation et anovulation durant les 3 premières semaines *postpartum* était respectivement de 70.5% *versus* 29.5% pour les primipares et de 53% *versus* 47% pour les multipares. En dépit de l'ovulation ou de l'anovulation durant ces 3 semaines, 59.1% des primipares contre 43.9% des multipares ont présenté des cycles normaux (KAWASHIMA *et al.* 2006).

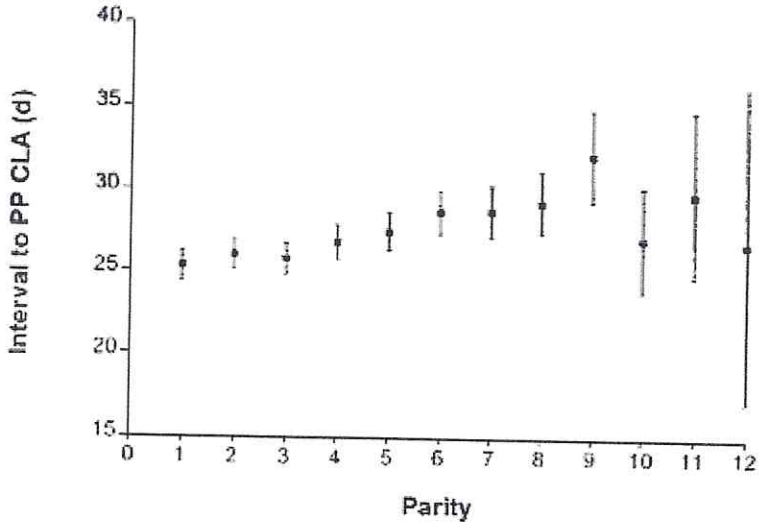


Figure 2.5. Effet de la parité (nombre de lactation) sur l'intervalle vêlage - début d'activité lutéale (DARWASH *et al.* 1997).

Des résultats contradictoires avaient été rapportés par FONSECA et collaborateurs dans une étude réalisée sur des vaches laitières Holstein nord américaines âgées entre 33 et 60 mois, où l'intervalle vêlage - 1ère ovulation *postpartum* était plus long pour les vaches primipares que pour les vaches multipares (FONSECA *et al.* 1983). Aussi, LUCY et collaborateurs signalaient que la reprise de l'activité ovarienne *postpartum* était plus précoce pour les vaches multipares que pour les vaches primipares. En revanche, les vaches primipares étaient semblables aux vaches multipares en ce qui concerne le 1er service, le taux de conception au 1er service, services par conception, et les jours ouverts (LUCY *et al.* 1992). Aussi, MOREIRA avait signalé que l'incidence de l'anœstrus au 63ème jour *postpartum* était plus grande pour les primipares que pour les vaches multipares (MOREIRA. 2001).

Tableau 2.10. Pourcentages de profils témoins d'une activité lutéale normale, montrant une inactivité ovarienne *postpartum* prolongée, ou une phase lutéale prolongée en fonction de la parité (OPSOMER *et al.* 2000).

Parité	Effectif	Activité lutéale normale	Inactivité ovarienne prolongée	Phase lutéale prolongée
1	103	57%	28%	15%
2,3	129	59%	17%	24%
≥4	82	43%	26%	32%

2.4.3. NIVEAU DE PRODUCTION LAITIERE ET SES PARAMETRES

Des niveaux élevés en production laitière ont été associés par plusieurs auteurs à une diminution de la fertilité (DISENHAUS *et al.* 2005 ; SEEGERS *et al.* 2005). De récentes études ont montré que les phases lutéales prolongées sont liées à une forte production laitière en début de lactation (OPSEMER *et al.* 1998 ; DISENHAUS *et al.* 2002 et 2005). Aussi, les cheptels laitiers modernes choisis intensivement pour leur production laitière ont de plus longs intervalles vêlage - 1ère ovulation *postpartum* (STEVENSON et BRITT. 1979 ; BEAM et BUTLER. 1998 ; NEBEL et McGILLARD. 1993 ; ROCHE *et al.* 2000 ; GONG *et al.* 2002). En effet, dans une étude menée par MARION et GIER sur 250 vaches laitières Holstein-Friesian, l'intervalle vêlage - 1ère ovulation *postpartum* et vêlage - 1er *œstrus postpartum* tendent à être plus longs à mesure que la production laitière augmente (Tableau 2.11) (MARION et GIER. 1968).

Tableau 2.11. Niveau de production laitière et reprise de la cyclicité (MARION et GIER. 1968).

Production laitière journalière	Intervalle	
	Vêlage - 1ère ovulation	Vêlage - 1er *œstrus*
<22 litres	13,1 jours	28,4 jours
22 à 30 litres	14,0 jours	33,1 jours
>30 litres	15,5 jours	36,9 jours

Cependant, d'autres études ne trouvent pas une relation (HARRISON *et al.* 1990 ; VILLA-GODOY. 1988), ou trouvent une relation inverse (LUCY *et al.* 1992 ; STAPLES *et al.* 1990) entre production laitière et reprise de l'activité ovarienne *postpartum*. En effet, dans une autre étude menée par HARRISON et collaborateurs sur 2 groupes de 10 vaches laitières Holstein, le niveau de production laitière durant les 75 jours qui suivent le vêlage ou durant les 305 jours de lactation (Tableau 2.12) n'a pas d'influence sur l'intervalle vêlage - 1ère ovulation *postpartum* et sur la durée de la 1ère phase lutéale *postpartum*. En revanche, une forte production laitière est associée à un allongement de l'intervalle vêlage - 1èr *œstrus postpartum* (HARRISON *et al.* 1990).

Tableau 2. 12. Production laitières, date de la 1ère ovulation, durée de la 1ère phase lutéale, date du 1er *œstrus*, et nombre d'ovulations avant le 1er *œstrus postpartum* chez les vaches laitières hautes et moyennes productrices (HARRISON *et al.* 1990).

	Groupe de vaches	
	Hautes productrices	Moyennes productrices
Production laitière 75 j	2438 ± 89 kg	2043 ± 75 kg
Production laitière 305 j	10814 ± 378 kg	6912 ± 293 kg
Date 1ère ovulation	31 ± 4 jours	29 ± 3 jours
Durée 1ère phase lutéale	11 ± 3 jours	14 ± 2 jours
Date 1er *œstrus*	66 ± 4 jours	43 ± 4 jours
Nombre d'ovulations avant 1er *œstrus*	1.6 ± 0.3 ovulations	0.7 ± 0.2 ovulations

De nombreux chercheurs suggèrent que la production laitière interviendrait par l'intermédiaire de l'alimentation. En effet, un niveau de production laitière élevé induit une balance énergétique négative (BEN) qui réduit la pulsatilité de LH *postpartum* ce qui entraine un retard de la reprise de l'activité ovarienne (BUTLER. 2000). La relation positive entre la production laitière et la durée de l'intervalle vêlage - 1ère ovulation *postpartum* doit donc être révisée en tenant compte de la part de responsabilité de l'alimentation, tant au plan quantitatif que qualitatif. De même, on a pu montrer qu'une augmentation de 1 kg de production laitière

augmentait de 1.05 fois le risque de survenue d'un kyste folliculaire, et diminuait de 1.06 fois la probabilité de régression spontanée de ce kyste (LOPEZ-GATIUS *et al.* 2002).

2.4.4. SAISON DE VELAGE

De nombreux auteurs s'accordent sur le fait que la saison de vêlage influence la reprise de la cyclicité *postpartum* aussi bien chez la vache laitière que viandeuse. Dans une récente étude réalisée en 2006 sur des vaches laitières suédoises, le démarrage de l'activité lutéale après le vêlage était de 10.5 jours plus retardé en hiver qu'en été. Même effet significatif sur l'intervalle vêlage - 1er *œstrus* a été signalé (PETERSSON *et al.* 2006). De même, la fréquence des profils d'activité lutéale correspondant à une inactivité ovarienne *postpartum* prolongée été supérieure en hiver (38%) par rapport au printemps (25%), à l'automne (21%), et à l'été (0%) (OPSOMER *et al.* 2000). Dans une autre étude menée par DARWASH et collaborateurs publiée en 1997, l'intervalle vêlage - 1ère ovulation *postpartum* le plus court a été observé durant l'automne et le plus long durant le printemps. En effet, selon cette étude la moyenne géométrique de l'intervalle vêlage - démarrage de l'activité lutéale des vaches primipares durant les quatre saisons de vêlage a été de 25.5, 27.9, 25.1, et 23.1 jours durant respectivement l'hiver, le printemps, l'été, et l'automne (DARWASH *et al.* 1997). Mêmes résultats ont été rapportés précédemment par FONESCA et collaborateurs, les quels signalaient que l'intervalle vêlage - 1ère ovulation *postpartum* était de 6.5 jours plus retardé pour les vaches dont les vêlages étaient compris entre septembre et novembre que celles dont les vêlages étaient compris entre décembre et février (FONESCA. 1983). En revanche, ces résultats sont en contradiction avec l'étude publiée en 1990 par SAVIO et collaborateurs (SAVIO *et al.* 1990b), les quels rapportaient qu'il n'avait pas de différence dans l'intervalle vêlage - 1ère ovulation entre les vaches ayant vêlées au printemps et celles ayant vêlées en automne (27.3 ± 18.9 *vs* 27.4 ± 25.9 jours, respectivement).

2.4.6. VELAGE, PATHOLOGIES PUERPERALES, ET MALADIES AUTRES QUE GENITALES

Les conditions de vêlage sont reconnues avoir un effet sur la reprise de la cyclicité *postpartum*. En effet, le pourcentage de profils d'activité lutéale montrant une inactivité ovarienne *postpartum* prolongée ou une phase lutéale prolongée sont significativement plus élevés après un vêlage anormal qu'après un vêlage normal (respectivement 38% *vs* 20% et 28% *vs* 22%). Les vêlages anormaux incluaient les vêlages nécessitant l'assistance de plus d'une personne, les embryotomies, les vêlages par césarienne, les avortements et les gémellités, alors que les vêlages normaux se déroulaient sans assistance ou avec l'assistance d'une seule personne (OPSOMER *et al.* 2000). Selon cet auteur, un vêlage anormal a 3.6 fois plus de risque d'être suivi par une inactivité ovarienne *postpartum* prolongée ; ce risque est 2.9 fois supérieur concernant la survenue d'une phase lutéale prolongée par rapport à un vêlage normal.

De même, les extractions forcées et les vêlages par césarienne étaient reliés à un fort taux d'anœstrus à 60 jours *postpartum*. Une des causes évoquées du retard au retour de la cyclicité est la libération d'opioïdes endogènes lors des parts anormaux, ce qui inhiberait la libération de LH hypophysaire (OPSOMER *et al.* 2000). Des conditions de vêlage anormales peuvent conduire à des anomalies puerpérales et/ou à des retards d'involution utérine (RIU), qui selon les auteurs et le type d'anomalies sont susceptibles d'avoir un effet sur le retour à la

cyclicité. On a pu notamment observer des différences dans la répartition des profils d'activité lutéale *postpartum* (Tableau 2.13).

Tableau 2.13. Pourcentages de profils témoins d'une activité lutéale normale, d'une inactivité ovarienne *postpartum* prolongée ou d'une phase lutéale prolongée en fonction des anomalies puerpérales rencontrées (OPSOMER *et al.* 2000).

Variables		Effectif	Activité lutéale normale	Inactivité ovarienne prolongée	Phase lutéale prolongée
Rétention placentaire	**Absence**	254 v	59%	22%	20%
	Présence	56 v	34%	27%	39%
Anomalies puerpérales	**Absence**	175 v	68%	19%	13%
	Métrite	47 v	28%	17%	55%
	Ecoulement vaginal anormal	60 v	38%	35%	27%
	Vaginite	15 v	53%	27%	20%
	Prolapsus utérin	4 v	75%	0%	25%
	Métrite+vaginite	12 v	33%	42%	25%

Selon ce même auteur, les vaches présentant un écoulement vaginal anormal ont 4.5 fois plus de risque de montrer une inactivité ovarienne *postpartum* prolongée. Le risque est 3 fois supérieur quand on considère toutes les anomalies puerpérales confondues. Une des causes évoquées est la sécrétion prolongée de prostaglandines, qui prolongerait l'anœstrus *postpartum* en cas d'anomalie puerpérale. En revanche, la rétention placentaire au-delà de 12 h n'est pas significativement à risque. Concernant le risque de survenue d'une phase lutéale prolongée, on constate que les anomalies puerpérales sont des facteurs de risque majeurs. En effet, le risque est 3.5 fois supérieur en cas de rétention placentaire, 4.4 fois supérieur en cas d'écoulement vaginal anormal et surtout 11 fois supérieur en cas de métrite. Ces résultats confirment l'hypothèse qu'une phase lutéale anormalement longue est plutôt liée à des facteurs d'origine utérine qu'à des facteurs d'origine ovarienne (OPSOMER *et al.* 2000). En ce qui concerne la survenue de kystes folliculaires précoces, la présence d'une anomalie puerpérale (incluant la gémellité, la rétention placentaire au delà de 12 h, la métrite puerpérale et la cétonurie, ainsi que toute combinaison de ces anomalies) est une situation 1.9 fois plus à risque qu'un *peripartum* normal. En revanche, ces facteurs n'ont pas d'effet sur leur éventuelle résorption spontanée, ni sur la survenue de kystes folliculaires tardifs (LOPEZ-GATIUS *et al.* 2002). En ce qui concerne l'IU, en l'absence d'anomalie puerpérale chez des primipares, on a constaté que l'intervalle entre le vêlage et l'IU complète (pour un diamètre de corne inférieur à 30 mm) n'était pas significativement corrélé à l'intervalle entre le vêlage et le démarrage de l'activité lutéale ni à l'intervalle entre le vêlage et le 1er *œstrus* (RAMIREZ-IGLESIA *et al.* 1992). Une autre étude (MARION et GIER. 1968) a montré que 92% des ovulations entre 11 et 15 jours *postpartum* survenaient sur l'ovaire controlatéral à la corne précédemment gravide. Pour les ovulations survenant entre 16 et 20 jours *postpartum*, la différence n'est pas aussi marquée bien que toujours significative. Par la suite, la tendance s'atténue ; cependant les ovulations continuent à survenir plus fréquemment sur l'ovaire controlatéral, jusqu'à régression complète de la corne précédemment gravide (diamètre inférieur à 60 mm). Dès lors, l'influence de la latéralité de la précédente gestation n'est plus évidente. Cet auteur avance l'hypothèse que les perturbations cytologiques de l'endomètre au cours de l'involution utérine inhibent l'ovulation et le développement du CJ ; or la régénération de l'endomètre est plus précoce dans la corne précédemment non gravide, ce qui

expliquerait le phénomène décrit plus haut. Dès 30 jours *postpartum*, l'endomètre pourrait à nouveau être impliqué dans une activité ovarienne normale. On décrit également une influence des caractéristiques du veau sur le retour à la cyclicité. Une différence significative de l'intervalle entre le vêlage et le 1er *œstrus* a été trouvée selon le sexe : le 1er *œstrus* est plus précoce lorsqu'il s'agit d'une naissance de mâle que lorsqu'il s'agit d'une naissance de femelle (50 jours *vs* 57 jours). Il pourrait en effet y avoir une interaction entre le système hormonal du veau et celui de la mère (RAMIREZ-IGLESIA *et al.* 1992).

On a montré que l'état de santé lors du mois suivant le vêlage (notamment la survenue d'une mammite aiguë, d'une boiterie sévère ou d'une pneumonie), ainsi que la survenue d'une maladie métabolique (telles qu'une fièvre vitulaire, un déplacement de caillette, une cétose clinique ou toute combinaison de ces maladies) avaient une influence sur le pourcentage de profils d'activité lutéale montrant une inactivité ovarienne prolongée ou une phase lutéale prolongée (Tableau 2.14) (OPSOMER *et al.* 2000).

Tableau 2.14. Pourcentages de profils témoins d'une activité lutéale normale, d'une inactivité ovarienne *postpartum* prolongée ou d'une phase lutéale prolongée en fonction de l'état de santé lors du 1er mois *postpartum* et de la survenue d'une maladie métabolique (OPSOMER *et al.* 2000).

Variable		Effectif	Activité lutéale normale	Inactivité ovarienne prolongée	Phase lutéale prolongée
Etat de santé	**Absence de maladie**	247 v	60%	18%	22%
	Maladie clinique	63 v	30%	40%	30%
Maladies métaboliques	**Absence**	271 v	57%	20%	24%
	Fièvre vitulaire	12 v	50%	8%	42%
	Déplacement de caillette	8 v	50%	50%	0%
	Cétose clinique	12 v	25%	58%	17%
	Combinaison d'au moins 2 désordres	7 v	29%	57%	14%

Selon ce même auteur, un animal présentant une maladie clinique durant le 1er mois *postpartum* a 3.1 fois plus de risque de montrer une phase lutéale prolongée par rapport à un animal en bonne santé. Concernant le risque d'inactivité ovarienne *postpartum* prolongée, celui-ci est 5.4 fois plus élevé pour un animal présentant une maladie clinique, par rapport à un animal en bonne santé. Le risque est encore plus élevé (11.3 fois supérieur) lorsqu'on considère la survenue d'une cétose clinique. En effet, les maladies diminuent l'ingestion de matière sèche, ce qui conduit à une balance énergétique négative. La cétose est d'ailleurs plus particulièrement une conséquence d'une balance énergétique négative (OPSOMER *et al.* 2000). La cétonurie est également un facteur de risque pour l'apparition de kystes folliculaires précoces (LOPEZ-GATIUS *et al.* 2002). Une étude plus récente confirme l'effet des mammites cliniques et des boiteries sur le retour de la cyclicité : l'anœstrus *postpartum* est respectivement de 8.4 et 18 jours plus long chez les animaux présentant ces affections (PETERSSON *et al.* 2006). Une autre étude s'est intéressée spécifiquement à l'effet des mammites (HUSZENICZA *et al.* 2005). Ces auteurs ont constaté qu'une vache souffrant d'une mammite entre 15 et 28 jours *postpartum* avait un intervalle entre le vêlage et le début de l'activité ovarienne et un intervalle entre le vêlage et le 1er *œstrus* significativement allongés, par rapport à des vaches souffrant d'une mammite dans les 14 premiers jours après le vêlage ou par rapport aux vaches témoins. Ces intervalles étaient de 38.6 ± 2.3 *vs* 33.4 ± 2.1 et 32.0 ± 1.0 respectivement concernant le démarrage de l'activité ovarienne ; concernant le 1er *œstrus*

ils étaient de 90.7 ± 2.5 *vs* 80.2 ± 2.8 et 83.9 ± 2.1 respectivement. Le pourcentage de vaches ovulant dans les 28 premiers jours *postpartum* était significativement inférieur chez les vaches souffrant d'une mammite entre 15 et 28 jours *postpartum* comparé à des vaches souffrant d'une mammite dans les 14 premiers jours *postpartum* ou comparé aux vaches témoins (22.2% *vs* 47.5% et 50.3% respectivement). Un taux significativement supérieur de lutéolyse prématurée survenait chez les vaches atteintes de mammites à Gram - ou sans germe pathogène identifié par rapport à des vaches atteintes de mammites à Gram + ou par rapport ou vaches témoins (46.7% *vs* 8.3% et 2% respectivement). Enfin, si la mammite survenait au cours de la phase folliculaire du cycle, cette phase était significativement plus longue chez les vaches atteintes de mammites à Gram - ou sans germe pathogène identifié par rapport à des vaches atteintes de mammites à Gram + ou par rapport aux vaches témoins (10.8 ± 0.9 jours *vs* 7.9 ± 0.1 et 7.2 ± 0.1 respectivement).

2.4.5. ALIMENTATION

Parmi les causes affectant la reprise de la fonction reproductrice des vaches après le vêlage, l'alimentation occupe une place importante, si bien que lorsque plus de 15 % des vaches d'un troupeau laitier sont encore en anœstrus 40 à 50 jours après vêlage, il faut suspecter une origine alimentaire (ENJALBERT. 1998). On remarque qu'à peu près tous les déséquilibres alimentaires ont été invoqués dans la genèse d'une activité ovarienne anormale au cours de la période *postpartum*. Cependant, comprendre le mécanisme par lequel l'alimentation affecte la reprise de la fonction ovarienne des vaches après le vêlage n'est pas chose aisée, du fait que les apports alimentaires ne peuvent que difficilement être dissociés de ceux relevant du niveau de production laitière et de la capacité d'ingestion de l'animal.

De nombreuses études ont été consacrées aux effets de l'alimentation sur la croissance folliculaire, sur l'activité lutéale et sur les performances de reproduction *postpartum*, dont les résultats sont bien souvent contradictoires. D'autres ont davantage été réservées aux hormones impliquées comme la GnRH, la LH, la FSH, l'insuline, la leptine, l'IGF.

2.4.5.1. La balance énergétique

La balance énergétique (BE), est égale à l'énergie nette consommée moins l'énergie nette requise pour l'entretien et la production (production laitière et/ou croissance fœtale). En pratique, la BE est estimée via les indicateurs (ou marqueurs) du statut énergétique, dont les plus souvent utilisés par la majorité des auteurs sont la notation de l'état corporel, et la mesure des paramètres biochimiques sanguins (mesure des concentrations plasmatiques en glucose, en cholestérol, en β-hydroxybutyrate (BHB), en acides gras non estérifiés (AGNE), en corps cétoniques, en Insulin Growth Factor type1 (IGF-1), et en leptine...)

Chez la vache laitière en début de lactation, compte tenu de l'augmentation brutale et massive des besoins nutritifs et de la progression lente et modérée de la capacité d'ingestion d'une part, et à une aptitude des vaches à bon potentiel génétique à donner la priorité à la production laitière par rapport à leurs réserves corporelles (contrôle homorhétique du partage des nutriments) d'autre part, le déficit énergétique est inévitable, et pendant par fois 10 à 12 semaines (BAUMAN et CURRIE. 1980). Les besoins énergétiques requis pour la production du lait et l'entretien dépassent ceux fournis par la ration sous forme d'aliments digestibles au début du *postpartum*. Conséquence, la vache mobilise ses réserves énergétiques corporelles et maigris pour combler la différence entre l'énergie ingérée et celle exportée, ce qui la met dans

un bilan énergétique négatif. Cet état concernerait 80% des vaches laitières (VILLA GODOY *et al.* 1988).

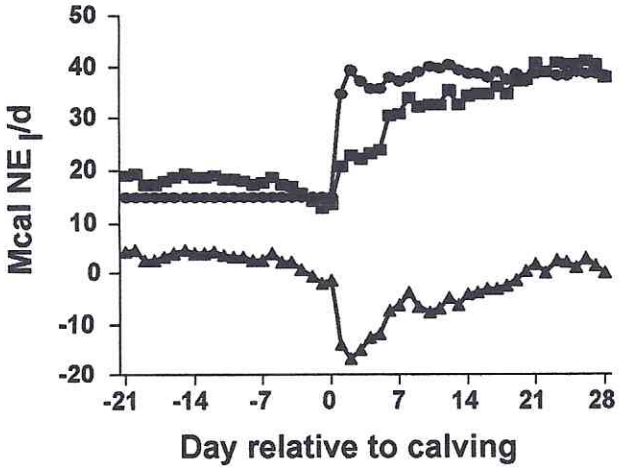


Figure 2.6. Besoins en énergie (carrés), ingestion (cercles), et balance (triangles) des vaches en période de transition (BERTICS *et al.* 1992).

a. Effets sur l'activité folliculaire et lutéale

La balance énergétique négative chez la vache laitière, caractérisée par la perte du poids corporel et la mobilisation des réserves graisseuses du corps, est l'un des facteurs majeurs affectant la reprise de l'activité folliculaire des vaches après le vêlage.

La BE n'a pas d'influence sur l'activité folliculaire ovarienne des vaches durant le *postpartum* précoce. En effet, une BEN n'affecte pas la 1ère vague folliculaire *postpartum* et n'empêche pas le recrutement des follicules au cours des 15 premiers jours *postpartum* (BEAM et BUTLER. 1997). Se succéderaient ainsi 1 à 9 phases de croissance et de régression de follicules dont le diamètre maximal croit d'une phase à une autre jusqu'au moment de l'ovulation (McDOUGALL *et al.*1995). En cas d'une BEN modérée, une injection de GnRH est susceptible d'induire l'ovulation des plus gros follicules (>10 mm) présents 24 jours en moyenne après le vêlage (McDOUGALL. 1994) dans les 24 à 48 h, une activité cyclique régulière n'étant que rarement observée par la suite. Une BEN modérée affecterait donc davantage les stades terminaux de la croissance folliculaire (PRADO *et al.* 1990 ; PERRY *et al.* 1991 ; BEAM et BULTLER. 1994). Aussi, LUCY et collaborateurs, rapportent que la BE affecte les follicules de taille moyenne et les follicules préovulatoires mais pas ceux de petite taille (LUCY *et al.* 1990), et les vaches en lactation témoignant d'une BEP présentaient un nombre plus réduit de follicules de diamètre compris entre 3 et 5 mm ou entre 6 et 9 mm et un nombre plus élevé de follicules de diamètre compris entre 10 et 15 mm (LUCY *et al.* 1991). De même, des vaches laitières non traites présentent un plus grand nombre de follicules cavitaires que les vaches traites (DE LA SOTA *et al.* 1993).

Dans une étude de BEAM et BUTLER, le taux de FDs qui ovulent est plus élevé lorsque leur développement débute après le moment où la BEN est maximale plutôt qu'avant (75% *vs* 24% d'ovulations) (BEAM et BUTLER. 1997). De même, l'ovulation du FD sera-t-elle plus fréquemment observée si l'intervalle entre le vêlage et le moment où la BE est minimale est court (6.9 jours) que s'il est long (15.5 jours) (BEAM et BUTLER. 1997). Un état de sous nutrition avant ou après le vêlage allonge de 4 à 6 jours le moment où le FD atteint sa taille maximale (14 *vs* 10 jours). Il retarde également de 4 à 6 jours le moment de l'émergence de la

2ème et 3ème vague de croissance folliculaire. Il en résulte un allongement de 3 semaines de l'intervalle entre le vêlage et la 1ère ovulation (77 *vs* 51 jours) (JOLLY *et al.* 1995). Enfin, il a été démontré que l'intervalle entre le vêlage et la 1ère ovulation est d'autant plus court que le diamètre du second FD est grand (McDOUGALL. 1994 ; McDOUGALL *et al.* 1995).

Dans une autre étude menée par LUCY et collaborateurs publiée en 1992, les auteurs rapportaient que la 1ère ovulation *postpartum* peut survenir alors que la BE est encore très négative, tout en étant plus tardive sur les vaches dont la BE reste longtemps très négative (Figure 2.7) (LUCY *et al.* 1992).

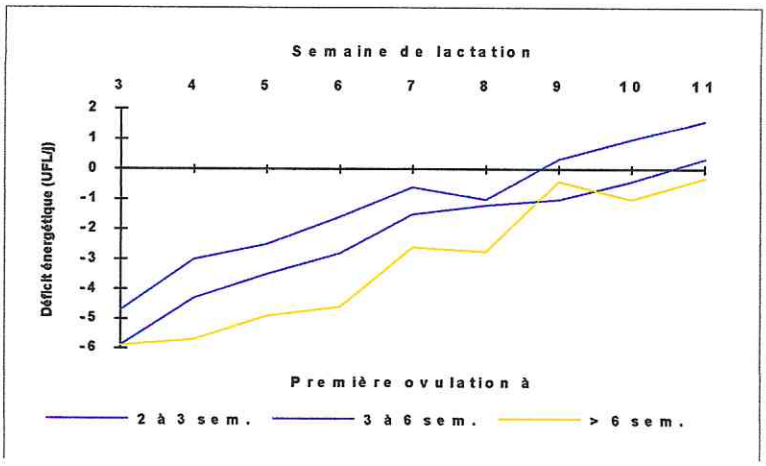


Figure 2.7. Effet de la balance énergétique sur la date de première ovulation (LUCY *et al.* 1992).

Il apparaît en outre que le moment auquel intervient (éventuellement) un pic de déficit énergétique a une importance capitale dans la reprise d'une activité ovarienne normale. Il existe une corrélation très significative entre l'intervalle vêlage - 1ère ovulation et l'intervalle vêlage - pic de déficit énergétique, qui intervient en moyenne 10 à 15 jours après le vêlage. Ainsi dans une étude réalisée par dosage de la P_4 sanguine afin de déterminer le démarrage de l'activité lutéale et par conséquent, la survenue de la 1ère ovulation *postpartum*, STAPLES et THATCHER ont montré que ce qui différencie les vaches à reprise tardive d'activité ovarienne de celles à reprise précoce, est davantage l'existence d'un pic de déficit énergétique que l'importance globale de ce déficit (Figure 2.8).

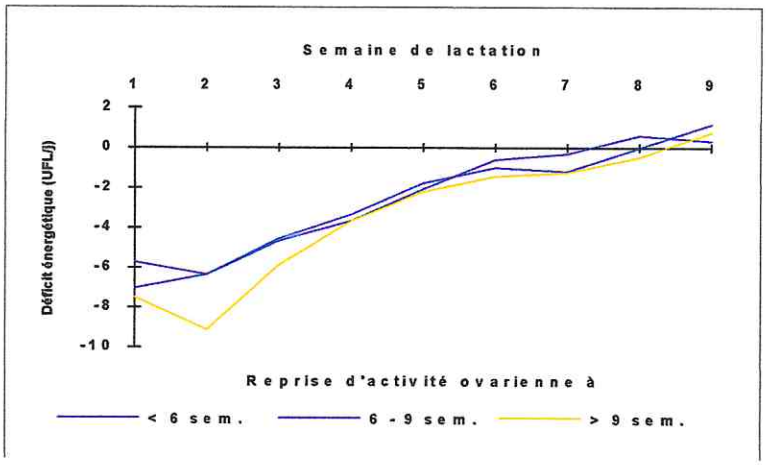


Figure 2.8. Effet du déficit énergétique sur la reprise d'activité ovarienne (STAPLES et THATCHER. 1990).

b. Effets sur l'activité hormonale

Il est bien démontré que la BEN s'accompagnant d'une période d'anœstrus plus ou moins prolongée est associée à une réduction de la libération de la GnRH hypothalamique et de la pulsatilité des hormones hypophysaires LH et FSH. Chez la vache laitière normalement nourrie, la reprise de la pulsatilité de LH coïncide avec le moment où la BE redevient positive (CANFIELD et BUTLER. 1990). En revanche, la sous nutrition retarde la reprise d'une libération pulsatile de l'hormone LH naturelle (ECHTERKAMP *et al.* 1982 ; PERRY *et al.* 1991 ; WRIGHT *et al.* 1992) ou induite par l'injection d'E_2 (ECHTERKAMP *et al.* 1982).

Comparant 2 groupes de vaches, McDOUGALL observe pour un stade du *postpartum* donné une concentration en E_2 du FD plus faible chez les vaches en anœstrus que chez celles normalement cyclées, sans que le rapport entre E_2 et testostérone en soit affecté, ce qui semble démontrer que la BEN affecterait davantage une réduction de la synthèse de la testostérone par la LH que l'aromatisation de cette hormone en E_2 (McDOUGALL. 1994). La reprise d'une libération pulsatile de l'hormone LH est une condition nécessaire mais non suffisante au développement folliculaire normal. Il est vraisemblable que le processus de libération de la GnRH soit également affecté, cette libération étant indispensable pour assurer une libération maximale de LH et donc l'ovulation. L'anœstrus du *postpartum* serait plus profond si une faible sécrétion de LH est associée à une faible sécrétion de FSH (TERQUI. 1985). Cette hormone est indispensable à la croissance des plus gros follicules et au maintien de l'activité de l'aromatase (GREENWALD et ROY. 1994). L'absence de follicules de diamètre supérieur à 5 mm chez les vaches sous nourries pourrait résulter d'une stimulation FSH insuffisante ou l'inhibition de cette stimulation au niveau ovarien (PERRY *et al.* 1991).

Aussi, plusieurs études ont démontré les rôles importants des hormones métaboliques tels que l'hormone de croissance (GH), l'insuline, l'IGF-I, et la leptine dans le contrôle du développement des follicules ovariens (Figure 2.10).

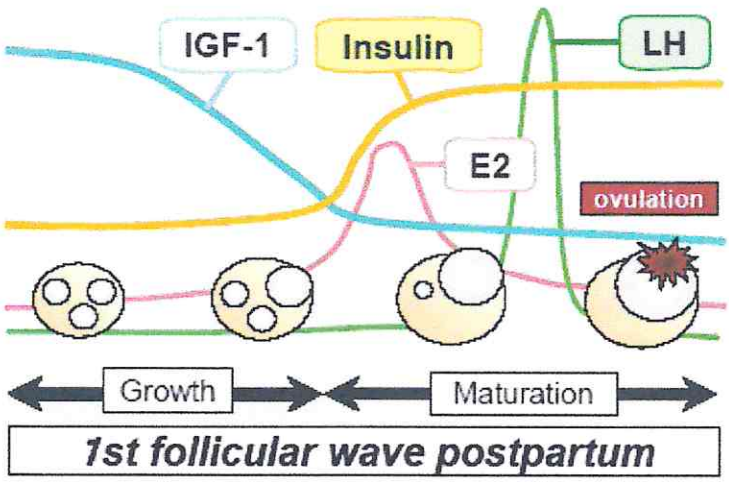


Figure 2.9. Représentation schématique de la croissance et de la maturation du FD de la 1ère vague folliculaire *postpartum*. Des niveaux élevés en IGF-I peuvent stimuler la fonction des cellules folliculaire telle que la stéroïdogénèse et la prolifération pour qu'un FD sain apparait, ensuite ces niveaux diminuent en raison de la BEN. Plus tard, E_2 est sécrété plus. En revanche, l'augmentation du niveau d'insuline ensemble avec le pic d'E_2 peuvent augmenter la maturation du FD. En conséquence, E_2 augmenté par IGF-I induit la décharge de LH et le FD atteint l'ovulation (KAWASHIMA *et al.* 2007).

b. Effets sur l'activité œstrale

En ce qui concerne l'influence de l'alimentation sur la reprise de l'activité œstrale au cours du *postpartum*, une étude menée par SPICER et collaborateurs publiée en 1990 rapporte que l'intervalle vêlage - 1ère ovulation *postpartum* n'était pas corrélé avec la BE moyenne durant les 12 semaines d'étude. Cependant, 60% des 1ères ovulations *postpartum* et 80% des 2èmes ovulations *postpartum* chez les vaches laitières en BEP contre seulement 16.7% des 1ères ovulations *postpartum* et 66.7% des 2èmes ovulations *postpartum* chez les vaches laitières en BEN ont été associées avec un comportement d'*œstrus* (Figure 2.9).

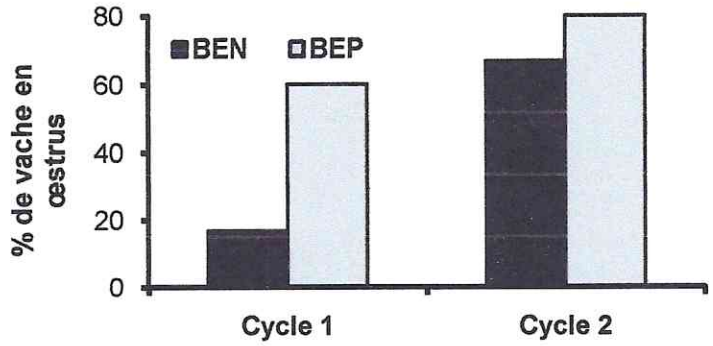


Figure 2.10. Pourcentage de vaches en BEN et en BEP manifestant un *œstrus* durant leur premier et second cycle *postpartum* (SPICER *et al.* 1990).

2.4.5.2. Les apports protéiques

Des régimes élevés en protéines brutes (JORDAN *et al.* 1983 ; HOWARD *et al.* 1987) ou en protéines dégradables (HOLTZ *et al.* 1986 ; CANFIELD *et al.* 1990) tendent à élever la concentration plasmatique d'urée, affectant ainsi les paramètres de reproduction des vaches laitières en lactation (CARROLL *et al.* 1988) (Tableau 2.15). Dans une étude menée par CANFIELD et collaborateurs sur des vaches Holsteins (32 primipares et 33 multipares), la 1ère ovulation *postpartum* tend à être plus précoce chez les vaches nourries avec une ration comportant 16% de protéines dégradables (24.8 ± 4.2 jours pour les primipares et 29.1 ± 1.8 jours pour les multipares) que pour celles nourries avec 19% de protéines dégradables (32.0 ± 2.9 jours pour les multipares et 29.7 ± 4.7 jours pour les primipares) (CANFIELD *et al.* 1990).

Tableau 2. 15. Les paramètres de reproduction des vaches laitières nourries avec des rations de 13 ou 20% de protéines brutes (CARROLL *et al.* 1988).

Paramètres de reproduction	Apport protéique	
	13% de protéines brutes	20% de protéines brutes
Date de la 1ère ovulation	17 ± 2 j	22 ± 2 j
Date du 1er *œstrus*	24 ± 3 j	27 ± 3 j
Date du 1er service	55 ± 2 j	59 ± 2 j
Jours ouverts	72 ± 5 j	82 ± 6 j
Taux de conception (1er service)	64%	56%
Taux de gestation	96%	93%

Dans une autre étude de BUTLER publiée en 1998, des régimes alimentaires riches en protéines (17 à 19%), distribués en début de lactation pour stimuler et supporter une production laitière élevée, sont associés à une baisse des performances de reproduction et ne

semble pas avoir un grand impact sur la reprise de la cyclicité *postpartum* chez les vaches laitières (BUTLER. 1998).

2.4.5.3. Les apports en vitamines et en minéraux

Des complémentations en vitamine A et en précurseurs ou en vitamine D entrainent une réduction de l'anœstrus *postpartum* (HURLEY et DOANE. 1989). Une déficience en vitamine A et en précurseurs peut entrainer une altération au niveau de la glande pituitaire et des ovaires, ainsi, la concentration de β-carotène dans le fluide folliculaire et dans le CJ est importante. Ce précurseur peut influencer aussi la production et l'utilisation de la P_4.

Des carences en phosphores, en cobalt, en manganèse, ou la consommation de fourrages à la fois riches en cuivre et pauvres en molybdène augmente la durée de l'anœstrus *postpartum* (HURLEY et DOANE. 1989).

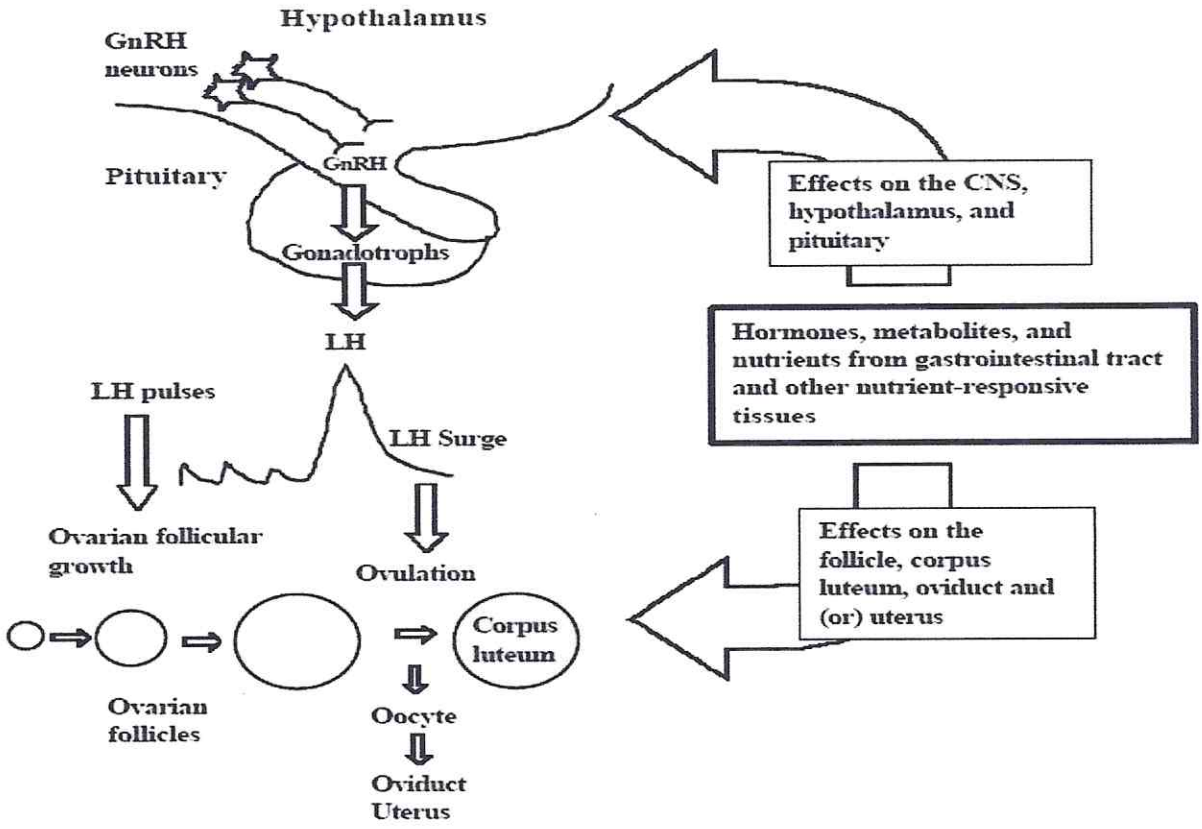


Figure 2.11. Modèle conceptuel du mécanisme à travers lequel la nutrition affecte la reproduction *postpartum* chez la vache (LUCY. 2003).

ETUDE EXPERIMENTALE

3.1. Introduction

La reprise de l'activité ovarienne après le vêlage joue un rôle important dans la fertilité subséquente des vaches laitières (DARWASH *et al.* 1997 ; SMITTH et WALLACE. 1998). En effet, une activité ovarienne régulière après une première ovulation *postpartum* précoce traduit la fin de l'anœstrus *postpartum*, et permet à l'éleveur d'avoir des repères avant la remise à la reproduction des animaux, vers 50 jours (LEDOUX *et al.* 2007). En revanche, l'absence de chaleurs ou des intervalles irréguliers entre les chaleurs compliquent pour l'éleveur, la décision de la mise à la reproduction des animaux, et l'objectif classique d'un veau par vache et par an dans ce cas ne peut être atteint. Cependant, une étude de MIALOT et collaborateurs (MIALOT *et al.* 1998) a révélé que parmi les animaux non observés en chaleur par l'éleveur, en fait 90% ont une activité ovarienne régulière. Par conséquent on ne peut donc affirmer qu'il ya absence de chaleurs que si, malgré une bonne observation, les chaleurs ne sont pas détectées. De ce fait, la précision du diagnostic de l'anœstrus *postpartum* dépend dans sa grande partie de la qualité de la surveillance du troupeau de la part l'éleveur (HANZEN *et al.* 2000).

La présente étude a pour objectif d'étudier la reprise de l'activité ovarienne et œstrale *postpartum* des vaches laitières de races Montbéliarde et Fleckvieh élevées au sein de 2 fermes au niveau de la wilaya de BOUIRA. Pour ceci, un examen des ovaires par palpation transrectale à 10 jours d'intervalle et une observation biquotidienne des manifestations comportementales d'*œstrus* a été réalisé depuis le vêlage jusqu'à 55 jours *postpartum*. Aussi, l'intervalle vêlage - première insémination artificielle (VIA1), et dont l'effet peut s'interpréter en termes de reprise de l'activité ovarienne, d'expression des chaleurs et de détection des chaleurs à été apprécié.

L'évaluation de la balance énergétique (BE) des vaches laitières en période du *postpartum* par le biais de la notation de l'état corporel (NEC) a été investiguée en second lieu.

3.2. Matériel et méthodes

3.2.1. Lieu et période de l'étude

La présente étude s'est déroulée au sein de 2 fermes en l'occurrence, la ferme des vaches Montbéliardes de Mr DAMOCHE Hamou (ferme A) et la ferme des vaches Fleckviehs de Mr BELAID Mohamed (ferme B). L'étude s'est étalée sur une période allant de mars à juillet de l'année 2009. Ces deux fermes sont situées dans la Daïra de M'CHEDALLAH, à environ 30 Km au sud-est du chef lieu de la wilaya de BOUIRA.

Ces fermes pratiquent un élevage de type intensif, et se caractérisent par l'affourragement des animaux à l'étable. Ce mode d'élevage facilite le mouvement, le contrôle et le bon suivi du cheptel. Les vaches sont logées dans des étables à stabulation entravée, à sol bétonné, ne possédant pas des airs d'exercices, ce qui rend la tache de la surveillance des chaleurs très difficile. Les veaux et les vêles sont séparés de leurs mères à environ une semaine après leur naissance dans des locaux qui leurs sont destinés.

3.2.2. Troupeaux

Vingt sept (27) vaches laitières multipares, âgées entre 4 et 6 ans de race Montbéliarde (15) et Fleckvieh (12), réparties sur 2 troupeaux ont fait l'objet d'un suivi régulier. Seule dix-huit (18) vaches ont vêlées pendant la période d'étude (entre le 31 mars et le 31 juillet 2009). Parmi ces 18 vaches 2 d'entre elles ont dû être écartées de l'étude car celles-ci ont présenté un problème de rétention placentaire, donc seules 16 vaches ont été retenues pour servir d'échantillons d'étude afin d'étudier la reprise de la cyclicité *postpartum*.

Les 2 fermes A et B ont fait l'objet de plusieurs visites. La première visite a eu lieu environ 20 jours avant la date de vêlage de chaque vache, et la dernière visite a eu lieu à 55 jours après le vêlage pour chacune des vaches.

3.2.3. Etude de la reprise de l'activité ovarienne postpartum

3.2.3.1. Intervalle vêlage - première insémination artificielle (IVIA1)

La remise à la reproduction des vaches après le vêlage ou l'IVIA1 reflète non seulement la reprise de l'activité ovarienne mais aussi celle de l'activité œstrale *postpartum* des vaches. De ce fait, une enquête basée sur les données de l'insémination artificielle (IA) a été effectué au sein des 2 fermes A et B, afin de préciser le délai de remise à la reproduction (IVIA1) des vaches après le vêlage durant l'année précédente à l'étude.

3.2.3.2. Examen transrectal

Un examen locorégional de l'appareil génital et une palpation transrectale des ovaires et de l'utérus ont été effectués au 15ème, 25ème, 35ème, 45ème et 55ème jour *postpartum* pour chacune des vaches afin de déterminer la nature des organites ovariens éventuellement présents et l'état de l'involution utérine (IU).

Seule la présence d'un corps jaune (CJ) sur un ovaire au cours du *postpartum* permet d'affirmer qu'une vache à ovulé (et à priori qu'elle a repris une activité ovarienne). La mise en évidence de follicules seuls ne permet pas de conclure à une ovulation proche car ceux-ci peuvent très bien subir l'atrésie. Le seul cas ou, sans CJ, on peut conclure à une ovulation proche en présence de follicule ovarien, c'est lorsque l'on repère un utérus tonique (singe de chaleurs associées) (MIALOT *et al.* 1998).

Tableau 3.1. Diagnostic différentiel entre le follicule et le corps jaune (selon ESCOUFLAIRE, PH. Le point vétérinaire N° 238. 2003).

Critère	Follicule	Corps jaune
Sillon	Non	Oui
Surface	Lisse	Granuleuse
Cicatrice	Non	Oui
Texture	Dépressible	Ferme

3.2.4. Surveillance des chaleurs

La surveillance des premières chaleurs survenant entre le vêlage et le 55ème jour *postpartum* a été dévolue à l'éleveur. Elle a été réalisée par observation visuelle du troupeau 2 fois par jour, 30 min à 10h00, puis 30 min à 20h00 (Ceci permet de détecter 75% des vaches

selon l'étude menée par VAN EERDENBURG et collaborateurs publiée en 1996).

Une vache est déclarée en chaleurs lorsqu'elle a atteint un score seuil de 50 points sur la grille de VAN EERDENBURG et collaborateurs, au cours des 2 observations successives (VAN EERDENBURG *et al.* 1996) (*Cf.* les évènements comportementaux caractéristiques de *l'œstrus* lors du cycle sexuel de la vache).

NB : Aucun traitement hormonal n'a été appliqué aux vaches au cours de la période d'attente.

3.2.5. Evaluation de balance énergétique postpartum via la notation de l'état corporel

La notation de l'état corporel est réalisée selon la méthode décrite par EDMONSON et collaborateurs en 1989 (EDMONSON *et al.* 1989). Celle-ci est basée sur l'inspection visuelle et la palpation manuelle des régions lombaire et caudale. Une note d'état corporel (NEC) ou Body Condition Scoring (BCS) comprise entre 1 et 5 est attribuée en fonction du degré de couverture adipeuse et musculaire des endroits anatomiques examinés, tout en utilisant des sous-unités de 0,25 (*Cf.* appendice C). Les BCS sont notés 20 jours en moyenne avant le vêlage (BCS T), 15 jours après le vêlage (BCS J15), 30 jours après le vêlage (BCS J30), et 50 jours après le vêlage (BCS J50).

La lipomobilisation pendant le *peripartum* est évaluée par le calcul de la perte de l'état corporel (NEC Perte) ou Body Condition Scoring Loss (BCS Loss) entre la période *prepartum* et *postpartum* : BCS Loss = BCS T – BCS J30.

3.3. Résultats

Les résultats de l'étude expérimentale sont détaillés dans l'appendice D

3.3.1. Evaluation de la balance énergétique postpartum via la notation de l'état corporel

Les résultats des valeurs de BCS *peripartum* moyen observé au niveau de chaque ferme (A et B), puis au niveau des 2 fermes regroupées en comparaison avec les le BCS *peripartum* moyen idéal sont montrées dans le tableau 4.2. Ce dernier montre qu'à l'exception du BCS T moyen, les valeurs de BCS *peripartum* moyen obtenu se situent dans les normes recommandées.

Tableau 3.2. Résultats des BCS *peripartum* observés en comparaison avec les valeurs admises.

	BCS moyen observé (Extrêmes)			BCS moyen idéal
	Ferme A	Ferme B	Ferme A et B	
BCS T	2,97 (2,75 – 3,50)	3,54 (3,25 – 3,75)	3,27 (2,75 – 3,75)	3,5 – 4
BCS J15	2,33 (1,75 – 3,00)	3,21 (3,00 – 3,50)	2,72 (1,75 – 3,50)	≥2,5
BCS J30	2,11 (1,50 – 3,00)	3,11 (3,00 – 3,50)	2,55 (1,50 – 3,50)	≥2,5
BCS J50	2,22 (1,75 – 2,75)	3,21 (3,00 – 3,50)	2,66 (1,75 – 3,50)	≥2,5
BCS Loss	0,86 (0,50 – 1,25)	0,43 (0,25 – 0,75)	0,67 (0,50 – 0,75)	<1

La figure 3.1 montre l'évolution de la note de l'état corporel moyenne observée au niveau des 2 fermes sous forme de courbes, depuis 20 jours avant le vêlage jusqu'à 50 jours après. Tandis que la figure 3.2 montre l'évolution de la note d'état corporel moyenne observée ainsi que les valeurs recommandées, au niveau des 2 fermes sous forme d'histogramme durant la même période.

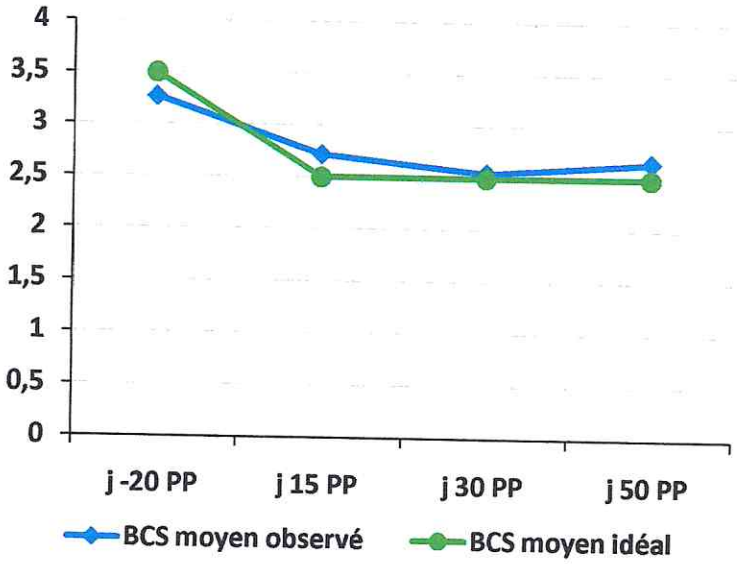


Figure 3.1. Evolution de la note d'état corporel moyenne en période de transition chez les vaches des 2 fermes.

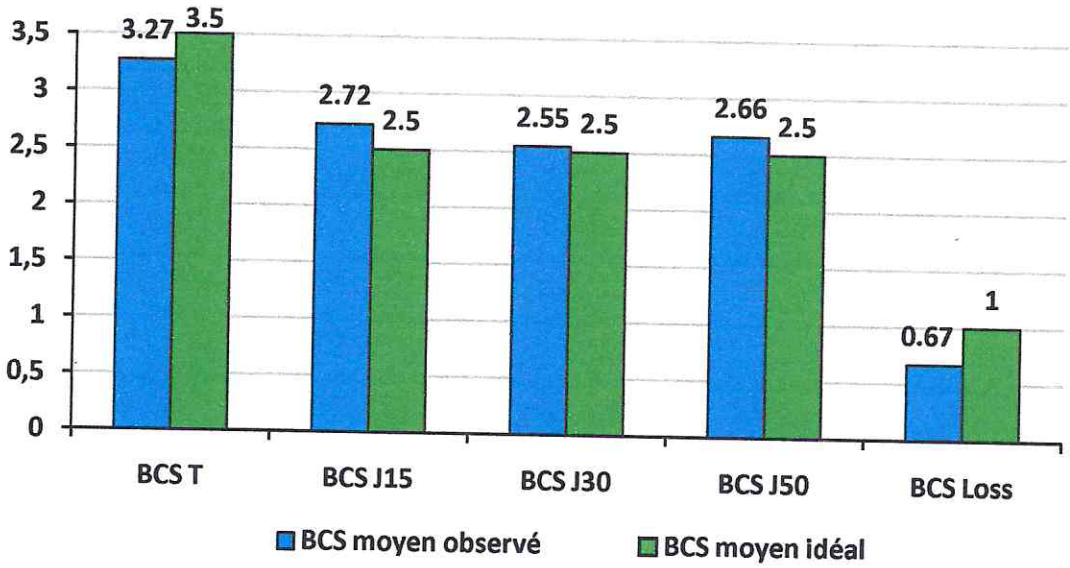


Figure 3.2. Evolution du BCS et du BCS Loss moyens observés en période de transition des vaches des 2 fermes.

3.3.2. Etude de la reprise de l'activité ovarienne postpartum

3.3.2.1. Intervalle vêlage - première insémination artificielle (IVIA1)

L'intervalle VIA1 moyen observé pendant l'année précédente à l'étude selon les données fournis par les bulletins de l'IA au niveau des 2 fermes étudiées sont présentés sur le tableau 4.3 et la figure 4.3.

NB : Les paramètres de reproduction ci-dessous incluent toutes les vaches y compris celles ayant présentées des problèmes au cours du *postpartum* (métrites, retard d'IU...).

Tableau 3.3. Résultats des IVIA1 moyens observés durant l'année précédente à l'étude.

Fermes	Fermes A (extrêmes)	Fermes B (extrêmes)	Fermes A et B (extrêmes)
IVIA1	74 j (32 j – 97 j)	86 j (38 j – 114 j)	80 j (32 j – 114 j)

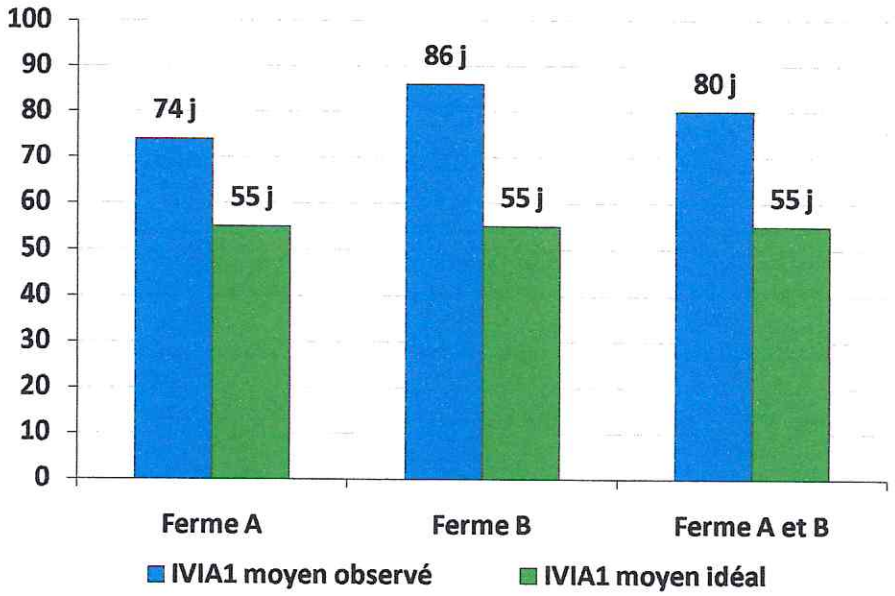


Figure 3.3 Intervalle VIA1 moyen observé durant l'année précédente à l'étude.

3.3.2.2. Suivi de la reprise de l'activité ovarienne postpartum

Le suivi de la reprise de l'activité ovarienne *postpartum* des vaches des 2 fermes a été établi en fonction des renseignements fournis par l'examen des ovaires via la palpation transrectale.

Les résultats de cet examen des ovaires par palpation transrectal au 15ème, 25ème, 35ème, 45ème, et au 55ème jour *postpartum* au niveau de la ferme A, B, puis au niveau des 2 fermes, en fonction de la présence réelle d'un CJ, de la présence d'un CJ mal défini, ou de l'absence de tout organite palpable sont montré sur le tableau 3.4 et la figure 3.4.

Lors de l'examen de l'appareil génital à j 35 *postpartum*, les 2 cornes utérines étaient regroupables dans le creux de la main pour la totalité des vaches. Ceci signifie que l'involution utérine était complète à j 35 *postpartum*.

Tableau 3.4. Résultats de l'examen des ovaires via la palpation transrectale au 15ème, 25ème, 35ème, 45ème, et 55ème jour *postpartum*.

	Présence d'un CJ réel			Présence d'un CJ mal défini			Absence de CJ palpable		
	Ferme A	Ferme B	Ferme A et B	Ferme A	Ferme B	Ferme A et B	Ferme A	Ferme B	Ferme A et B
15ème j	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%
25ème j	11.11%	0%	6.25%	0%	28.57%	12.5%	88.89%	71.43%	81.25%
35ème j	0%	14.29%	6.25%	33.33%	14.29%	25%	66.67%	71.43%	68.75%
45ème j	11.11%	14.29%	12.5%	11.11%	42.86%	25%	77.78%	42.86%	62.50%
55ème j	33.33%	14.29%	25%	0%	14.29%	6.25%	66.67%	71.43%	68.75%

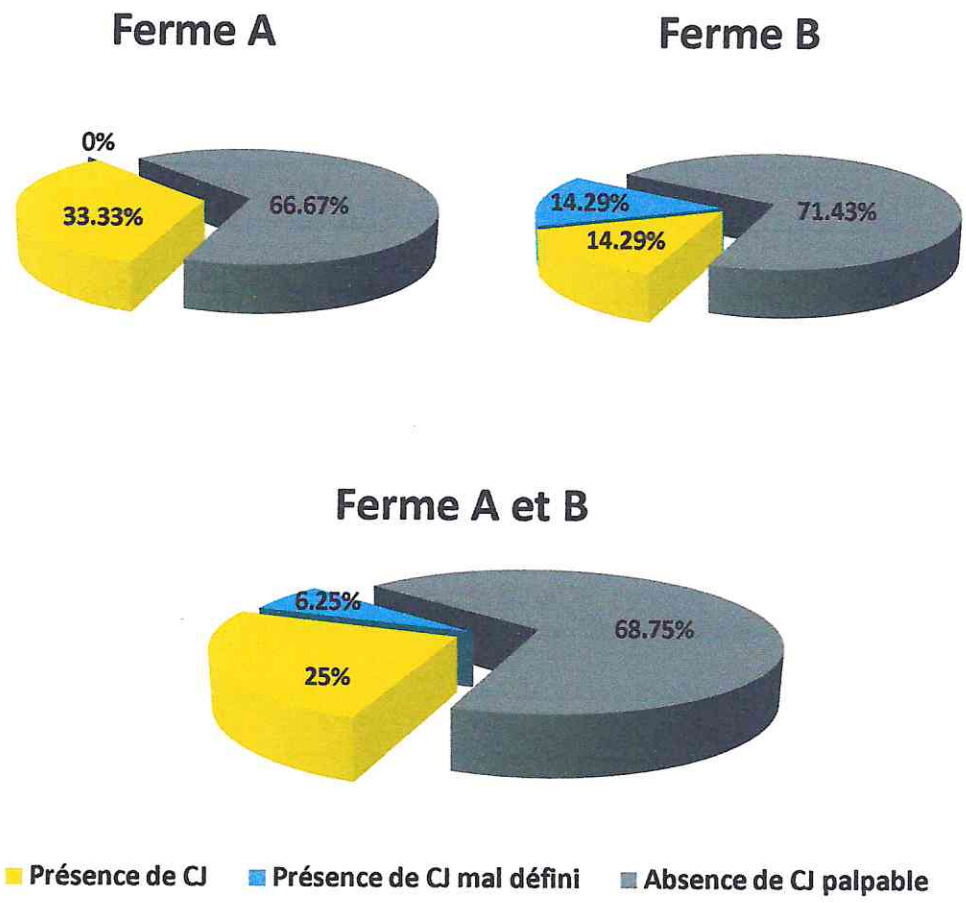


Figure 3.4. Pourcentage des vaches présentant un CJ réel, mal défini, ou absent selon l'examen des ovaires durant les premiers 55 jours *postpartum*.

Les vaches laitières qui n'ovulent pas dans les premiers 60 jours qui suivent le vêlage sont définies comme ayant un retard de reprise de l'activité ovarienne *postpartum* (HUMBLOT et THIBIER. 1980 ; STEVENSON et CALL. 1983 ; STAPLES *et al.* 1990 ; MOREIRA *et al.* 2001). De ce fait, selon le moment du rétablissement de la fonction ovarienne, les vaches ont été classées en 2 groupes : le premier groupe comprend les vaches qui avaient présenté au moins, un CJ palpable durant les 55 jours qui avaient suivi le vêlage (reprise d'activité ovarienne précoce (**RP**)), et le second groupe comprend les vaches qui n'avaient pas présenté un CJ palpable durant la même période (reprise tardive ou non reprise de l'activité ovarienne (**RTN**)).

Le groupe de RTN représente 55.56%, 57.14%, et 56.25% de l'ensemble des vaches étudiées, tandis que le groupe de RP représente 44.44%, 42.86%, et 43.75% respectivement au niveau de la ferme A, la ferme B, puis au niveau des 2 fermes A et B réunies (Figure 3.5).

NB : Les vaches qui avaient présenté n CJ mal défini sont groupées dans le groupe de RTN.

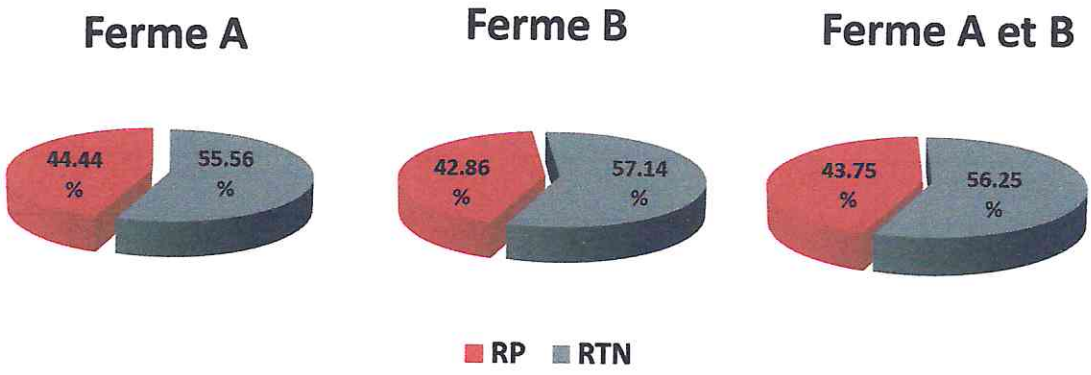


Figure 3.5. Pourcentage de RP et RTN durant les premiers 55 jours *postpartum*.

3.3.3. Etude de la reprise de l'activité œstrale postpartum

Les résultats de surveillance visuelle journalière des chaleurs durant les premiers 55 jours suivants le vêlage sont montrés sur le tableau 4.5 et la figure 4.6.

Toutes les vaches ayant exprimé un comportement d'*œstrus* à partir du 35ème jour *postpartum* ont été inséminées

Tableau 3.5. Résultats de l'observation des chaleurs durant les premiers 55 jours *postpartum*.

	% de vaches en œstrus	% de vaches en anœstrus	Date moyenne du 1er œstrus PP
Ferme A	33.33% (3/9 vaches)	66.66% (6/9 vaches)	32ème j
Ferme B	42.86% (3/7 vaches)	57.14% (4/7 vaches)	36ème j
Fermes A et B	37.5% (6/16 vaches)	62.5% (10/16 vaches)	35ème j

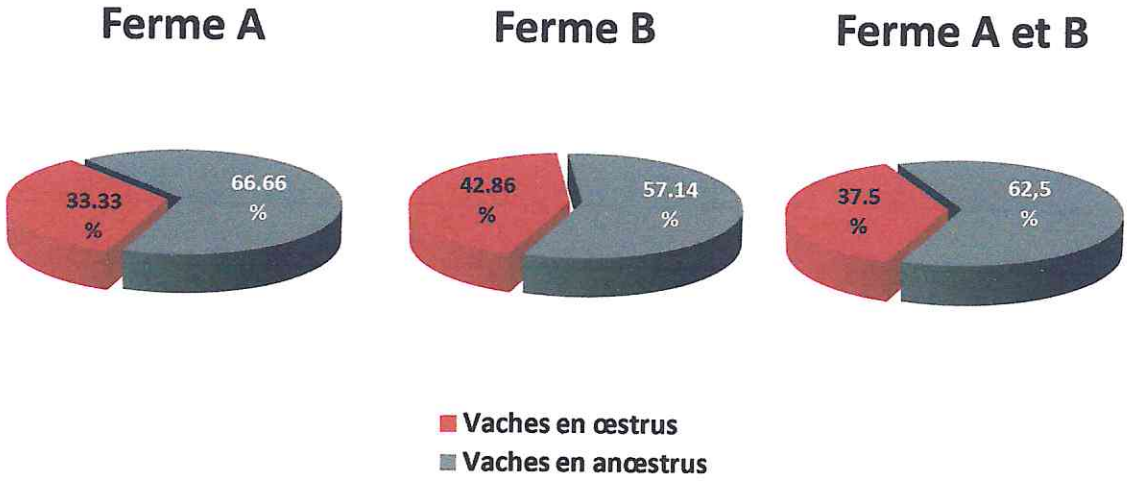


Figure 3.6. Pourcentage de vaches en *œstrus* et en anœstrus durant les premiers 55 jours *postpartum*.

Le pourcentage des différents signes d'*œstrus* exprimés par les vaches en chaleurs durant les premiers 55 jours qui avaient suivis le vêlage, détectés par l'éleveur lors d'une observation biquotidienne du troupeau sont montrés sur la figure 3.7.

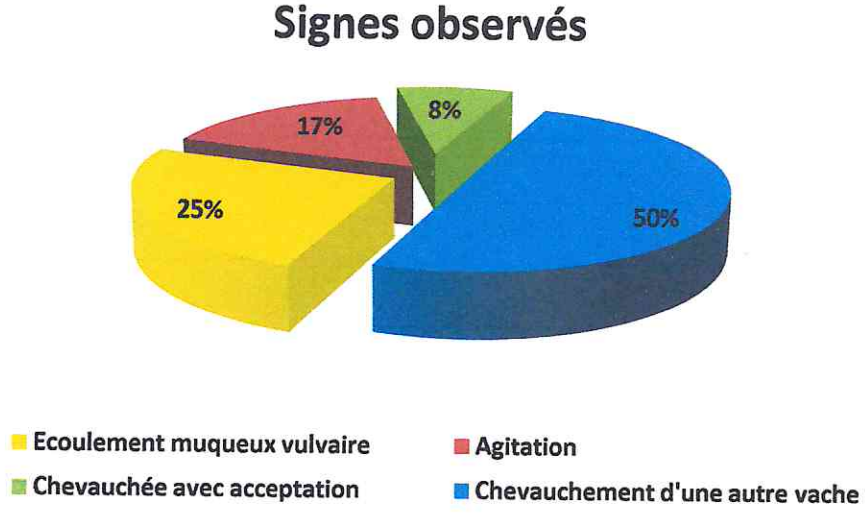


Figure 3.7. Pourcentage des différents signes de chaleurs observés dans les 2 fermes.

3.4. Discussion

L'évaluation de la BE des vaches laitières des 2 fermes en période du *postpartum* par le biais de la notation de l'état corporel a montré que le **BCS** moyen obtenu a continuellement diminué de 20 jours avant le vêlage (fin de la période de tarissement) à 50 jours *postpartum* avec une perte d'état corporel moyenne (**BCS Loss**) de 0.67 sur une échelle de 1 à 5. Les résultats montrent qu'à l'exception du **BCS T** moyen obtenu qui reste inferieur à la norme recommandée (3.27 *vs* 3.5), les valeurs de **BCS J15**, **BCS J30**, et **BCS J50** moyennes obtenues ainsi que celle du **BCS Loss** se situent dans les normes admises par HEINRICHS et O'CONNOR (HEINRICHS et O'CONNOR. 1991).

Le **BCS Loss** a atteint son maximum à j 30 *postpartum* et les vaches ont commencé à récupérer leurs réserves corporelles entre j 30 et j 50 *postpartum*. Ceci est en accord avec les données de FERGUSON (FERGUSON. 1996) qui avait signalé que la perte dans la note d'état corporel (BCS Loss) devrait atteindre son maximum entre la 4ème et la 6ème semaines *postpartum*, et que la récupération des réserves corporelles devrait débuter entre la 7ème et la 12ème semaine *postpartum*. Dans la présente étude, la récupération des réserves corporelles s'est faite de façon plus au moins modérée, avec un gain moyen de 0.11 unité d'état corporel à j 50 *postpartum*. Ces résultats sont inferieurs aux valeurs rapportées par FERGUSON (FERGUSON. 1996) qui signalait un gain moyen d'environ 0.20 unité en 6 semaines, et supérieurs a celles rapportées par HADEF dans une étude menée sur des vaches laitières de l'est algérien, et qui rapportait un gain moyen d'environ 0.05 unité (HADEF. 2007). En revanche, ces résultats concordent avec ceux de RUEGG et MILTON qui signalaient un gain moyen d'environ 0.13 unité toutes les 6 semaines (RUEGG et MILTON. 1995).

La comparaison entre les deux fermes A et B, montre que les vaches de la ferme A ont des **BCS T, BCS J15, BCS J30, BCS J50** inferieurs aux normes, tandis que ceux de la ferme B concordent avec les normes recommandées. Aussi le **BCS Loss** de la ferme A est deux fois

plus élevé que celui de la ferme B (0.86 *vs* 0.43). Cela traduit une lipomobilisation plus accrue chez les vaches Montbéliardes de la ferme A que chez les vaches Fleckviehs de la ferme B, ceci est probablement dû à la différence raciale entre les deux fermes, car les vaches Montbéliardes produisent plus de lait, donc présentent une balance énergétique plus négative et par conséquent une perte d'état corporel plus marqué par rapport aux vaches Fleckviehs.

L'intervalle VIA1 moyen obtenu et qui reflète à la fois la reprise de la cyclicité (activité ovarienne et œstrale), la qualité de la détection des chaleurs, et la décision de l'éleveur d'inséminer ou non était de 80 jours. Ce délai de remise à la reproduction est significativement supérieur à la norme de 55 - 60 jours admise pour la réalisation d'un vêlage annuel. Mais concorde avec les résultats de BARBAT et collaborateurs en 2005 (BARBAT *et al.* 2005) lors d'une enquête menée sur des vaches laitières Montbéliardes et Normandes françaises, où on signalait un IVIA1 moyen de 78 - 82 jours.

La comparaison entre les 2 fermes A et B révèle un IVIA1 moyen plus long chez les vaches de race Fleckvieh de la ferme B que les vaches de race Montbéliardes de la ferme A (86 j *vs* 74 j respectivement) (Tableau 4.3 ; Figure 4.3).

Les extrêmes dans l'IVIA1 étaient compris entre 32 jours et 114 jours, ce qui représente un intervalle très long (83 jours) entre la première et la dernière IA1 *postpartum*, ceci nous renseigne que l'éleveur n'a pas une durée d'attente volontaire après le vêlage durant laquelle même les vaches vues en chaleurs ne sont pas inséminées, mais les vaches sont inséminées dès qu'elles présentent des signes d'*œstrus*.

Le suivi de la reprise de l'activité ovarienne *postpartum* via l'examen des ovaires par palpation transrectale à un intervalle de 10 jours, à partir du 15ème jour *postpartum* a révélé l'absence de tout organite palpable chez la totalité des vaches laitière examinées à j 15 *postpartum*, ce qui signifie qu'aucune vache n'a ovulé à j 15 *postpartum*. Au 35ème j *postpartum*, l'examen des ovaires montrait la présence réelle d'un CJ chez 6.25% des vaches examinées, d'un CJ mal défini chez 25%, et l'absence de tout organite palpable chez 68.75%. Aussi à j 55 *postpartum*, on note la présence réelle d'un CJ dans 25% des cas, d'un CJ mal défini chez 6.25%, et une absence d'organites palpables chez 68.75% (Tableau 3.4). Le pourcentage de vaches avec un CJ palpable à j 35 et j 55 *postpartum* est bien inferieur à celui rapporté par FERGUSON, où 40% et 70% des vaches présentaient un CJ palpable par exploration transrectale à j 30 et j 50 *postpartum* respectivement (FERGUSON. 1991). Par contre, nos résultats sont supérieurs à ceux rapportés par HADEF en 2007, et qui signalait la présence d'un CJ palpable par examen transrectal chez 5.88% des vaches laitières à j 30 *postpartum*, et chez 20.59% des vaches à j 50 *postpartum* (HADEF. 2007). Cette différence pourrait être liée au fait que l'examen transrectal dans notre étude soit réalisée à un intervalle de 10 jours contre 20 jours dans l'étude de HADEF. Par conséquent un certain nombre d'animaux ont pu échapper à un éventuel diagnostic de présence de CJ (les vaches dont le cycle se trouve en phase folliculaire (Proœstrus, œstrus et metœstrus) lors de la 1ère visite ne présenteront pas un CJ lors de la 2ème visite qui aura lieu 20 j après). Aussi la mise en évidence d'un CJ fonctionnel par palpation rectale présente, une concordance globale de 75 % et une sensibilité de 65 % (CORI *et al.* 1990). Ainsi, le pourcentage observé devrait donc être revu à la hausse.

Le pourcentage du groupe RP obtenu était de 43.75%, ce qui est significativement inferieur à l'objectif recherché dans un élevage laitier, où 82% des vaches laitières devraient ovuler à 43 jours *postpartum* (FERGUSON. 1991), ce pourcentage est aussi inferieur à celui rapportait par HADEF en 2007 où le groupe RP représentait 57.6% de l'effectif total (HADEF. 2007).

Le pourcentage du groupe RTN était de 56.25%, ce qui est significativement supérieur à celui rapporté par HADEF en 2007 où le groupe de RTN représentait 42.4% de l'effectif (HADEF. 2007). Ce pourcentage est également supérieur au pourcentage rapportait par OPSOMER et collaborateurs lors d'une étude réalisée sur des vaches laitières belges (OPSOMER *et al.* 2000), au pourcentage rapportait par LUCY lors d'une étude réalisée sur les vaches laitières nord américaines (LUCY. 2001), et au pourcentage rapportait par ROYAL et collaborateurs lors d'une étude réalisée sur des vaches laitières en Grande Bretagne (ROYAL *et al.* 2000), où le groupe RTN représentait respectivement 22%, 38%, et 13% de l'effectif global (Tableau 3.6).

Tableau 3.6. Pourcentage de retard dans la reprise de l'activité ovarienne *postpartum* rapporté par la littérature.

Références	Retard de reprise l'activité ovarienne	Pourcentage
HUMBLOT et THIBIER. 1980	$P_4 \geq 1.5$ ng/ml 60 j	29%
MIESTERLING et DAILEY. 1987	$P_4 \geq 4$ ng/ml 65 j	21%
NAKAO *et al.* 1990	$P_4 < 1$ ng/ml 50 j	24%
STAPLES *et al.* 1990	$P_4 < 1$ ng/ml 63 j	28%
ETHERINGTON *et al.* 1991	$P_4 \geq 2$ ng/ml 50 j	33%
LAMMING et DARWASH. 1998	$P_4 > 3$ ng/ml 45 j	11%
OPSOMER *et al.* 2000	$P_4 < 15$ ng/ml 50 j	21%
MOREIRA *et al.* 2001	$P_4 \leq 1$ ng/ml 63 j	23%

Cette grande différence dans le pourcentage des groupes RP et RTN peut être inhérente à la méthode utilisée dans le suivi de la reprise de l'activité ovarienne. En effet, l'examen des ovaires par palpation transrectale utilisé dans la présente étude, est beaucoup moins sensible que l'étude de reprise le l'activité ovarienne par évaluation du taux de P_4 dans le sang ou dans le lait. Aussi, il est bien connu que la reprise de l'activité ovarienne est plus précoce chez les primipares que chez les multipares (TRIBBLE *et al.* 1973 ; STEVENSON et BRITT. 1979 ; DARWASH *et al.* 1997 ; SAKAGUCHI *et al.* 2004). Le pourcentage de groupe RP obtenu dans notre étude est donc revu à la hausse du fait que la reprise de la fonction ovarienne a été réalisée via examen des ovaires par palpation transrectale, et du fait aussi que notre étude ne comportait que des vaches multipares.

L'étude du rétablissement des manifestations comportementales d'*œstrus* durant les premiers 55 j *postpartum* via l'observation visuelle du troupeau a montré que seulement 37.5% des vaches (6/16 vaches) avaient manifestées des chaleurs durant cette période contre 62.5% des vaches qui étaient toujours en anœstrus (Tableau 4.5 ; Figure 4.6). Ce pourcentage dans la reprise de l'activité œstrale est bien supérieur à celui trouvé par HADEF en 2007, où seulement 8.82% des vaches avaient présentées des chaleurs cliniques jusqu'à j 50 *postpartum* (HADEF. 2007). En revanche, ce pourcentage reste bien inferieur à celui rapporté par MARION et GIER (MARION et GIER. 1968) qui signalaient qu'environ 51.2% des vaches

laitières avaient manifestées des chaleurs entre j 36 et j 56 *postpartum*, et inférieur aussi à l'objectif recherché dans un élevage laitier qui exige qu'environ 80% des vaches devraient être vue en chaleurs à 60 j *postpartum* (HUMBLOT et THIBIER. 1978). Cette différence (infériorité) peut être liée à une insuffisance de détection des chaleurs et/ou à un état de subœstrus (HANZEN et LAURENT. 1991).

La comparaison entre les deux fermes A et B montre une reprise d'activité œstrale légèrement inferieure chez les vaches laitières Montbéliardes de la ferme A que celles Fleckviehs de la ferme B (33.33 *vs* 42.86).

L'intervalle moyen vêlage - 1er *œstrus* ou la date moyenne de la survenue du 1er *œstrus postpartum* (seulement pour les vaches laitières vues en chaleurs durant les premiers 55 j qui avaient suivis le vêlage) était de 35 jours *postpartum*. Cette moyenne se situe dans les normes admises, car selon WEBB et collaborateurs, la fin de l'anœstrus *postpartum* des vaches laitières est atteinte entre le 30ème et 72ème jour *postpartum* (WEBB *et al.* 1980).

Les signes observés étaient : 50% pour le chevauchement d'une autre vache, 25% pour l'écoulement muqueux vulvaire, 17% pour l'agitation, et seulement 8% pour l'acceptation du chevauchement.

RECOMMANDATIONS

Elargir l'étude à d'autres régions et à d'autres races avec augmentation de l'effectif pour des résultats plus représentatifs.

Usage de l'échographie et des dosages de progestérone (P_4) pour un suivi plus précis de l'activité folliculaire et hormonale ovarienne.

Mener des enquêtes épidémiologiques (les paramètres de reproduction) en parallèle avec l'étude expérimentale afin de comparer les résultats finaux.

Surveillance continu du troupeau (via la surveillance vidéo à titre d'exemple) afin de détecter toutes les vaches en *œstrus* ainsi que les signes manifestés pour des résultats plus précis concernant la reprise de l'activité œstrale.

Tenir compte de tous les facteurs influençant la reprise de l'activité ovarienne *postpartum* pour des résultats plus représentatifs. A titre d'exemple, l'usage de vaches de différentes parités (nullipares, primipares, et multipares), l'introduction des vêlages d'été, d'automne, d'hiver, et de printemps, le calcul de la production laitières et ses paramètres, le calcul de la balance énergétique réelle par l'usage des différents paramètres métaboliques ainsi que la notation de l'état corporel.

V. Conclusion

Parmi les enseignements fournis par l'étude de la reprise de l'activité ovarienne via l'examen des ovaires par palpation transrectale, et celle de l'activité œstrale via l'observation visuelle des manifestations comportementales d'*œstrus* des vaches laitières Montbéliardes et Fleckviehs au cours de la période du *postpartum* au sein de 2 fermes du centre algérien (wilaya de Bouira), on conclue que :

L'intervalle VIA1 s'éloigne de l'objectif recherché dans un élevage laitier pour les deux races étudiées avec un IVIA plus long pour la race Fleckvieh que pour la race Montbéliardes. Aussi les extrêmes entre la première et la dernière IA1 au sein d'un même élevage, renseigne de l'absence d'une véritable politique de remise à la reproduction des vaches après le vêlage (délai d'attente volontaire par l'éleveur).

Le pourcentage des vaches qui avaient repris une activité ovarienne cyclique au moment habituel de la remise à la reproduction ($55^{ème}$ jour) est inferieur à l'objectif recherché dans un élevage laitier.

Le pourcentage des vaches qui avaient manifestées un comportement *d'œstrus* durant les premiers 55 jours *postpartum* (le moment de la remise à la reproduction) est inferieur aux différents pourcentages rapportés par les différents auteurs.

Seul un petit nombre de vaches qui étaient en chaleurs avaient manifestés le signe d'acceptation de chevauchement, d'où l'importance de la considération des signes *d'œstrus* autres que l'acceptation du chevauchement (signes secondaires) dans la détection des animaux en chaleurs.

A l'exception du BCS T qui reste inferieur à la norme recommandée, les valeurs de BCS J15, BCS J30, et BCS J50, ainsi que celle du BCS Loss se situent dans les normes admises.

APPENDICE A

LISTE DES SYMBOLES ET DES ABREVIATIONS

BCS : Body Condition Scoring

BE : Balance énergétique

BEN : Balance énergétique négative

BEP : Balance énergétique positive

BHB : β-hydroxybutyrate

CJ : Corps jaune

E_2 : Œstradiol

FD : Follicule dominant

FSH : Follicle Stimulating hormone

g : Gramme

GH : Growth hormone

GnRH : Gonadotropin Releasing hormone

h : Heure

IGF-1 : Insulin-like Growth Factor-1

IU : Involution utérine

j : Jour

Kg : Kilogramme

LH : Luteotropin Stimulating hormone

min : Minute

ml : millilitre

mm : Millimétre

MS : Matière sèche

NEC : Note d'état corporel

P_4 : Progestérone

pg : Picagramme

$PgF_2\alpha$: Prostaglandine $F_2\alpha$

PP : post-partum

PRL : Prolactin

PV : Poids vif

RIU : Retard de l'involution utérine

RP : Reprise précoce

RP : Rétention placentaire

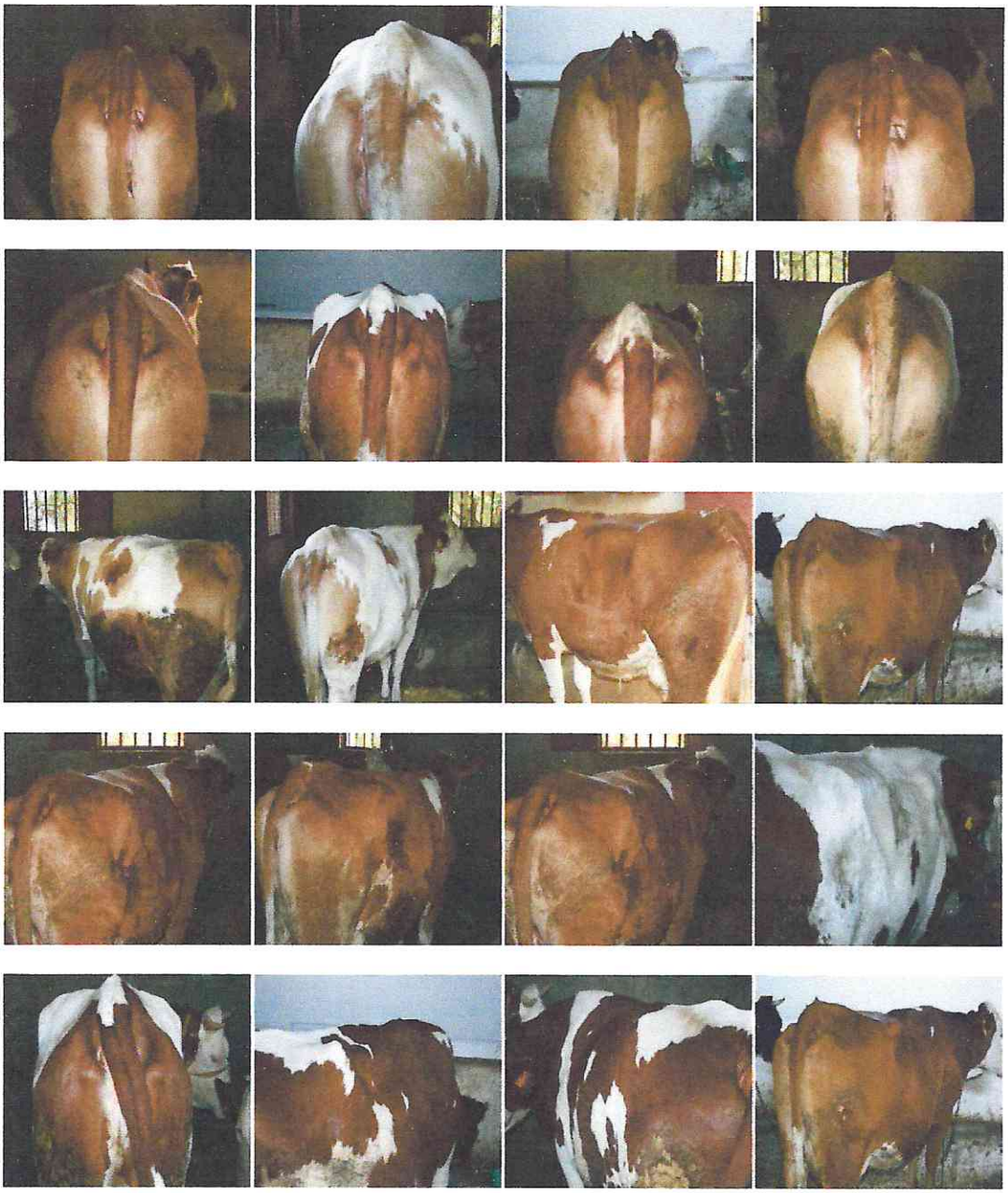
RTN : Reprise tardive ou non reprise

sec : Seconde

VL : Vache laitière

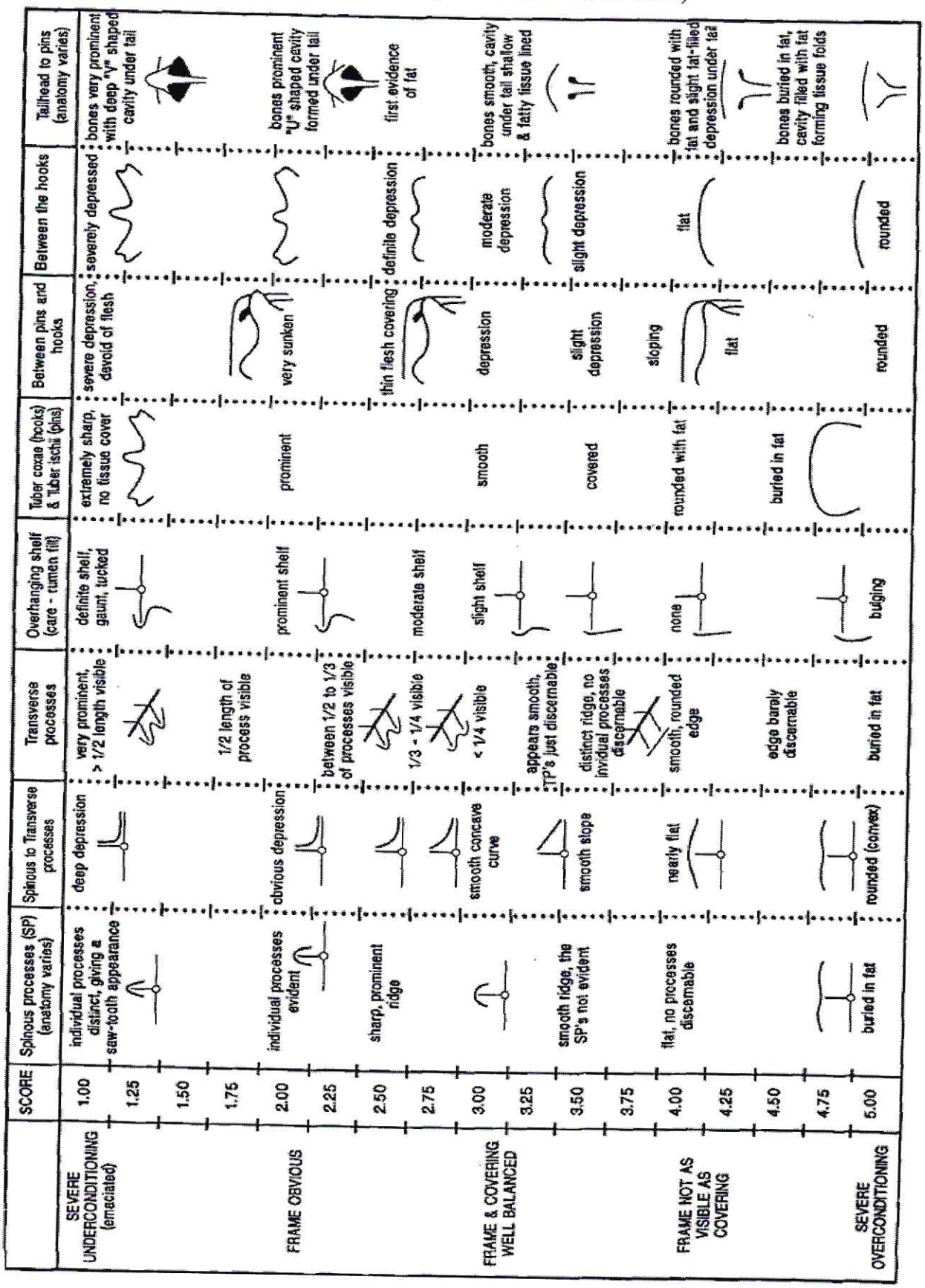
APPENDICE B

EXEMPLE DE QUELQUES PHOTOS PRISES POUR DETERMINER LES BCSs



APPENDICE C

DIAGRAMME DE NOTATION D'ETAT CORPOREL POUR LES VACHES PRIM'HOLSTEIN (EDMONSON *et al.* 1989).



APPENDICE D

RESULTATS DE L'ETUDE EXPERIMENTALE

VL				Note d'Etat Corporel					Palpation Transrectale					1er œstrus PP
	Ferme	Parité	Saison	BCS T	BCS J15	BCS J30	BCS J50	BCS Loss	CJ J15	CJ J25	CJ J35	CJ J45	CJ J55	(<55 j PP)
01	A	Multipare	Eté	2,75	2,00	2,00	2,25	0,75	-	-	-	-	-	RAS
02	A	Multipare	Eté	3,25	2,75	2,50	2,50	0,75	-	-	-	-	+	RAS
03	A	Multipare	Eté	2,75	1,75	1,75	1,75	1,00	-	-	-	-	-	RAS
04	A	Multipare	Eté	3,00	2,50	2,25	2,00	0,75	-	-	±	+	-	31ème j
05	A	Multipare	Eté	3,00	2,25	2,00	2,50	1,00	-	+	-	-	+	RAS
06	A	Multipare	Eté	2,75	2,50	2,00	2,25	0,75	-	-	-	-	-	RAS
07	A	Multipare	Eté	3,50	3,00	3,00	2,75	0,50	-	-	±	±	+	36ème j
08	A	Multipare	Eté	3,00	2,25	2,00	2,00	1,00	-	-	-	-	-	RAS
09	A	Multipare	Eté	2,75	2,00	1,50	2,00	1,25	-	-	±	-	-	30ème j
10	B	Multipare	Eté	3,75	3,50	3,50	3,50	0,25	-	-	-	-	-	RAS
11	B	Multipare	Eté	3,75	3,00	3,00	3,25	0,75	-	±	±	±	-	RAS
12	B	Multipare	Eté	3,50	3,25	3,00	3,50	0,50	-	-	-	-	-	RAS
13	B	Multipare	Eté	3,25	3,00	3,00	3,00	0,25	-	±	-	±	+	29ème j
14	B	Multipare	Eté	3,75	3,50	3,25	3,00	0,50	-	-	-	-	-	RAS
15	B	Multipare	Eté	3,25	3,25	3,00	3,00	0,25	-	-	-	+	-	38ème j
16	B	Multipare	Eté	3,50	3,00	3,00	3,25	0,50	-	-	+	±	±	44ème j

REFERENCES

- ADAMS, G. P., EVANS, A. C. O., RAWLINGS, N. C. Follicular waves and circulating gonadotrophins in 8-month-old prepubertal heifers. *J Reprod Fert*, 1994, 100, 27-33.
- ADAMS, G. P., MATTERI, R. L., GINTHER, O. J. Effect of progesterone on ovarian follicles, emergence of follicular waves and circulating follicle-stimulatin ghormone in heifers. *J Reprod Fert,* 1992, 95, 627-640.
- ALLRICH, R. D. Symposium : Estrus, New Device, and Monitoring. *J Dairy Sci*, 1994, 77, 2738-2744.
- ARIJE, G. R., WILTBANK, J. N., HOPWOOD, M. L. Hormone in levels in pre- and post-parturient beef cows. *J Anim Sci*, 1974, 39, 338-347.
- ARTHUR, G. H., NOAKES, D. E., PEARSON, H. Veterinary reproduction and obstetrics, 5ème édition. Baillière Tindall, England, 1982, 501 pages.
- AT-TARAS, E. E et SPAHR, S. L. Detection and Characterization of Estrus in Dairy Cattle with an Electronic Heatmount Detector and an Electronic Activity Tag. *J Dairy Sci*, 2001, 84, 792-798.
- BARBAT, A., DRUET, T., BONAITI, B., GUILLAUME, F., COLLEAU, J. J., BOICHARD, D. Bilan phénotypique de la fertilité à l'insémination artificielle dans les trois principales races laitières françaises. *Renc Rech Ruminants*, 2005, 12, 137-140.
- BAUMAN, D. E et CURRIE, W. B. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J Dairy Sci*, 1980, 63, 1514-1529.
- BEAM, S. W et BUTLER, W. R. Energy balance and ovarian follicle development prior to the first ovulation postpartum in dairy cows receiving three levels of dietary fat. *Biol Of Reprod*, 1997, 56, 133-142.
- BEAM, S. W et BUTLER, W. R. Energy balance, metabolic hormones, and early postpartum follicular development in dairy cows fed prilled lipid. *J Dairy Sci*, 1998, 81, 121-131.
- BEAM, S. W., BUTLER, W. R. Ovulatory follicle development during the first follicular wave postpartum in cows differing in energy balance. *J Anim Sci*, 1994, 72 (suppl.1), 77.
- BECKERS, J. F., WOUTERS-BALLMANN, P., ECTORS, F., DERIVAUX, J. Induction de l'œstrus chez les génisses en anœstrus fonctionnel. *Ann Méd Vét*, 1978, 122, 597-605.
- BENCHARIF, D., TAINTURIER, D., SLAMA, H., BRUYAS, J. F., BATTUT, I., FIENI, F. Prostaglandines et post-partum chez la vache. *Rev Méd Vét*, 2000, 151, 5, 401-408.
- BERTICS, S. J., GRUMMER, R. R., CADORNIGA-VALINO, C., LACOUNT, D. W., STODDARD, E. E. Effect of prepartum dry matter intake and liver triglyceride concentration and early postpartum lactation. *J Dairy Sci*, 1992, 75, 1914.
- BERTRAND, M et CHATRE, J. L. Physiopathologie lutéale chez la vache. *Rev Méd Vét*, 1976, 127, 541-574.
- BONNETT, B. N., MARTIN, S. W., MEEK, A. H. Associations of clinical findings, bacteriological and histological results of endometrial biopsy with reproductive performance of postpartum dairy cows. *Prev Vet Med*, 1993, 15, 205-220.

- BRITT, J. H., SCOTT, R. G., ARMSTRONG, J. D., WHITACRE, M. D. Determinants of Estrous Behavior in Lactating Holstein Cows. *J Dairy Sci*, 1986, 69, 2195-2202.
- BRUYAS, J. F. Cycle œstral et détection des chaleurs. *Dép. vét*, 1991, 19, 9-14.
- BULMAN, D. C et WOOD, P. D. Abnormal patterns of ovarian activity in dairy cows and their relationships with reproductive performance. *Anim. Prod*, 1980, 30, 177.
- BUTLER, W. R et SMITHR, D. Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *J Dairy Sci*, 1989, 72, 767-783.
- BUTLER, W. R. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim Reprod Sci*, 2000, 60-61, 449-457.
- BUTLER, W. R. Review: Effect of Protein Nutrition on Ovarian and Uterine Physiology in Dairy Cattle. *J Dairy Sci*, 1998, 81, 2533–2539.
- CALLAHAN, C. J., ERB, R. E., SURVE, A. H., RANDEL, R. D. Variables influencing ovarian cycles in postpartum dairy cows. *J Anim Sci*, 1971, 33, 1053.
- CANFIELD, R. W et BUTLER, W. R. Energy balance and pulsatile luteinizing hormone secretion in early postpartum dairy cows. *Domes Anim Endocrinol*, 1990, 7, 323-330.
- CARROLL, D. J., BATON, B. A., ANDERSON, G. W., SMITH, R. D. Influence of protein intake and feeding strategy on repmductive performance of dairy cows. *J Dairy Sci*, 1988, 713-470.
- CARRUTHERS, T. D., CONVEY, E. M., KESNER, J. S., HAFS, H. D., CHENG, K. W. The hypothalamo-pituitary gonadotrophic axis of suckled and non-suckled dairy cows postpartum. *J Anim Sci*, 1980, 51, 949-957.
- CARTMILL, J. A., EL-ZARKOUNY, S. Z., HENSLEY, B. A., LAMB, G. C., STEVENSON, J. S. Stage of cycle, incidence, and timing of ovulation, and pregnancy rates in dairy cattle after three timed breeding protocols. *J Dairy Sci*, 2001, 84, 1051-1059.
- CHASTANT-MAILLARD, S et AGUER, D. Pharmacologie de l'utérus infecté : Facteurs de choix d'une thérapeutique. NOUVEAU PERIPARTUM. *Société Française de Buiatrie*, Paris, 1998, 167-187.
- CHASTANT-MAILLARD, S et MIALOT, J-P. Le protocole GnRH-PGF2alpha-GnRH est-il universel?. *Le Point Vétérinaire*, 2002, 230, 9.
- CHASTANT-MAILLARD, S., FOURNIER, R., REMMY, D. Les vagues folliculaires : Actualités sur le cycle de la vache. *Le Point Vétérinaire*, 2005, 36 (N° Spécial), 10-15.
- CHUPIN, D., DELETANG, F., PETIT, M., PELOT, J., Le PROVOST, F., ORTAVANT, R., PAREZ, M., MAULÉON, P. Use of progestagens in subcutaneous implants for the control of sexual cycles in the cow. *Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys*, 1974, 14, 27-39.
- CHUPIN, D., PELOT, J., PETIT, M. Induction et synchronisation de l'ovulation chez les femelles de race à viande. In : Physiologie et pathologie de la reproduction, *Journées ITEB-UNCEIA*, 1977, 45-49.
- CORI, G., GRIMARD, B., MIALOT, J-P. Facteurs d'allongement de l'intervalle vêlage-vêlage chez des vaches charolaises primipares. *Rev Méd Vét*, 1990, 166, 1147-1152.
- CROWE, M. A., PADMANABHAN, V., MIHM, M., BEITINS, I. Z., ROCHE, J. F. Resumption of follicular waves in beef cows is not associated with periparturient changes in

follicle-stimulating hormone heterogeneity despite major changes in steroid and luteinizing hormone concentrations. *Biol Of Reprod*, 1998, 58, 1445-1450.

- CROWE, M.A., PADMANABHAN, V., MIHM, M., BEITINS, I. Z., ROCHE, J. F. Resumption of follicular waves in beef cows is not associated with periparturient changes in follicle-stimulating hormone heterogeneity despite major changes in steroid and luteinizing hormone concentrations. *Biol Of Reprod*, 1998, 58, 1445-1450.
- DARWASH, A. O., LAMMING, G. E., WOOLLIAMS J. A. Estimation of Genetic Variation in the Interval from Calving to Postpartum Ovulation of Dairy Cows. *J Dairy Sci*, 1997, 80, 1227–1234.
- DE LA SOTA, R. L., LUCY, M. C., STAPLES, C. R., THATCHER, W. W. Effect of recombinant bovine somatotropin (sometribove) on ovarian function in lactating and non lactating dairy cows. *J Dairy Sci*, 1993, 76, 1002-1013.
- DELETANG, F. Objectif et réussite de la synchronisation des chaleurs chez la vache laitière et allaitante. In: Synchronisation de l'oestrus chez les femelles domestiques. *C1-C3. Ass. Etude Reprod. Anim*, 1983, Lyon.
- DERIVAUX, J., BECKERS, J-F., ECTORS, F. L'anœstrus du post-partum. *VLAAMS DIERGENEESKUNDIG TIJDSCHRIFT*, 1984, 53, 3, 215-229.
- DISENHAUS, C., GRIMARD, B., TROU, G., DELABY, L. De la vache au système : s'adapter aux différents objectifs de reproduction en élevage laitier? *Renc Rech Ruminants*, 2005, 12, 125-135.
- DISENHAUS, C., KERBAT, S., PHILIPOT, J. M. La production laitière des 3 premières semaines est négativement associée avec la normalité de la cyclicité chez la vache laitière. *Renc Rech Ruminants*, 2002, 9, 147-150.
- DISENHAUS, C., KERBRAT, S., PHILIPOT, J. M. Entre fureur et pudeur: actualités sur l'expression de l'œstrus chez la vache laitière. *Journées Bovines Nantaises*, Nantes, 9 octobre 2003, 94-101.
- DISKIN, M. G et SREENAN, J. M. Expression and detection of oestrus in cattle. *Reprod. Nutr Dev*, 2000, 40, 481-491.
- DRANSFIELD, M. B. G., NEBEL, R. L., PEARSON, R. E., WARNICK, L. D.Timing of insemination for Dairy Cows identified in Estrus by a Radiotelemetric Estrus Detection System. *J Dairy Sci*, 1998, 81, 1874-1882.
- DRIANCOURT, M. A. Regulation of ovarian follicular dynamics in farm animals. Implications for manipulation of reproduction. *Theriogenology*, 2001, 55, 1211-1239.
- DRIANCOURT, M. A., GOUGEON, A., ROYERE, D. La function ovarienne : Dans : THIBAULT, C et LEVASSEUR, M. C. *La reproduction chez les mammifères et l'homme*. Ellipses INRA. 1991, 273-298.
- DRION, P. V., BECKERS, J-F., DERIVAUX, J., ECTORS, F. J. Physiologie de la reproduction, Tome 2, 2002, Chapitre VIII, 8-12.
- DUFOUR, J. J et ROY, G. L. Distribution of ovarian follicular populations in the dairy cow within 35 days after parturition. *J Reprod Fertil*, 1985, 73, 229-235.
- ECHTERNKAMP, S. E et HANSEL, W. Concurrent changes in bovine plasma hormone levels prior to and during the first postpartum estrous cycle. *J Anim Sci*, 1973, 37, 1362-1370.

- EDMONSON, A. J., LEAN, I. J., WEAVER, L. D., FARVER, T., WEBSTER, G. A Body Condition Scoring Chart for Holstein Dairy Cows. *J Dairy Sci*, 1989, 72, 68-78.
- ENJALBERT, F. Alimentation et reproduction chez la vache laitière. *Journées GTV*, 1998.
- ENNUYER, M. Les vagues folliculaires chez la vache. Applications pratiques à la maîtrise de la reproduction. *Le Point Vétérinaire*, 2000, 31, 209, 377-383.
- ESCOUFLAIRE, P. Détection des corps jaunes par palpation des ovaries. *Le Point Vétérinaire*, 2003, 238, 36-38.
- ETHERINGTON, W. G., CHRISTIE, K. A., WALTON, J. S., LESLIE, K. E., WICKSTROM, S., JOHNSON, W. H. Progesterone profiles in postpartum Holstein dairy cows as an aid in the study of retained fetal membranes, pyometra and anestrus. *Theriogenology*, 1991, 35, 731-746 (Abstract).
- EVANS, A. C. O., ADAMS, G. P., RAWLINGS, N. C. Endocrine and ovarian follicular changes leading up to the first ovulation in prepubertal heifers. *J Reprod Fert*, 1994, 100, 187-194.
- FERGUSON, J. D et GALLIGAN, D. T. Prostaglandin synchronization programs in dairy herds (part I). *Compend Contin Educ Pract Vet*, 1993, 15, 646-655.
- FERGUSON, J. D. Diet, production and reproduction in dairy cows. *Anim Feed Sci Technol*, 1996, 59, 173-184.
- FERGUSON, J. D. Implementation of a Body Condition Scoring Program in Dairy Herds. Center for Animal Health and Productivity; University of Pennsylvania Penn Conference, 1996.
- FERGUSON, J. D. Nutrition and Reproduction in Dairy Cows. Veterinay Clinics of North America: *Food Animal Practice*, 1991, Vol. 7, n°2, 438-507.
- FONSECA, F. A., BRITT, J. H., McDANIEL, B. T., WILK, J. C., RAKES, A. H. Reproductive Traits of Holsteins and Jerseys. Effects of Age, Milk Yield, and Clinical Abnormalities on Involution of Cervix and Uterus, Ovulation, Estrous Cycles, Detection of Estrus, Conception Rate, and Days Open. *J Dairy Sci*, 1983, 66, 1128-1147.
- FONTAUBERT, Y., COCHAUD, J., TERQUI, M. Synchronisation des chaleurs chez la vache laitière. *INRA Prod Anim*, 1989, 2, 5, 317-323.
- FORTUNE, J. E. Follicular Dynamics During the Bovine Estrous Cycle - A Limiting Factor in Improvement of Fertility. *Anim Reprod Sci*, 1993, 33, 111-125.
- FORTUNE, J. E., SIROIS, J., QUIRK, S. M. The growth and differentiation of ovarian follicles during the bovine estrous cycle. *Theriogenology*, 1988, 29, 95-109 (Abstract).
- GAUTHIER, D., COULAUD, G., VARO, H., THIMONIER, J. Durée de l'anoestrus post-partum et fertilité de la vache Créole en climat tropical: influence de la saison de mise bas etde la variation du poids vif. *Ann. Zootech*, 1984, 33, 235-244.
- GINTHER, O. J., KNOPF, L., KASTELIC, J. P. Temporal associations among ovarian events in cattle during oestrous cycles with two and three follicular waves. *J Reprod Fert,* 1989, 87, 223-230.
- GINTHER, O. J., WILTBANK, M. C., FRICKE, P. M., GIBBONS, J. R., KOT, K. Selection of the Dominant Follicle in Cattle. *Biol Of Reprod*, 1996, 55, 1187-1194.

- GONG, J. G., BRAMLEY, T. A., WEBB, R. The effect of recombinant bovine somatotrophin on ovarian follicular growth and development in heifers. *J Repord Fert*, 1993, 97, 247-254.
- GONG, J. G., LEE, W. J., GARNSWORTHY, P. C., WEBB, R. Effect of dietary-induced increases in circulating insulin concentrations during the early postpartum period, days open, and days to first breeding in new on reproductive function in dairy cows. *Reprod*, 2002, 123, 419-427.
- GRAY, H. G et VARNER, M. A. Signs of estrus and improving detection of estrus in cattle. *Dairy Integr Reprod Manag*, 1993, 6, 1-4.
- GREENWALD, G. S et ROY, S. K. Follicular development and its control. In The Physiology of Reproduction 2nd Edition. Eds KNOBIL, E et NEILL, J. D. Raven Press, New York. 1994, 629-724.
- GRIMARD, B., HUMBLOT, P., PONTER, A. A., CHASTANT, S., CONSTANT, F., MIALOT, J-P. Efficacité des traitements de synchronisation des chaleurs chez les bovins. *INRA Prod Anim*, 2003, 16, 3, 211-227.
- GUILBAULT, L. A., GRASSO, F., LUSSIER, J. G., ROUILLER, P., MATTON, P. Decreased superovulatory response in heifers superovulated in the presence of a dominant follicle. *J Reprod Fert*, 1991, 91, 81-89.
- HADEF, A. Etude de la relation entre les indicateurs du statut énergétique et la reprise de l'activité ovarienne post-partum chez la vache laitière dans l'est algérien. Mémoire de magister, Blida 2007, 222 pages.
- HANSEL, W et McENTEE, K. Female reproductive processes. In Duke's Physiology of Domestic Animals, 9th edition, Ed. M. J. Swenson. Cornell University Press, Ithaca, 1977, pages.772-800.
- HANZEN, C et LAURENT, Y. Application de l'échographie bidimensionnelle au diagnostic de gestation et à l'évaluation de l'incidence de la mortalité embryonnaire dans l'espèce bovine. *Ann Méd vét*, 1991, 135, 481-487.
- HANZEN, CH., BOUDRY, B., DRION, P. V. Induction et synchronization de l'œstrus par la PgF2α. *Le Point Vétérinaire*, 2003, 236, 22-23.
- HANZEN, CH., PIETERSE, M., SCENCZI, O., DROST, M. Relative accuracy of the identification of ovarian structures in the cow by ultrasonography and palpation per rectum. *Vet J*, 2000, 159, 161-170.
- HARRISON, R. O., FORD, S. P., YOUNG, J. W., CONLEY, A. J., FREEMAN, A. E. Increased Milk Production Versus Reproductive and Energy Status of High Producing Dairy Cows. *J Dairy Sci*, 1990, 73, 274-2758.
- HEERCHE, J. R et NEBEL, R. L. Measuring efficiency and accuracy of detection of estrus. *J Dairy Sci*, 1994, 77, 2754-2761.
- HEINRICHS, A. J et O'CONNOR, M. L. Charting body condition identifies problems in dairy cows. *Feedstuffs*. 1991, April 15, 15-16.
- HERES, L., DIELEMAN, S. J., VAN EERDENBURG, F. J. C. M. Validation of a new method of visual oestrus detection on the farm. *Vet Q*, 2000, 22, 50-55.

- HOLTZ, C. R., SMITH, R. D., SNIFFEN, C. J., CHALUPA, W. Reproductive and metabolic responses of dairy cattle to the level and depdability of dietary protein. *J Dairy Sci*, 1986, 69, 243 (Abstract).
- HOMMEIDA, A., NAKAO, T., KUBOTA, H. Onset and duration of luteal activity postpartum and their effect on first insemination conception rate in lactating dairy cows. *J Vet Med Sci*, 2005, 67, 1031-135.
- HORAN, B., MEE, J. F., O'CONNOR, P., RATH, M., DILLON, P. The effect of strain of Holstein-Friesian cow and feeding system on postpartum ovarian function, animal production and conception rate to first service *Theriogenology*, 2005, 63, 950-971 (Abstract).
- HOWARD, H. J., AALSCTH, E. P., ADAMS, G. D., BUSH, L. J. Influence of dietary protein on reproductive performance of dairy cows. *J Dairy Sci*, 1987, 70, 1563.
- HUMBLOT, P et GRIMARD, B. Endocrinologie du postpartum et facteurs influençant le rétablissement de l'activité ovarienne chez la vache. *Le Point Vétérinaire*, 1996, 28, numéro spécial, 7381.
- HUMBLOT, P et THIBIER, M. L'anœstrus postpartum chez la vache laitière, diagnostic et thérapeutique. *Bull. De la Soc. Vet. Prat. De France*, 1978, 62, 5, 335-352.
- HUMBLOT, P. Les dosages hormonaux dans le diagnostic et la thérapeutique de l'infécondité individuelle chez la vache. Thèse de doctorat vétérinaire. Maisons Alfort 1978, 93 pages.
- HUMBOLOT, P et THIBIER, M. Progesterone monitoring of anestrous dairy cows and subsequent treatment with prostaglandin F2α analog or gonadotropin-releasing hormone. *Am. J. Vet. Res*, 1980, 41, 1762-1766.
- HURLEY, W. L et DOANE, R. M. Recent developments in the roles of vitamins and minerals in reproduction. *J Dairy Sci*, 1989, 72, 784-804.
- HURNIK, J. F., KING, G. J., ROBERTSON, H. A. Estrous and related behavior in postpartum Holstein cows. *Appl Anim Ethol*, 1975, 2, 55-68.
- HUSZENICZA, G. Y., JANOSI, S. Z., KULCSAR, M., KORODI, P., REICZIGEL. Effects of clinical mastitis on ovarian function in post-partum dairy cows. *Reprod Dom Anim*, 2005, 40, 199-204.
- IRELAND, J. J et ROCHE, J. F. Development of antral follicles in cattle after prostaglandin-induced luteolysis : changes in serum hormone, steroids in follicular fluid and gonadotrophin receptors. *Endocrinology*, 1982, 111, 2077.
- IRELAND, J. J., MIHM, M., AUSTIN, E., DISKIN, M. G., ROCHE, J. F. Historical Perspective of Turnover of Dominant Follicles During the Bovine Estrous Cycle: Key Concepts, Studies, Advancements, and Terms. *J. Dairy. Sci*, 2000, 83, 1648–1658.
- JOLLY, P. D., McDOUGALL, S., FITZPATRICK, L. A., MACMILLAN, K. L., ENTWISTLE, K. W. Physiological effects of undernutrition on postpartum anoestrus in cows. *J Reprod Fert*, 1995, 49, 477-492.
- JORDAN, E. R., CHAPMAN, T. E., HOLTAN, D. W., SWANSON, L. V. Relationship of dietary crude protein to composition of uterine secretions and blood in high-producing dairy cows. *J Dairy Sci*, 1983, 66, 1854-1862.
- KADOKAWA, H et YAMADA, Y. Relationship between Days to Postpartum First Ovulation and Days to Reaching Steady Range of Metabolite Concentrations in Dairy Cows. *J Reprod Dev*, 1999, 45, 331-336.

- KASTELIC, J. P. Computerized Heat Detection. Advances in Dairy Technology. *Theriogenology*, 2001, 13, 393-402 (Abstract).
- KAWASHIMA, C., FUKIHARA, S., MAEDA, M., KANEKO, E., AMAYA MONTOYA, C., MATSUI, M., SHMIZU, T., MATSUNAGA, N., KIDA, K., MIYAKE, Y-I., SCHAMS, D., MIYAMOTO, A. Relationship between metabolic hormones and ovulation of dominant follicle during the first follicular wave post-partum in high-producing dairy cows. *Reproduction*, 2007, 133, 155–163.
- KAWASHIMA, C., KANEKO, E., AMAYA MONTOYA, C., MATSUI, M., YAMAGISHI, N., MATSUNAGA, N., ISHII, M., KIDA, K., MIYAKE, Y-I., MIYAMOTO, A. Relationship between the First Ovulation within Three Weeks Postpartum and Subsequent Ovarian Cycles and Fertility in High Producing Dairy Cows. *J Reprod Dev*, 2006, 52, 479-486.
- KERBRAT, S et DISENHAUS, C. A proposition for an updated behavioural characterisation of the oestrus period in dairy cows. Appl. *Anim Behav Sci*, 2004, 87, 223-238.
- KERBRAT, S et DISENHAUS, C. Profils d'activité lutéale et performances de reproduction du vêlage à la première insémination. *Renc Rech Ruminants*, 2000, 7, 227-230.
- KESLER, D. J., TYSON, T. S., SUMMERS, R. N., STECKLER, T. L., NASH, T. G. Effects of PGF2a treatment before norgestomet and oestradiol valerate treatment on regression, formation, and function of corpora lutea in beef heifers. *Anim Reprod Sci*, 1997, 47, 281-289.
- KESNER, J. S et CONVEY, E. M. Interaction of Estradiol and Luteinizing Hormone Releasing Hormone on Follicle Stimulating Hormone Release in Cattle. *J Anim Sci*, 1982, 54, 817-821.
- KING, G. J., HURNIK, J. F., ROBERTSON, H. A. Ovarian function and estrus in dairy cows during early lactation. *J Anim Sci*, 1976, 42, 688-692.
- KO, J. C. H., KASTELIC, J. P., DEL CAMPO, M. R., GINTHER, O. J. Effects of a dominant follicle on ovarian follicular dynamics during the oestrous cycle in heifers. *J Reprod Fert*, 1991, 91, 511-519.
- LACERTE, G. La détection des chaleurs et le moment de l'insémination - Symposium sur les bovins laitiers. *Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec*, Octobre 2003, 13.
- LAMMING, G. E et BULMAN, D. C. The use of milk progesterone radioimmunoassay in the diagnosis and treatment of subfertility in dairy cows. *Br Vet J*, 1976, 132, 5, 507-517.
- LAMMING, G. E et DARWASH, A. O. The use of milk progesterone profiles to characterize components of subfertility in milked dairy cows. *Anim Repro Sci*, 1998, 52, 175-190.
- LAMMING, G. E., WATHES, D. C., PETERS, A. R. Endocrine patterns of the postpartum cow. *J Reprod Fertil*, 1981, 30, 155-170.
- LAMMING, G.E et McLEOD, B. J. Continuous infusion of GnRH reduces the LH response to an intravenous GnRH injection but does not inhibit endogenous LH secretion in cows. *J Reprod Fertil*, 1988, 82, 237-246.
- LAVERDIÈRE, G. Comparaison de l'effet de deux analogues de la prostaglandine F2α sur la synchronisation de l'oestrus chez la vache de boucherie. *Can J Anim Sci*, 1994, 74, 29-36.
- LAVOIR, M et FORTUNE, J. E. Follicular dynamics in heifers after injection of PGF2a during the first wave of follicular development. *Theriogenology*, 1990, 33, 270 (Abstract).

- LEDOUX, D., TOUZE, J. L., LAIGRE, P., GRIMARD, B. Anomalies de reprise de cyclicité postpartum chez la vache laitière Prim'Holstein: facteurs de risqué et relation avec les structures ovariennes vues par échographie. *Renc Rech Ruminants*, 2007, 14.
- LEWIS, G. S. Symposium: Health problems of postpartum cows. Uterine health and disorders. *J Dairy Sci*, 1997, 80, 5, 984-994.
- LOHUIS, J. A. C. M. Infections utérines post-partum chez la vache : Bactériologie et fertilité. NOUVEAU PERIPARTUM. *Société Française de Buiatrie*, Paris, 1998, 155-165.
- LOPEZ-GATIUS, F., SANTOLARIA, P., YANIZ, J., FENECH, M., LOPEZ-BEJAR, M. Risk factors for postpartum ovarian cysts and their spontaneous recovery or persistence in lactating dairy cows. *Theriogenology*, 2002, 58, 1623-1632.
- LUCY, M. C. Physiological Mechanisms Linking Reproduction to Nutrition in High-Producing Dairy Cows. The 2nd Bi-Annual W. E. Petersen Symposium "Reproductive Loss in Dairy Cows: Is the Trend Reversible?" 2003, 3-13.
- LUCY, M. C. Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end? *J Dairy Sci*, 2001, 84, 1277-1293.
- LUCY, M. C., DE LA SOTA, R. L., STAPLES, C. R., THATCHER, W. W. Ovarian follicular populations in lactating dairy cows treated with recombinant bovine somatotropin (Sometribove) or saline and fed diets differing in fat content and energy. *J Dairy Sci*, 1993, 76, 1014-1027.
- LUCY, M. C., SAVIO, J. D., BADINGA, L., DE LA SOTA, R. L., THATCHER, W. W. Factors that affect ovarian follicular dynamics in cattle. *J Anim Sci*, 1992, 70, 3615-3626.
- LUCY, M. C., STAPLES, C. R., MICHEL, F. M., THAZTCHER, W. W. Energy balance and size and number of ovarian follicles detected by ultrasonography in early postpartum dairy cows. *J Dairy Sci*, 1991, 74, 473-482.
- LYIMO, Z. C., NIELEN, M., OUWELTJES, W., KRUIP, T. A. M., VAN EERDENBURG, F. J. C. M. Relationship among estradiol, cortisol and intensity of estrous behavior in dairy cattle. *Theriogenology*, 2000, 53, 1783-1795 (Abstract).
- MARION, G. B et GIER, H. T. Factors Affecting Bovine Ovarian Activity after Parturition. *J Anim Sci*, 1968, 27, 1621-1626.
- McDOUGALL, S. Postpartum Anoestrus in the Pasture Grezed New Zealand Dairy Cow. PhD Thesis Massey University, Palmerston North, USA, 1994.
- McDOUGALL, S., BURKE, C. R., MACMILLAN, K. L., WILLIAMSON, N. B. Patterns of follicular development during periods of anovulation in pasture-fed dairy cows after calving. *Res Vet Sci*, 1995, 58, 212-216.
- McLEOD, B. J et WILLIAMS, M. E. Incidence of ovarian dysfunction in postpartum dairy cows and the effectiveness of its clinical diagnosis and treatment. *Vet Rec*, 1991, 128, 121-124.
- MEIDAN, R., ALTSTEIN, M., GIRSH, E. Biosynthesis and release of oxytocin by granulosa cells derived from preovulatory bovine follicles: effects of forskolin and insulin-like growth factor-1. *Biol Of Reprod*, 1992, 46, 4, 715-720.
- MEISTERLING, E. M., DAILEY, R. A. Use of concentrations of Progesterone and Estradiol-17ß in milk in monitoring postpartum ovarian function in dairy cows. *J Dairy Sci*, 1987, 70, 2154-2161.

- MEREDITH, M. J. Animal breeding and infertility. Blackwell Science Ltd, 1995, 508 pages.
- MIALOT, J. P., PONSART, C., PONTER, A. A., GRIMARD, B. L'anœstrus post-partum chez les bovins: Thérapeutique raisonnée. *Journées GTV*, 1998.
- MIALOT, J-P., CONSTANT, F., DEZEAUX, P., GRIMARD, B., DELETANG, F., PONTER, A. A. Estrus synchronization in beef cows: comparison between GnRH + PGF2α+ GnRH and PRID +PGF2α+ eCG. *Theriogenology*, 2003, 60, 319-330.
- MIKSH, E. D., LEFEVER, D. G., MUKEMBO, G., SPITZER, J. C., WILTBANK, J. N. Synchronization of estrus in cattle II. Effect of an injection of norgestomet and an estrogen in conjunction with a norgestomet implant in heifers and cows. *Theriogenology*, 1978, 10, 201-218.
- MOREIRA, F., DE LA SOTA, R. L., DIAZ, T., THATCHER, W. W. Effect of day of the estrous cycle at the initiation of a timed artificial insemination protocol on reproductive responses in dairy heifers. *J Anim Sci*, 2000, 78, 15, 68-76.
- MOREIRA, F., ORLANDI, C., RISCO, C. A., MATTOS, R., LOPES, F., THATCHER, W. W. Effects of presynchronization and bovine somatotropin on pregnancy rates to a timed artificial insemination protocol in lactating dairy cows. *J Dairy Sci*, 2001, 84, 1646-1659.
- MORROW, D. A. Postpartum ovarian activity and involution of the uterus and cervix in dairy cattle. *Vet Scope*, 1969, 14, 2.
- MOSS, G. E., PARFET, J. R., MARVIN, C. A., ALLRICH, R. D., DIEKMAN, M. A. Pituitary concentrations of gonadotropins and receptors for GnRH in suckled beef cows at various intervals after calving. *J Anim Sci*, 1985, 60, 285.
- MOSSMAN, H. W et DUKE, K. L. Some comparative aspects of the mammalian ovary. *Amer Physiol Soc*, 1973, 389-402.
- MURPHY, M. G., BOLAND, M. P., ROCHE, J. F. Pattern of follicular growth and resumption of ovarian activity in postpartum beef suckler cows. *J Reprod Fertil*, 1990, 90, 2, 523-533.
- MWAANGA, E. S et JANOWSKI, T. Anoestrus in dairy cows: Causes, prevalence and clinical forms. *Reprod Dom Anim*, 2000, 35, 193-200.
- NAKAO, T., MORIYOSHI, M., KAWATA, K. The effect of postpartum ovarian dysfunction and endometritis on subsequent reproductive performance in high and medium producing dairy cows. *Theriogenology*, 1992, 37, 341-349 (Abstract).
- NATION, D. P., BURKE, C. R., RHODES, F. M., MACMILLAN, K. L. The interovarian distribution of dominant follicles is influenced by the location of the corpus luteum of pregnancy. *Anim Reprod Sci*, 1999, 56, 169-176.
- NEBEL, R. L et McGILLIARD, M. L. Interactions of high milk yield and reproductive performance in dairy cows. *J Dairy Sci*, 1993, 76, 3257-3268.
- NEBEL, R. L. Components of a Successful Heat Detection Program. Advances in dairy Technology. *J Dairy Sci*, 2003, 15, 191-203.
- NEBEL, R. L. Symposium: cowside tests. On-farm milk progesterone tests. *J Dairy Sci*, 1988, 71, 1682-1690.
- NETT, T. M. Function of the hypothalamic-hypophysial axis during the postpartum period in ewes and cows. *J Reprod Fertil*, 1987, 34, 201-213.

- NETT, T. M., CERMAK, D., BRADEN, T., MANNS, J., NISWENDER, G. Pituitary receptors for GnRH and estradiol and pituitary content of gonadotropins in beef cows II. Changes during the postpartum period. *Domest Anim Endocrinol*, 1988, 5, 81-89.
- ODDE, K. G. A review of synchronization of estrus in postpartum cattle. *J Anim Sci*, 1990, 68, 817-830.
- OLDS, D., SEATH, D. M., CARPENTER, M. C., LUCAS, H. L. Interrelationships between site of deposition, dosage, and number of spermatozoa in diluted semen and fertility of dairy cows inseminated artificially. *J Dairy Sci*, 1953, 10, 1031-1035.
- OPSOMER, G et KRUIF, A. Postpartumer Anostrus bie Milchkuhen – eine Ubersicht. Tierarztl. *Praxis*, 1999, 27, 30-35.
- OPSOMER, G., CORYN, M., DELUYKER, H., DEKRUIF, A. Ananalysis of ovarian dysfunction in high-yielding dairy cows after calving based on progesterone profiles. *Reprod Dom Anim*, 1998, 33,193-204.
- OPSOMER, G., GROHN, Y. T., HERTL, J., CORYN, M., DELUYKER, H., DE KRUIF, A. Risk factors for postpartum ovarian dysfunction in high producing dairy cows in Belgium : a field study. *Theriogenology*, 2000, 53, 841-857.
- ORIHUELA, A. Some factors affecting the behavioural manifestation of œstrus in cattle: a review. *Appl Anim Behav Sci*, 70, 2000,116.
- PERALTA, O. A., PEARSON, R. E., NEBEL, R. L. Comparison of three estrus detection systems during summer in a large commercial dairy herd. *Anim Reprod Sci*, 2005, 87, 59-72.
- PERRY, R. C., CORAH, L. R., COCHRAN, R. C., BEAL, W. E., STEVENSON, J. S., MINTON, J. E., SIMMS, D. D., BRETHOUR, J. R. Influence of dietary energy on follicular development, serum gonadotropins, and first postpartum ovulation in suckled beef cows. *J Anim Sci*, 1991, 69, 3762-3773.
- PERRY, R. C., CORAH, L. R., COCHRAN, R. C., BEAL, W. E., STEVENSON, J. S., MINTON, J. E., SIMMS, D. D., BRETHOUR, J. R. Influence of dietary energy on follicular development, serum gonadotropins, and first pospartum ovulation in suckled beef cows. *J Anim Sci*, 1991, 69, 3762-3773.
- PETERS, A. R. et LAMMING, G. E. Regulation of ovarian function in the postpartum cow: An endocrine model. *Vet Rec*, 1986, 118, 236-239.
- PETERS, A. R., LAMMING, G. E., FISHER, M. W. A comparison of plasma LH concentrations in milked and suckling postpartum cows. *J Reprod Fertil*, 1981, 62, 567-573.
- PETERS, A. R., PIMENTAL, M. G., LAMMING, G. E. Hormone responses to exogenous GnRH pulses in postpartum dairy cows. *J Reprod Fertil*, 1985, 75, 557-565.
- PETERSSON, K. J., GUSTAFSSON, H., STRANDBERG, E., BERGLUND B. Atypical Progesterone Profiles and Fertility in Swedish Dairy Cows. *J Dairy Sci*, 2006, 89, 2529-2538.
- PETIT *et al.* 1977, In MIALOT, J. P., PONSART, C., PONTER, A. A., GRIMARD, B. L'anœstrus post-partum chez les bovins: Thérapeutique raisonnée. *Journées GTV*, 1998.
- PHILIPOT, J. M., PIGERE, M., BOURGES, A., TROU, G., DISENHAUS, C. Pratiques d'élevage et délai de mise à la reproduction des vaches laitières en période de stabulation hivernale. *Renc Rech Ruminants*, 2001, 8, 353-356.

- PIERSON, R. A et GINTHER, O. J. Follicular population during the estrous cycle in heifers. III Time of selection of the ovulatory follicle. *Anim Reprod Sci*, 1988, 16, 81-95.
- PIGGOTT, S. M., FITKIN, D. R., STEFFEN, A. J., TIMMS, L. L. Evaluation of accuracy and characterization of estrus activity as monitored by an electronic pressure sensing system for estrus detection in dairy cows and heifers. *J Anim Sci*, 1996, 74, 70.
- PRADO, R., RHIND, S. M., WRIGHT, I. A., RUSSEL, A. J. F., McMILLEN, S. R., SMITH, A. J., McNEILLY, A. S. Ovarian follicle populations, steroidogenicity and micromorphology at 5 and 9 weeks postpartum in beef cows in two levels of body condition. *Anim Prod*, 1990, 51, 103-110.
- PRATT, S. L., SPITZER, J. C., BURNS, G. L., PLYLER, B. B. Luteal function, estrous response, and pregnancy rate after treatment with norgestomet and various dosages of estradiol valerate in suckled cows. *J Anim Sci*, 1991, 69, 2721-2726.
- PURSLEY, J. R., MEE, M. O., WILTBANK, M. C.Synchronisation of ovulation in dairy cows using PGF2 alpha and GnRH. *Theriogenology*, 1995, 44, 915-923 (Abstract).
- RAJAMAHENDRAN, R et TAYLOR, C. Characterization of ovarian activity in postpartum dairy cows using ultrasound imaging and progesterone profiles. *Anim Reprod Sci*, 1990, 22, 171-180.
- RAMIREZ-IGLESIA, L., SOTO BELLOSO, E., GONZALEZ STANGNARO, C. Factors affecting postpartum ovarian activity in crossbred primiparous tropical heifers *Theriogenology*, 1992, 38, 449-460 (Abstract).
- REIMERS, T. J., SMITH, R. D., NEWMAN, S. K. Management Factors Affecting Reproductive Performance of Dairy Cows in the Northeastern United States. *J Dairy Sci*, 1985, 68, 963-972.
- RHODES, F. M., McDOUGALL, S., BURKE, C. R., VERKERK, G. A., MACMILLAN, K. L. Treatment of Cows with an Extended Postpartum Anestrous Interval. *J Dairy Sci*, 2003, 86, 1876-1894.
- ROCHE, J. F et BOLAND, M. P. Turnover of dominant follicles in cattle of different reproductive states. *Theriogenology*, 1991, 35, 81-90 (Abstract).
- ROCHE, J. F. Control and regulation of folliculogenesis – a symposium in perspective. *Rev Of Reprod*, 1996, 1, 19-27.
- ROELOFS, J. B., VAN EERDENBURG, F. J. C. M., SOEDE, N. M., KEMP, B. Various behavioral signs of estrus and their relationship with ovulation in dairy cattle. *Theriogenology*, 2005, 63, 1366-1377.
- ROYAL, M. D., DARWASH, A. O., FLINT, A. P. F., WEBB, R., WOOLLIAMS, J. A., LAMMING, G. E. Declining fertility in dairy cattle: changes in traditional and endocrine parameters of fertility. *J Anim Sci*, 2000, 70, 487-501.
- ROYAL, M. D., PRYCE, J. E., WOOLLIAMS, J. A., FLINT, A. P. F. The genetic relationship between commencement of luteal activity and calving interval, body condition score, production and linear type traits in Holstein-Friesian dairy cattle. *J Dairy Sci*, 2002, 85, 3071-3080.
- RUEGG, P. L et MILTON, R. L. Body Condition Scores of Holstein Cows on Prince Edward Island, Canada: Relationship with yield, reproductive performance, and disease. *J Dairy Sci*, 1995, 78, 552-564.

- SAKAGUCHI, M., SASAMOTO, Y., SUZUKI, T., TAKAHASHI, Y., YAMADA, Y. Postpartum Ovarian Follicular Dynamics and Estrous Activity in Lactating Dairy Cows. *J Dairy Sci*, 2004, 87, 2114-2121.
- SAUMANDE, J. Faut-il reconsidérer le moment souhaitable de l'insémination au cours de l'œstrus chez les bovins? Une revue de données de la littérature. *Rev Méd Vét*, 2001, 152, 755-764.
- SAVIO, J. D., BOLAND, M. P., HYNES, N., ROCHE, J. F. Resumption of follicular activity in the early postpartum period of dairy cows. *J Reprod Fert*, 1990a, 88, 569-579.
- SAVIO, J. D., BOLAND, M. P., ROCHE, J. F. Development of dominant follicles and length of ovarian cycles in post-partum dairy cows. *J Reprod Fert*, 1990b, 88, 581-591.
- SAVIO, J. D., KEENAN, L., BOLAND, M. P., ROCHE, J. F. Pattern of growth of dominant follicles during the estrous cycle of heifers. *J Reprod Fert*, 1988, 83, 663-671.
- SCHERMERHORN, E. C., FOOTE, R. H., NEWMAN, S. K., SMITH, R. D. Reproductive Practices and Results in Dairies Using Owner or Professional Inseminators. *J Dairy Sci*, 1986, 69, 1673-1685.
- SCHMIDT, G. H. Effects of length of calving intervals on income over feed and variable costs. *J Dairy Sci*, 1989, 72, 1605-11611.
- SEEGERS, H., BEAUDEAU, F., BLOSSE, A., PONSART, C., HUMBLOT, P. Performances de reproduction aux inséminations de rangs 1 et 2 dans les troupeaux Prim'Holstein. *Renc Rech Ruminants*, 2005, 141-144.
- SENGER, P. L. The Estrus Detection Problem: New Concepts, Technologies, and Possibilities. *J. Dairy. Sci*, 1994, 77, 2745-2753.
- SHARPE, P. H et KING, G. J. Postpartum Ovarian Function of Dairy Cows in a Tropical Environment. *J Dairy Sci*, 1981, 64, 672-677.
- SHELDON, L. M., NOAKES, D. E., DOBSON, H. The influence of ovarian activity and uterine involution determined by ultrasonography on subsequent reproductive performance. *Theriogenology*, 2000, 54, 409-419 (Abstract).
- SHIPKA, M. P. A note on silent ovulation identified by using radiotelemetry for estrous detection. *Appl Anim Behav Sci*, 1999, 66, 153-159.
- SIROIS, J., FORTUNE, J. E. Ovarian follicular dynamics during the oestrous cycle in heifers monitored by real-time ultrasonography. *Biol Of Reprod*, 1988, 39, 308-317.
- SLAMA, H., ZAIEM, B., CHEMLI, J., TAINTURIER, D. Reprise de l'activité ovarienne en période postpartum chez la vache laitière. *Rev Méd Vét*, 1996, 147, 453-456.
- SMITH, M. C. A et WALLACE, J. M. Influence of early postpartum ovulation on the reestablishment of pregnancy in multiparous and primiparous cows. *J Reprod Fertil Dev*, 1998, 10, 207-216.
- SPICER, L. J., TUCKER, W. B., ADAMS, G. D. Insulin-Like Growth Factor-I in dairy cows: Relationships among energy balance, body condition, ovarian activity, and estrus behavior. *J Dairy Sci*, 1990, 73, 929-937.
- STABENFELDT, G. H., OSBURN, B. I., EWING, L. L. 1970. Peripheral plasma progesterone levels in the cow during pregnancy and parturition. *Amer J Physiol*, 1970, 218, 571-575.

- STAGG, K., DISKIN, M. G., SREENAN, J. M., ROCHE, J. F. Follicular development in long-term anoestrus suckler beef cows fed two levels of energy postpartum. *Anim Reprod Sci*, 1995, 38, 49-61.
- STAPLES, C. R et THATCHER, W. W. Relationship Between the Early Postpartum Ovarian Activity and Energy Status During Period of High Producing Dairy Cows. *J Dairy. Sci*, 1990, 73, 938-947.
- STAPLES, C. R., THATCHER, W. W., CLARK, J. H. Relationship between ovarian activity and energy status during the early postpartum period of high producing dairy cows. *J. Dairy Sci*, 1990, 73, 938-947.
- STEVENSON, J. A et BRITT, J. H. Relationships among luteinizing hormone, estradiol, progesterone, glucocorticoids, milk yield, body weight and postpartum ovarian activity in Holstein cows. *J Anim Sci*, 1979, 48, 570.
- STEVENSON, J. S et CALL, E. P. Influence of early estrus, ovulation, and insemination on fertility in postpartum Holstein cows. *Theriogenology*, 1983, 19, 367-375.
- STURMAN, H., OLTENACU., E. A. B., FOOTE, R. H. Importance of inseminating only cows in estrus. *Theriogenology*, 2000, 53, 1657-1668.
- TAINTURIER, D. Progestérone et pathologie de la reproduction. *Rev Méd Vét*, 1977, 128, 130-142.
- TAYLOR, V. J., BEEVER, D. E., BRYANT, M. J., CLAIRE WATHES, D. Metabolic profiles and progesterone cycles in first lactation dairy cows. *Theriogenology*, 2003, 59, 1661-1677 (Abstract).
- TERQUI, M. Reproductive potential during the postpartum periods in cows. In Endocrine cause of seasonal and lactational anestrus in farm animals. *Eds F. Elsaesser. Martinus Nijhoff, Dordrecht*, 1985, pages 199-205.
- THATCHER, W. W., DE LA SOTA, L., SCHMITT, E. J-P., DIAZ, T. C., BADINGA, L., SIMMEN, F. A., STAPLES, C. R., DROST, M. Control and management of ovarian follicles in cattle to optimize fertility. *Reprod Feril Dev*, 1996, 8, 203-217.
- THIBIER, M., CRAPLET, C., PAREZ, M. Les progestagènes naturels chez la vache. *Rev Méd Vét*, 1973, 149, 1181-1203.
- TIMMS, L. L., PIGGOTT, S. M., FITKIN, D. R. Evaluation of an electronic mount pressure sensing system for estrus detection in dairy cows and heifers. *J Dairy Sci*, 1997, 80, 179.
- TWAGIRAMUNGU, H., GUILBAULT, L.A., PROULX, J., RAMKUMAR, R., DUFOUR, J.J. Histological Populations and Atresia of Ovarian Follicles in Postpartum Cattle Treated with an Agonist of Gonadotropin-Releasing Hormone. *J Anim Sci*, 1994, 72, 192-200.
- VAN DE WIELD, F., KALIS, C. H., SHAH, S. N. Combined use of milk progesterone profiles, clinical examination and œstrus observation for the study of fertility in the postpartum period of dairy cows. *Br Vet. J*, 1979, 135, 6, 568-577.
- VAN EERDENBURG, F. J. C. M., KARTHAUS, D., TAVERNE, M. A. M., MERICS, I. SZENCI, O. The Relationship between Estrous Behavioral Score and Time of Ovulation in Dairy Cattle. *J Dairy Sci*, 2002, 85, 5, 1150-1156.
- VAN EERDENBURG, F. J. C. M., LOEFFLER, H. S. H., VAN VLIET, J. H. Detection of Œstrus in Dairy Cows: A New Approach of an Old Problem. *Vet Quart*, 1996, 18, 52-54.

- VARNER, M et BRAND, A. Monitoring reproductive performance: Decision making and follow-up. In: BRAND, A. (ed.) Herd Health and Production Management, Wageningen, Wageningen Press, 1996, 313-332.
- VILLA-GODOY, A., HUGHES, T. L., EMERY, R. S., CHAPIN, L. T., FOGWELL, R. L. Association Between Energy Balance and Luteal Function in Lactating Dairy Cows. *J Dairy Sci,* 1988, 71, 1063.
- WAGNER, W. C et HANSEL, W. Reproductive physiology of the postpartum cow. I. Clinical and histological findings. *J Reprod Fertil*, 1969, 18, 493-500.
- WAGNER, W. C., SAATMAN, R., HANSEL, W. Reproductive physiology of the postpartum cow. II. Pituitary, adrenal and thyroid function. *J Reprod Fertil*, 1969, 18, 501-508.
- WALKER, W. L., NEBEL, R. L., McGILLIARD, M. L. Time of Ovulation Relative to Mounting Activity in Dairy Cattle. *J Dairy Sci*, 1996, 79, 1555-1561.
- WEBB, R., LAMMING, G. E., HAYNES, N. B., FOXCROFT, G. R. Plasma Progesterone and Gonadotrophin Concentrations and Ovarian Activity in Post-Partum Dairy Cows. *J Reprod Fert*, 1980, 59, 133-143.
- WILLIAMS, G. L. Suckling as regulator of postpartum of breeding in cattle: A review. *J Anim Sci*, 1990, 68, 831-852.
- WILLIAMSON, N. B., MORRIS, R. S., BLOOD, D. C., CANNON, C. M. A Study of Oestrous Behaviour and Oestrus Detection Methods in a Large Commercial Dairy Herd : The Relative Efficiency of Methods of Oestrus Detection. *Vet Rec*, 1972, 91, 50-58.
- WRIGHT, I. A., RHIND, S. M., WHYTE, T. K., SMITH, A. J. Effect of body condition at calving and feeding level after calving on LH profiles and the duration of the postpartum and oestrus period in beef cows. *Anim Prod*, 1992, 55,41-46.
- XU, Z. Z., McKNIGHT, D. J., VISHWANATH, R., PITT, C. J., BURTON, L. J. Estrus Detection Using Radiotelemetry or Visual Observation and Tail Painting for Dairy Cows on Pasture. *J Dairy Sci*, 1998, 81, 2890-2896.
- YAVAS, Y et WALTON, J. S. Postpartum acyclicity in suckled beef cows: A review. *Theriogenology*, 2000, 54, 25-55 (Abstract).
- YAVAS, Y., JOHNSON, W. H., WALTON, J. S. Modification of follicular dynamics by exogenous FSH and progesterone and the induction of ovulation using hCG in postpartum beef cows. *Theriogenology*, 1999, 52, 949-983 (Abstract).
- YOSHIDA, C et NAKAO, T. Some Characteristics of Primary and Secondary Oestrous Signs in High-producing Dairy Cows. *Reprod Dom Anim*, 2005, 40, 150-155.
- ZDUŃCZYK, S., MWAANGA, E. S., MAŁECKI-TEPICHT, J., BARAŃSKI, W., JANOWSKI, T. Plasma Progesterone Levels and Clinical Findings in Dairy Cows with Post-partum Anoestrus. *Bull Vet Inst Pulawy*, 2002, 46, 79-86.