

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE IBN KHALDOUN DE TIARET
INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES
DEPARTEMENT DE SANTE ANIMALE

PROJET DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE
DOCTEUR VETERINAIRE

SOUS LE THEME

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LE METHODE DU SYNCHRONISATION
DE CHALEUR CHEZ LE BOVIN

PRESENTE PAR :

MR. MOKHTARI ABD EL RAHMANE

MR. ADILA BAKHOUCHE

ENCADRE PAR :

MME.BOURICHA ZINEB





بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

REMERCIEMENTS

Avant toute chose, je remercie Dieu, le tout puissant pour m'avoir donné la force, la volonté et la patience durant toutes mes années d'étude.

Je dois remercier particulièrement:

MA DAME BOURICHA ZINEB, ma directrice de thèse pour avoir accepté de diriger ce travail et pour ses conseils et ses orientations tout au long de ce travail.

DEDICACES

A ma très chère mère ZOHRA,

Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

A la mémoire de mon Père HOUCIN

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Je vous dédie aujourd'hui ma réussite. Que Dieu, le miséricordieux, vous accueille dans son éternel paradis.

Je dédie ce travail aussi à

Mes sœurs: LOBNA, SAMIRA, SOLAME, Wisem, Rihab, Fatima Fatfouta, Marya et mes frères: MOHAMED, NADJIB ILIAS, Mahdi, Hamouda Et tous les membres de ma famille.

A mes amis et collègue: Abdelkader; Abdelouaheb, Amira, Abdelkader, Khalil, Majdi, Saïd, Mohamed, Ahmed, Mustapha, Abdelouahab, Boubeker, Slimane, Moncef, Belkacem, Bakhouche, Fayssal, Seïf, Mabrouk, Salem, Omar, Djamel, Hama, Rebbouh, Galbeddine, Yaakoub Et mes amies; Sihem, Laïla,

A tous ceux que j'aurais oublié, qu'ils m'en excusent.

MOKHTARI ABDELRAHMANE

REMERCIEMENTS

Avant toute chose, je remercie Allah de m'avoir donné le courage, la patience et par-dessus de tout la sante de mener à réaliser ce modeste travail. Bien sûr je tiens avant tout à remercier MA DAME BOURICHA ZINEB ma directrice de thèse, pour leur disponibilité leur encouragement, leur conseil.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail de fin d'étude : A ma Mère AIDA qui m'a tant soutenue avec ses prières et qui m'a toujours encouragé. A mon Père LAKHDAR ; pour son soutient durant toute la période de mes études.

Mes sœurs: FATIMA ZOHRA, WARDA, AHLAM. et mes frères: ISMAIL, IBRAHIM, ANAS

A mes amis et collègue: ALI, HAMZA, MABROUK, Moncef, ABDELRAHMANE, MAJDI, BELKACEM, YUCEF, RACHID, NABIL, ISMAIL, YACINE, GALEBDDINE, ABDLWAHDE, HOUSSEYN, MASSOUDE

A tous ceux que j'aurais oublié, qu'ils m'en excusent.

ADILA BAKHOUCHE

Sommaire

LISTE DES FIGURES.

LISTE DES TABLEAUX.

LISTE DES ABREVIATIONS.

INTRODUCTION

Etude bibliographique

Chapitre I: physiologie ovarienne et mise à la reproduction chez la vache laitière.

Première partie: Rappels sur la physiologie ovarienne chez la vache laitière

| | |
|--|-----------|
| 1. / Ovogenèse et évolution folliculaire | 4 |
| 1.1 / Ovogenèse..... | 4 |
| 1.2/ Folliculogenèse | 4 |
| 1.2.1/ Folliculogenèse basale | 5 |
| 1.2.2 Folliculogenèse terminale | 5 |
| 1.2.2.1 Notion de vagues folliculaires | 5 |
| 1.2.2.2 Les étapes de la folliculogenèse terminale | 7 |
| * Le recrutement | 7 |
| * La sélection..... | 7 |
| * La dominance..... | 8 |
| 1.3/ Cycle œstral..... | 8 |
| 1.3.1/ Les phases du cycle œstral | 8 |
| 1.3.1.1/ La phase folliculaire..... | 8 |
| 1.3.1.2/ Phase lutéale | 10 |
| 1.3.2/ L'ovulation..... | 10 |
| 1.3.3/ La lutéolyse | 10 |
| 1.4/ Mécanismes de régulation de l'activité ovarienne chez la vache laitière..... | 11 |
| 1.4.1/ Hormones hypothalamo-hypophysaires..... | 11 |
| 1.4.2/ Autres facteurs hormonaux de régulation | 13 |

| | |
|---|-----------|
| 1.4.3/ Contrôle de la phase folliculaire | 13 |
| 1.4.3.1/Phase non gonado-dépendante..... | 13 |
| 1.4.3.2/ Phase gonado-dépendante | 14 |
| | |
| Deuxième partie Mise à la reproduction et cyclicité post-partum chez la vache Laitière | |
| I/ Mise à la reproduction | 16 |
| 1/ Pour les génisses | 16 |
| 2/ Pour les vaches en lactation..... | 16 |
| 3/ Détection des chaleurs : un Prerequis à l'insémination artificielle | 18 |
| 4/ Defaut de détection des chaleurs | 21 |
| 4.1/ Mauvaise expression des chaleurs | 21 |
| 4.2/ Diminution du temps passé à la détection des chaleurs..... | 21 |
| 5/ Facteurs de variation de l'expression des chaleurs..... | 22 |
| 5.1. Nombre de vaches simultanément en chaleur | 23 |
| 5.2/ Anomalies de cyclicité post-partum..... | 23 |
| 5.3/ Production laitière..... | 23 |
| 5.4/ Etat corporel/déficit énergétique en début de lactation..... | 23 |
| 5.5/ Logement..... | 23 |
| 5.6/ Race | 24 |
| 5.7/ Maladies du post-partum et boiteries..... | 24 |
| 6/ La réussite de L'IA..... | 24 |
| 6.1/ Choix du moment de l'insémination artificiel | 24 |
| 6.1.1/ Insémination artificielle sur chaleurs induites observées | 25 |
| 6.1.2/ Insémination artificielle systématique..... | 25 |
| II/ Cyclicité post-partum | 27 |
| 1. L'activité sexuelle normale après vêlage | 27 |
| 1.1. Premier follicule dominant, première ovulation | 27 |
| 1.2. Contrôle hormonal du retour à une cyclicité normale..... | 27 |
| 2. Reprise de cyclicité post-partum anormale | 29 |
| 1. Principaux facteurs de risque de ces anomalies | 30 |
| 1.1. Les troubles génitaux | 30 |
| 1.2. Le rang de vêlage..... | 31 |
| 1.3. La saison..... | 31 |

| | | |
|------|--------------------------|----|
| 1.4. | L'état de santé..... | 31 |
| 1.5. | Production laitière..... | 31 |

Troisième partie : Les performances reproductives chez La vache laitière

| | |
|---|----|
| I/ Rappels | 32 |
| I.1/ Notion de fertilité | 32 |
| I.2/ Notion de fécondité | 33 |
| I.3/ Notion d'infécondité | 34 |
| II/ Caractéristiques du troupeau | 35 |
| II.1/ Nombre de vaches présentes | 35 |
| II.2/ Nombre de vaches ayant vêlées..... | 35 |
| II.3/ Le pourcentage de primipares | 36 |
| II.4/ L'âge au premier vêlage | 36 |
| II.5/ Le rang moyen de lactation | 36 |
| II.6/ Nombre moyen de lactations avant réforme..... | 36 |
| II.7. Pourcentage de réforme au cours de l'exercice | 37 |
| II.8/ Ecart dernier tarissement réforme | 37 |
| III/ Facteurs de variation de la fertilité | 38 |
| III.1/ Etat corporel/déficit énergétique..... | 38 |
| III.2/ Production laitière | 38 |
| III.3/Intervalle vêlage remise à la reproduction | 38 |
| III.4/ Rang de vêlage | 38 |
| III.5/Nombre de vagues par cycle | 38 |
| III.6/Affections de l'appareil génital..... | 39 |
| III.7/Autres affections | 41 |
| III.8/Stress thermique | 41 |
| III.9/Déroulement du vêlage précédent..... | 41 |

Chapitre II Maitrise des cycles Chez la vache laitière

| | |
|---|----|
| I/ Intérêts des traitements de synchronisation des chaleurs | 42 |
| I.1/ Intérêts pour l'éleveur | 42 |
| I.2/ Intérêts pour les centres d'insémination artificielle | 43 |
| I.2.1/ L'insémination artificielle | 43 |

| | |
|---|-----------|
| I.2.2/ Le transfert embryonnaire | 44 |
| II/ Les protocoles de la maitrise des cycles | 44 |
| II.1/ Les protocoles à base de prostaglandine | 44 |
| II.1.1/ Protocole | 45 |
| II.1.2/Inconvénients | 47 |
| II.2/ Les protocoles à base de progestagènes..... | 47 |
| II.2.1/ Molécules et présentations | 48 |
| II.2.2/ Le dispositif intravaginal (La spirale vaginale)..... | 48 |
| II.2.2.1/Description | 48 |
| II.2.2.2/ Mode d'application | 49 |
| II.2.2.3/Protocole | 51 |
| II.2.3/ L'implant sous-cutané | 53 |
| II.2.3.1/ Description..... | 53 |
| II.2.3.2Mode d'application | 53 |
| II.2.3.3/Principe | 53 |
| II.2.3.4/Protocole | 55 |
| II.2.4/ Principe pour les deux formes (Spirales et implants) | 56 |
| II.2.5/ Les progestagènes associés à l'œstradiol | 56 |
| II.2.6/ Le nouveau protocole CRESTAR SO® : progestagène sans œstrogène | 59 |
| II.2.7/ Efficacité des traitements à base de progestagènes | 59 |
| II.3/Les protocoles à base de Gonadotropin Releasing Hormone « GnRH » | 60 |
| a/ molécules utilisées..... | 60 |
| II.3.1/ Le protocole GPG..... | 61 |
| II.3.1.1/Principe | 61 |
| II.3.1.2 Inconvénients | 62 |
| II.3.2/Le protocole GP..... | 62 |
| II.3.2.1/ Principe | 64 |

LISTE DES FIGURES

- Figure 01 :** schéma montrant les stades fonctionnels de l’ovaire de la vache, (König et Liebich, 2014).
- Figure 02:** Les vagues folliculaires au cours du cycle œstral de la vache (Chastant-Maillard, 2005).
- Figure 03 :** Régulation de la sélection et du développement terminal du follicule ovulatoire pendant la phase folliculaire du cycle ovarien chez une espèce mono-ovulante. (Monniaux *et al.*, 2009).
- Figure 04 :** Les deux types de cycle chez la vache (Chastant-Maillard, 2005).
- Figure 05:** Profil hormonal au cours des différentes périodes d’un cycle ovarien (Picton, 2004).
- Figure 06 :** Régulations hormonales au cours du cycle sexuel (CEVA, 2013)
- Figure 07:** Mécanisme endocrine de la lutéolyse chez les ruminants d'après LEYMARIE et al. (2001).
- Figure 08 :** Rôles relatifs des gonadotrophines et des facteurs de croissance au cours du Développement folliculaire (Webb et al. 2004).
- Figure 9 :** Taux de réussite à l’IA selon la classe d’intervalle vêlage-1ère IA dans les races Montbéliarde, Normande et Prim’Holstein, campagne 2008 (Le Mézec *et al.*, 2010).
- Figure 10 :** Evolution de l’intervalle vêlage-première IA moyen (Le Mézec *et al.*, 2010)
- Figure 11:** Vache acceptant le chevauchement
- Figure 12 :** Revue de l’évolution de la durée des chaleurs chez la vache (Cuttilic, 2010, n=39, dans l’article de Disenhaus *et al.*, 2010)
- Figure 13:** Probabilité de détection de l’ovulation en fonction du niveau de production laitière sur la semaine de l’ovulation, selon que l’observateur utilise l’ensemble des signes sexuels pour caractériser les chaleurs (-), exige au moins un chevauchement (--), exige au moins une acceptation du chevauchement(...) (Cutullic *et al.* 2010).
- Figure 14 :** Représentation schématique du protocole d’insémination artificielle sur chaleurs induites.
- Figure 15 :** Représentation schématique du protocole d’insémination artificielle systématique.
- Figure 16 :** Cycle reproducteur annuel théorique chez la vache laitière. (Deletang et al., 2003).
- Figure 17 :** Reprise du développement folliculaire chez la vache laitier *postpartum* (Adapté d’après Ennuyer, 2000).

Figure 18: Notions de fertilité et de fécondité appliquées en élevage bovin laitier (d'après Tillard *et al.*, 1999).

Figure 19: Evolution des taux de réussite des IA premières dans les races Normande, Montbéliarde et Prim'Holstein (Le Mézec *et al.*, 2010).

Figure 20: Conséquences de la boiterie sur la durée et l'intensité des chaleurs (Dobson *et al.* 2007)

Figure 21: Schéma de l'effet du protocole à base de prostaglandine sur le cycle œstral de la vache lorsque la 1ère injection de prostaglandine est effectuée au 3ème jour du cycle (Chasant- Maillard, 2005).

Figure 22: Protocole de synchronisation à base de prostaglandine F2 α (Grimard *et al.*, 2003).

Figure 23 : Schéma du protocole à base de prostaglandine (modifié d'après Chasant-Maillard, 2005).

Figure 24 : Le dispositif intra-vaginal CIDR® et son applicateur (Site:www.iowabeefcenter.com)

Figure 25 : PRID® spirale vaginale imprégnée de progestérone et présentant une capsule de Benzoate d'œstradiol.

Figure 26: Spirale vaginale (PRID®) positionnée sur le pistolet applicateur et prête à être Introduite dans le vagin.

Figure 27: Protocole de synchronisation à base de progestagènes (Grimard *et al.*, 2003)

Figure 28 : Implant sous-cutané et l'implanteur (trocart).

Figure 29 : Traitement à base d'implants sous-cutanés pour l'induction et la synchronisation de l'œstrus (modifié d'après Aguer, 1981)

Figure 30: Schéma du protocole à base de progestagène ou de progestérone (Chasant-Maillard, 2005).

Figure 31: Protocole CRESTAR: Valérate d'œstradiol, implant de Norgestomet et eCG

Figure 32: Nouveau protocole CRESTAR SO®.

Figure 33: Description du protocole GPG (Grimard *et al.*, 2003).

Figure 34: Schéma du protocole GP utilisé dans l'essai clinique

LISTE DES TABLEAUX :

Tableau 01 : Principaux avantages et inconvénients des systèmes de détection des comportements d'œstrus (Saint-Dizier, 2005)

Tableau 02: Objectifs de fertilité (d'après Picard-Hagen, Raboisson, et *al.*, 2008 ;Cosson, 1998)

Tableau 03 : Objectifs de fécondité (d'après Picard-Hagen, Raboisson, et *al.*, 2008 ; Cosson, 1998).

LISTE DES ABREVIATIONS

PRID®: Progesterone Releasing Intravaginal Device).

CIDR: Control Internal Drug Release

FLV: Race bovine Fleckvieh

PNH: Race bovine Prim'Holstein

MB: Race bovine Montbeliarde

PgF2 α : Prostaglandine F2 alpha

GnRH: Gonadotropin Releasing Hormone

PMSG: Pregnant Mare Serum Gonadotropin

LH: Luteinizing Hormone

FSH: Follicle Stimulating Hormone

eCG: equine Gonadotropin Hormone

hCG : human Chorionic Gonadotropin

IVJIA : Intervalle Vêlage Jour de l'Insémination Artificielle

IVV : Intervalle Vêlage-Vêlage

J0 : début du traitement

J7 : Septième jour après le début du traitement

J9 : neuvième jour après le début du traitement

ng/ml : nanogramme par millilitre

PSPB : Pregnancy Specific Protein B

QL : variable qualitative

QT : variable quantitative

IA : Insémination Artificielle

IA1: Insémination Artificielle 1ère

INRA: Institut National de la Recherche Agronomique

NEC : **Note** d'état corporel

P : Valeur-P ou P-value

Protocole GP : GnRH PGF2 α

Protocole GPG : GnRH PGF2 α GnRH

PSPB : protéine de gestation détectable dans la circulation périphérique maternelle (Pregnancy specific protein B).

INTRODUCTION

Introduction

La maîtrise de l'activité de reproduction est l'élément majeur de la réussite de l'élevage bovin et particulièrement en système laitier. Il constitue l'un des axes prioritaires des politiques de l'état Algérien dans le domaine agricole, de par son caractère stratégique. L'élevage bovin est cantonné généralement dans le nord du pays avec quelques incursions dans les autres régions. Son effectif est quasiment au même niveau qu'en 2010, il occupe ainsi la troisième place après le cheptel ovin et caprin avec moins de 2 millions têtes bovines, ce qui représente 6% de l'ensemble du cheptel national des ruminants (MADR, 2014).

Le cheptel bovin constitue actuellement un axe important de recherche en médecine vétérinaire qui permet d'améliorer considérablement les résultats zootechniques d'un élevage. Pour cela, il est nécessaire de bien comprendre les bases physiologiques de la reproduction et ses mécanismes de régulation endocrine. A cet effet, une série d'actions destinées à promouvoir cette filière ont été engagées dans le cadre de la politique du ministère d'agriculture et du développement rural. Elle a pour objectif d'assurer la protection sanitaire du cheptel bovin et ovin et de garantir la disponibilité du produit, notamment la viande rouge sur le marché à des prix modérés. Cependant, selon les études de Lucy, le constat du déclin des performances de reproduction chez la vache laitière est une donnée commune à beaucoup d'études effectuées depuis la fin du XXème siècle (Lucy, 2001). D'une part, la conduite de la reproduction souvent mal maîtrisée, caractérisée par un faible développement de l'insémination artificielle et un manque de suivi de l'état reproductif des animaux, constitue la cause la dégradation sans cesse croissante des performances de reproduction dans nos élevages bovins laitiers ainsi que dans de nombreux pays du monde (Bousquet et al., 2004). D'autre part, la sélection génétique orientée pendant de nombreuses années uniquement vers la production laitière, a eu également un effet délétère sur la fertilité des vaches se traduisant ainsi par l'enregistrement des performances en dessous des objectifs techniques et économiques.

Dans les dernières années et ce malgré l'amélioration dans les connaissances du déroulement du cycle œstral bovin et les applications thérapeutiques qui en découlent (protocoles de synchronisation des chaleurs notamment) et en dépit de progrès zootechniques nombreux (en particulier dans l'alimentation des animaux), l'infertilité reste toujours une véritable maladie de l'élevage bovin laitier dont les résultats des paramètres de reproduction sont ainsi éloignés des objectifs standards définis pour une gestion efficace de la reproduction.

Les éleveurs de bovins allaitants, au même titre que les éleveurs de bovins laitiers, s'ils veulent rentabiliser leurs exploitations se doivent de maîtriser au mieux la reproduction, d'une part en avançant les vêlages précocement dans la saison mais aussi en regroupant les vêlages sur une période aussi réduite que possible.

A cet effet, la bonne gestion des performances de reproduction et notamment celles de la fécondité et de la fertilité constitue un objectif technique majeur pour la réussite économique de l'élevage bovin laitier. Elle est primordiale notamment pour la rentabilité économique de l'élevage : Réalisation de l'objectif d'un veau par vache et par an, planification des vêlages pour remplir le quota laitier annuel, diminution des frais d'insémination ou de traitement en cas d'échec à la mise à la reproduction.

Un des points clé de la maîtrise de la reproduction en élevage bovin est la détection des chaleurs afin de pouvoir inséminer les femelles au moment de l'ovulation (Seegers et al., 2010). Cette détection nécessite beaucoup de temps et un sens de l'observation. Or dans les troupeaux laitiers modernes, cette expression est devenue plus frustrante et les éleveurs accordent de moins en moins de temps à leurs détections. Par conséquent, s'affranchir de la détection des chaleurs apparaît comme un point stratégique dans les protocoles de maîtrise des cycles chez les bovins.

Les œstrus non détectés ou détectés à tort sont en effet responsables d'inséminations manquées ou réalisées au mauvais moment (Lehrer et al. 1992) d'où résultent des pertes financières représentées par:

- * L'augmentation de l'intervalle vêlage-vêlage avec pour conséquence une diminution de la production de lait et de veaux ;
- * L'augmentation du nombre d'inséminations artificielles par animal ;
- * Un taux de renouvellement excessif.

Pour atteindre ces objectifs, trois conditions sont nécessaires. Il faut tout d'abord que les vaches reviennent bien en chaleurs (absence d'anœstrus prolongé, bon état au vêlage, pas de pathologies utérines ...), que ces dernières soient repérées le plus tôt possible après le vêlage et enfin que l'insémination soit réalisée à un moment propice à la fécondation.

Pour maîtriser ces conditions, de nombreux protocoles de synchronisation et d'induction de l'œstrus à base de molécules comme la progestérone, les œstrogènes ou les prostaglandines sont déjà couramment utilisés. Ils permettent de regrouper la venue en chaleur d'un groupe d'animaux et d'inséminer à «l'aveugle», comme ils permettent également d'induire des chaleurs chez des vaches en anœstrus (Fournier et Driancourt 2007).

Nous exposerons dans la première partie bibliographique quelques rappels sur la cyclicité de la vache laitière, notamment sur les évènements ovariens et hormonaux du cycle. Nous attacherons particulièrement l'observation des manifestations comportementales de l'œstrus et à l'étude des facteurs de variation de ces manifestations. Notre étude bibliographique va détailler également les différents protocoles de maîtrises des cycles chez la vache laitière.

PREMIÈRE PARTIE

RAPPELS SUR LA

PHYSIOLOGIE OVARIENNE

CHEZ LA VACHE LAITIÈRE

CHAPITRE I:
PHYSIOLOGIE OVARIENNE
ET MISE A LA
REPRODUCTION CHEZ LA
VACHE LAITIERE

Première partie : Rappels sur la physiologie ovarienne chez la vache laitière.

1 Ovogenèse et évolution folliculaire

1.1 Ovogenèse

L'ovogenèse est l'ensemble des processus qui président à la formation et au développement des ovocytes fécondables. Au cours de la vie embryonnaire (à partir du 80^{ème} jour de gestation chez les bovins), les cellules germinales souches femelles, appelées ovogonies, se multiplient rapidement au cours de la vie fœtale, jusqu'au 170^{ème} jour de la gestation pour atteindre le nombre d'environ 2 millions. Elles entrent en phase I de méiose pour donner naissance aux ovocytes I, entourées de quelques cellules endothéliiformes et d'une membrane basale (Laforest 2005) en formant ainsi un stock de follicules primordiaux. A la naissance, le stock d'ovocytes de l'individu est donc déterminé.

On l'estime entre 10000 et 250000 dans l'espèce bovine (Saint-Dizier *et al.*, 2014). Les ovocytes primaires restent alors bloquées au stade de prophase I de la méiose jusqu'à l'ovulation ou plus fréquemment, jusqu'à l'atrésie (Mehlmann, 2005). Pratiquement constante jusqu'à l'âge de 4 ans, cette réserve folliculaire diminue progressivement pour être nulle à l'âge de 20 ans (Mialot *et al.*, 2001).

1.2/ Folliculogenèse

La folliculogenèse désigne l'ensemble du développement du follicule (Figure 01) depuis le moment où il quitte le pool de follicules primordiaux, jusqu'à l'ovulation ou l'atrésie (Picard-Hagen *et al.*, 2008 a). Au cours de cette phase, seuls 80 follicules primordiaux par jour (soit 10% des follicules primordiaux) quittent la réserve folliculaire pour continuer leur croissance pendant 5 mois (Monniaux *et al.*, 2009 ; Chastan-Maillard *et al.*, 2005).

La première étape de la croissance folliculaire est constituée de la croissance concomitante du follicule et de l'ovocyte qu'il renferme et de la différenciation du follicule (Figure 01). Le follicule primordial mesurant 40 μm de diamètre, se transforme en follicule primaire mesurant 60 à 80 μm de diamètre, contenant un ovocyte entouré d'une zone pellucide constituée d'une couche régulière de cellules cubiques, puis en follicule secondaire, d'une taille de 200 à 400 μm et entouré d'une zone pellucide bien différenciée, et de deux ou trois couches de cellules cubiques formant la granulosa. Vient ensuite le stade du follicule tertiaire, dit cavitaire ou antral, d'une taille de 3 à 4 mm, caractérisé par l'apparition d'une cavité appelée antrum . On dénombre 25 à 50 follicules antraux de manière constante chez la vache.

Le stade suivant, stade du follicule mûr, follicule de De Graaf, ou follicule pré-ovulatoire constitue la dernière phase du développement folliculaire (Edson *et al.*, 2009).

De manière générale, les follicules évoluent ensuite vers la dégénérescence. Dans de rares cas (on estime que cela concerne 1 ovocyte sur 2000 chez la vache), le follicule tertiaire poursuit son évolution. Il atteint alors le stade pré-ovulatoire, on parle de follicule de De Graaf.

Chez la vache, la taille d'un follicule de De Graaf est comprise entre 10 et 25 mm de diamètre. Il est gonflé de liquide et fait saillie à la surface de l'ovaire (Hanzen *et al.*, 2000). La palpation transrectale et surtout l'échographie des ovaires permettent de les repérer.

La fin de la phase de croissance folliculaire est la phase de maturation qui concerne surtout l'ovocyte.

Suite au pic de LH pré-ovulatoire et lorsque l'ovocyte a atteint 80% de sa taille finale, ont lieu la maturation nucléaire et la reprise de la méiose avec émission du premier globule polaire dans l'espace péri-vitellin et l'ovocyte I se transforme ainsi en ovocyte II. Les maturations cytoplasmique et membranaire lui permettent ensuite d'être fécondable (Norris *et al.*, 2010).

1.2.1/ Folliculogenèse basale

Elle correspond aux premières étapes de la maturation folliculaire. Les follicules, bien que sensibles à la FSH, peuvent poursuivre leur évolution indépendamment de la production des hormones gonadotropes (Saint-Dizier *et al.*, 2014 ; Edson *et al.*, 2009).

Ce développement folliculaire initial se poursuit jusqu'à ce que les follicules atteignent une taille définie, qui est estimée à 3-4 mm dans l'espèce bovine (Monniaux, 2009). Au-delà de cette taille, la folliculogenèse entre dans sa phase terminale (Figure 01).

1.2.2 Folliculogenèse terminale

Elle regroupe les étapes de la folliculogenèse strictement dépendantes de la production des hormones gonadotropes, de la FSH d'abord, puis de la LH.

1.2.2.1 Notion de vagues folliculaires

Le développement folliculaire se fait sous forme de croissances et de régressions successives de plusieurs follicules (figure 02), appelées vagues folliculaires (Picard-Hagen *et al.*, 2008a). C'est le développement de l'échographie transrectale qui a permis de montrer que la croissance folliculaire s'effectue réellement par vague (Mihm *et al.*, 2002 ; Evans, 2003).

La présence de vagues folliculaires a été mise en évidence dès l'âge de 2 semaines chez la vache. Ces vagues persistent tout au long de la vie de l'animal, jusqu'à épuisement du stock de follicules primordiaux. Pour certains auteurs, elles s'arrêteraient durant les 21 derniers jours de la gestation (Driancourt, 2001) ; Pour d'autres, elles pourraient continuer tout au long de la gestation (Chastant-Maillard *et al.*, 2005). Cependant, pendant la période pré-pubertaire, la gestation et l'anoestrus post-partum, les follicules n'atteignent pas le stade pré-ovulatoire.

CHAPITRE I : PHYSIOLOGIE OVARIENNE ET MISE À LA REPRODUCTION CHEZ LA VACHE LAITIÈRE

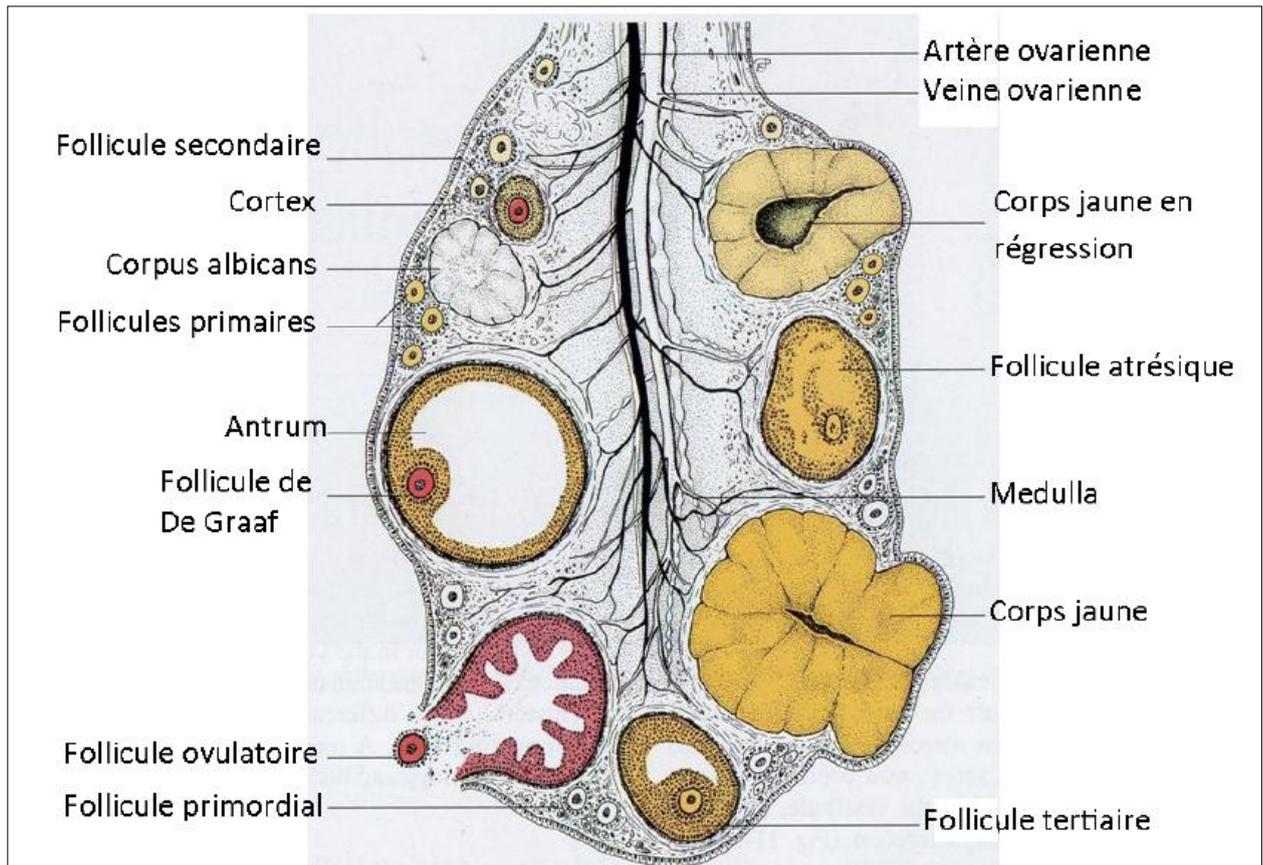


Figure 01 : schéma montrant les stades fonctionnels de l'ovaire de la vache, (König et Liebich, 2014)

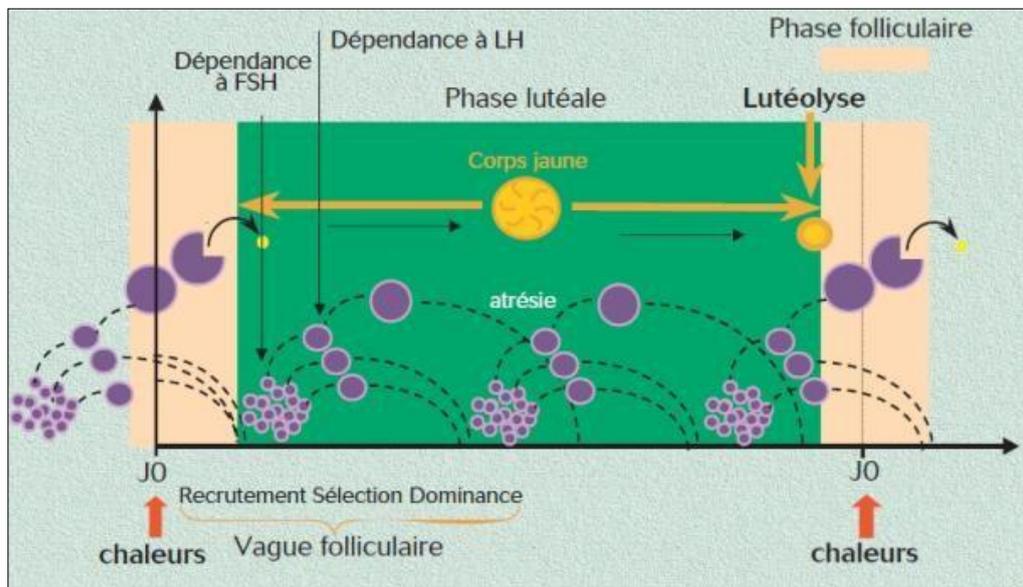


Figure 02: Les vagues folliculaires au cours du cycle œstral de la vache (Chastant-Maillard, 2005)

CHAPITRE I : PHYSIOLOGIE OVARIENNE ET MISE À LA REPRODUCTION CHEZ LA VACHE LAITIÈRE

Au sein de chaque cycle œstral se succèdent entre 2 et 4 vagues de follicules (Figure 04). Chaque vague correspond à une cohorte de follicules qui ont atteint la taille minimale et qui sont recrutés sous l'effet de la FSH (Forde *et al.*, 2011 ; Aerts *et al.*, 2010).

La vague de croissance folliculaire dure environ 7 à 8 jours dans le cas de cycles à 3 vagues et 10 jours dans le cas de cycles à 2 vagues (Figure 04). Les cycles à deux vagues sont les plus répandus chez les génisses comme chez les vaches laitières dans plusieurs études nord américaines : 68 à 79% des vaches et 70 % des génisses sont concernées (Bleach *et al.*, 2004 ; Wolfenson *et al.*, 2004).

1.2.1.2 Les étapes de la folliculogénèse terminale

Chaque vague folliculaire est constituée de trois phases successives (Ennuyer., 2000): Le recrutement, la sélection et la dominance (Figure 02).

***Le recrutement** : Il concerne 8 à 40 follicules de 3 à 4 mm de diamètre. Des études récentes ont montré que les follicules seraient sensibles à la FSH dès 1 mm de diamètre d'où la phase de recrutement commence dès ce stade (Picard-Hagen *et al.*, 2008a ; Adams *et al.*, 2008). Tous les 7 à 10 jours, le recrutement est initié par une augmentation de FSH (Figure 2). En se fixant sur les récepteurs des cellules de la granulosa des follicules, cette dernière stimule l'activité de l'aromatase, permettant la transformation des androgènes en œstrogènes, mais également la production d'inhibine (Driancourt, 2001). En outre, l'hormone de croissance et de multiples facteurs de croissance (l'EGF (Epidermal Growth Factor), l'IGF (Insulin like Growth Factor) et le FGF (Fibroblast Growth Factor)) stimulent la prolifération et la survie des cellules de la granulosa (Drion *et al.*, 2000).

* **La sélection** : Les follicules en croissance, sous contrôle de la FSH et de l'augmentation de la fréquence de la pulsativité de la LH, produisent des œstrogènes à forte dose ainsi que l'inhibine qui exercent un rétrocontrôle négatif sur la libération de FSH. Lorsque la taille de la majorité des follicules est d'environ 6 mm, l'inhibition de la FSH par l'œstradiol engendre une dégénérescence des follicules recrutés excepté le follicule dominant (Figure 3).

Ce follicule de taille légèrement supérieure aux autres (environ 8 mm), est alors sélectionné et acquiert des récepteurs à la LH qui lui permettent de poursuivre sa croissance malgré la faible concentration en FSH (Hopper, 2014). Par ailleurs, le follicule dominant agirait directement sur la croissance des autres follicules (Driancourt *et al.*, 2001) par la production de facteurs inhibiteurs de l'aromatase (tels que le TGF α , l'inhibine, la superoxyde dismutase ou la protéine de choc thermique 90). Les autres follicules sont alors voués à l'atrophie.

* **La dominance** : C'est le plus gros des follicules sélectionnés (8,5 à 10 mm) qui termine sa croissance grâce à la présence de LH alors que la libération de FSH étant alors faible. Cette croissance se poursuit jusqu'à environ 15-20 mm en inhibant les autres follicules qui subissent à l'atréxie. Le follicule dominant subit ensuite l'atréxie ou ovule selon le stade du cycle (Figure 3).

1.3 Cycle œstral

Le cycle œstral correspond à l'ensemble des modifications, au niveau de l'ovaire, des voies génitales et du comportement, qui se succèdent du début d'un œstrus (période d'expression du comportement sexuel, appelée aussi « chaleurs ») au début de l'œstrus suivant (Bonnes *et al.*, 2005). A la différence des petits Ruminants (chèvre, brebis), la reproduction de la vache n'est pas saisonnière. On qualifie donc la vache d'espèce polyœstrienne continue à ovulation spontanée (Norris *et al.*, 2010). La durée du cycle œstral dépend du nombre de vagues folliculaires : Elle varie entre 18 et 25 jours pour une durée moyenne de 21 jours.

Selon le type de cycle, il s'écoule toujours environ 2,5 jours entre les phases de recrutement et de sélection, tandis que l'intervalle de temps entre le début de la phase de sélection et l'ovulation est variable: 4 jours dans les cycles à 3 vagues et 6 à 7 jours dans les cycles à 2 vagues (figure 4).

1.3.1/ Les phases du cycle œstral

Chaque cycle est composé de deux phases : la phase folliculaire et la phase lutéale.

1.3.1.1/ La phase folliculaire

La phase folliculaire correspond au développement folliculaire aboutissant au follicule ovulatoire puis à l'expulsion de l'ovocyte dans le tractus génital. Elle regroupe les phases de proœstrus et d'œstrus. Elle commence lors de la lutéolyse (destruction du corps jaune du cycle précédent) et aboutit à l'ovulation. Le premier jour d'expression du comportement des chaleurs qui suit la lutéolyse et précède l'ovulation est considéré comme le premier jour du cycle œstral.

CHAPITRE I : PHYSIOLOGIE OVARIENNE ET MISE À LA REPRODUCTION CHEZ LA VACHE LAITIÈRE

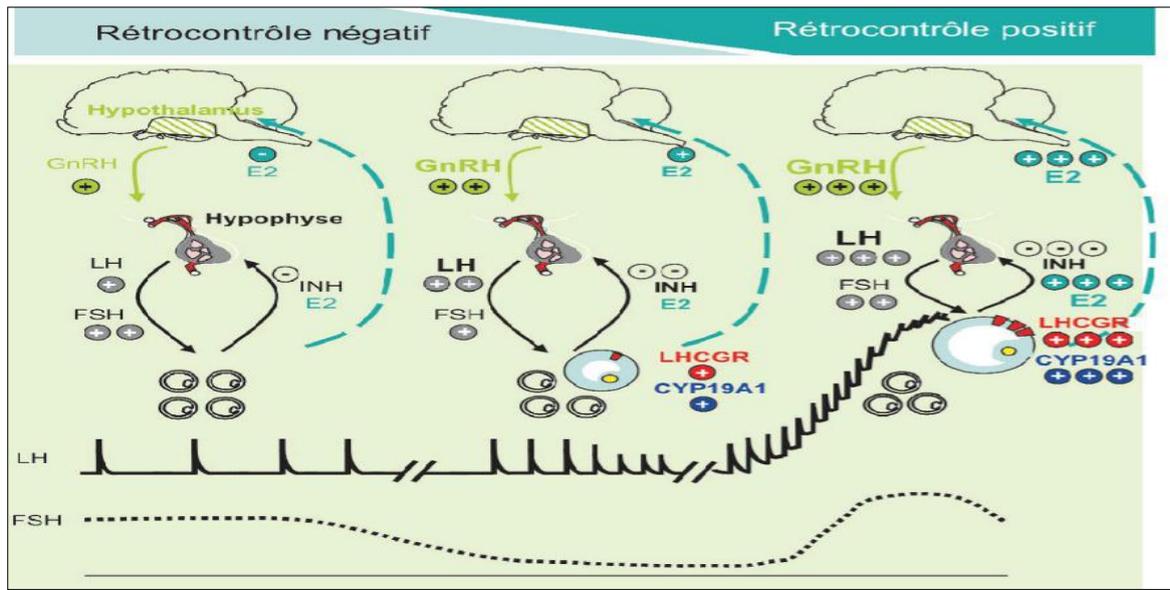


Figure 03. Régulation de la sélection et du développement terminal du follicule ovulatoire pendant la phase folliculaire du cycle ovarien chez une espèce mono-ovulante.

(Monniaux *et al.*, 2009).

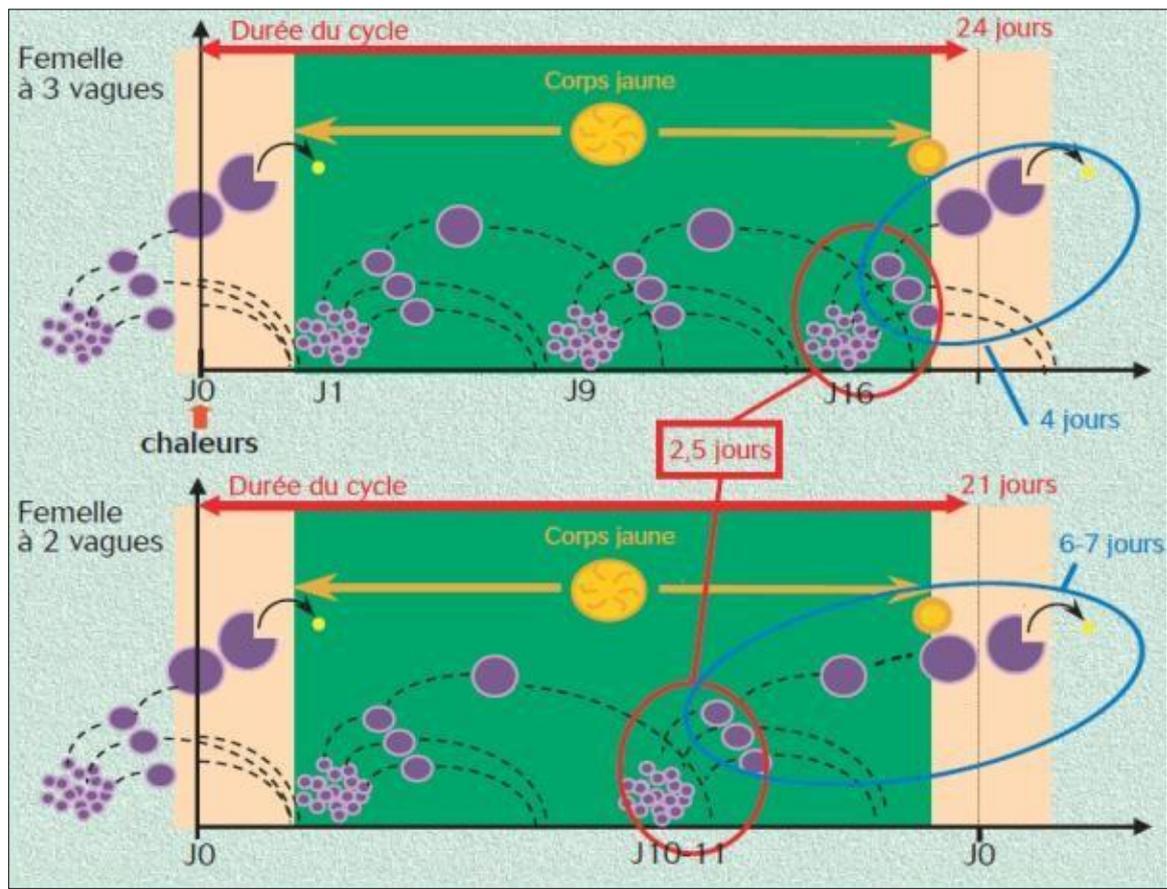


Figure 04 : Les deux types de cycle chez la vache (Chastant-Maillard, 2005)

1.3.1.2/ Phase lutéale

Elle correspond à la période de présence d'un corps jaune, c'est-à-dire au métœstrus et au diœstrus. Suite à l'ovulation, le follicule rompu se vascularise rapidement pour se transformer en corps jaune, marquant le début de la phase lutéale (Figure 02). Celui-ci est formé de petites cellules, issues de la thèque interne, et des grandes cellules, issues de la granulosa. Les cellules du corps jaune sécrètent la progestérone, qui exerce un rétrocontrôle négatif sur la production de GnRH, entraînant une fréquence faible de décharges de LH (une décharge toutes les 3 ou 4 heures). Pendant la phase lutéale, la sécrétion de progestérone est maximale entre le 10^{ème} et le 14^{ème} jour du cycle (Picard-Hagen *et al.*, 2008). Le corps jaune croît et il atteint la taille de 20 mm de diamètre ; Il se maintient à cette taille puis régresse en cas d'absence de gestation, en quelques jours à partir du 16^{ème} ou 17^{ème} jour du cycle (Picard-Hagen *et al.*, 2008).

1.3.2/ L'ovulation

L'ovulation marque la transition entre les phases folliculaire et lutéale. Elle a lieu 24 à 30 heures après le début de l'œstrus. Elle correspond à la rupture de la paroi du follicule dominant au niveau du stigma (Figure 01) et l'émission d'un ovocyte fécondable après maturation. En fin de phase folliculaire, le follicule de De Graaf, sécrète une quantité croissante d'œstradiol. A l'inverse, la progestéronémie est relativement basse. Ce climat hormonal particulier est à l'origine d'une augmentation de la fréquence des pulses de GnRH, et donc d'un pic de LH. Ce pic pré-ovulatoire de LH déclenchera l'ovulation dans un délai de 28h en moyenne chez la vache (Norris *et al.*, 2010 ; Saint-Dizier *et al.*, 2014). Très peu de follicules primordiaux arrivent au stade d'ovulation alors que 99,9% subissent l'atrésie au cours des différentes étapes de la croissance folliculaire (Chastant-Maillard, 2005).

1.3.3/ La lutéolyse

Cette étape correspond, en l'absence de gestation, à la dégénérescence du corps jaune cyclique. L'atrophie du corps jaune aboutit à la formation d'une structure appelée *corpus albicans*. C'est la lutéolyse anatomique. Sur le plan hormonal, la régression du corps jaune entraîne une chute de la progestéronémie. On parle de lutéolyse fonctionnelle.

La lutéolyse est un processus provoqué par la prostaglandine F2 α (PGF2 α). Cette PGF2 α , produite par l'endomètre, provoque la lyse du corps jaune (Goff, 2004).

Au niveau des cellules épithéliales de l'endomètre se trouvent des récepteurs à l'ocytocine dont l'effet est de stimuler la sécrétion de cette $PGF2\alpha$. Au début de la phase lutéale, la progestérone, en concentration très élevée, inhibe l'expression de ces récepteurs endométriaux à l'ocytocine (McCracken *et al.*, 1999).

Cependant, cet effet inhibiteur est de plus en plus faible à mesure que le cycle œstral avance, c'est-à-dire qu'il y a une désensibilisation à l'inhibition par la progestérone (Braun *et al.*, 1988). En parallèle, l'oestradiol folliculaire a lui un effet stimulateur sur l'expression des récepteurs à l'ocytocine. En conséquence, le nombre de récepteurs endométriaux à l'ocytocine augmente entre J15 et J17 et des pulses de $PGF2\alpha$ apparaissent. Cette $PGF2\alpha$ exerce alors un rétrocontrôle positif sur la synthèse d'ocytocine par le corps jaune, permettant une amplification du processus jusqu'à la lyse complète du corps jaune (Goff, 2004). Vingt-quatre heures après la lutéolyse (environ entre J16 et J18), le corps jaune ne sécrète plus de progestérone (Picard-Hagen *et al.*, 2008a). Néanmoins, il est important de noter que le corps jaune demeure réfractaire aux prostaglandines pendant 5 à 7 jours après sa formation (Levy *et al.*, 2000).

En cas de gestation, le corps jaune qui se maintient est qualifié de corps jaune de gestation. L'embryon lui-même est à l'origine de cette reconnaissance maternelle de la gestation. En effet, dès le 16ème jour de gestation, l'embryon sécrète de l'interféron tau (IFN τ) qui inhibe les récepteurs endométriaux à l'ocytocine, ce qui se traduit par un effet anti-lutéolytique (Dorniak *et al.*, 2013).

1.4/ Mécanismes de régulation de l'activité ovarienne chez la vache laitière

L'évolution des organites ovariens, corps jaunes et follicules est finement régulée par un décours temporel précis de sécrétions hormonales. Cette régulation implique l'effet de l'axe hypothalamo-hypophyso-gonadique par l'intermédiaire de nombreux acteurs interagissant entre eux. Cet axe constitue donc l'élément central de la régulation hormonale de la reproduction (figure 05).

1.4.1/ Hormones hypothalamo-hypophysaires

La gonadolibérine (GnRH) est libérée de manière pulsatile par l'hypothalamus (Norris *et al.*, 2010). Elle agit sur l'hypophyse en induisant la libération d'une folliculostimulante hormone (FSH), et de lutéinisante hormone (LH). La FSH intervient notamment dans la maturation des follicules, alors que la LH est comme la GnRH, libérée de manière pulsatile, agit sur la fin de la croissance folliculaire (figure 6). Elle est responsable au déclenchement de l'ovulation et la formation du corps jaune (Forde *et al.*, 2011).

CHAPITRE I : PHYSIOLOGIE OVARIENNE ET MISE À LA REPRODUCTION CHEZ LA VACHE LAITIÈRE

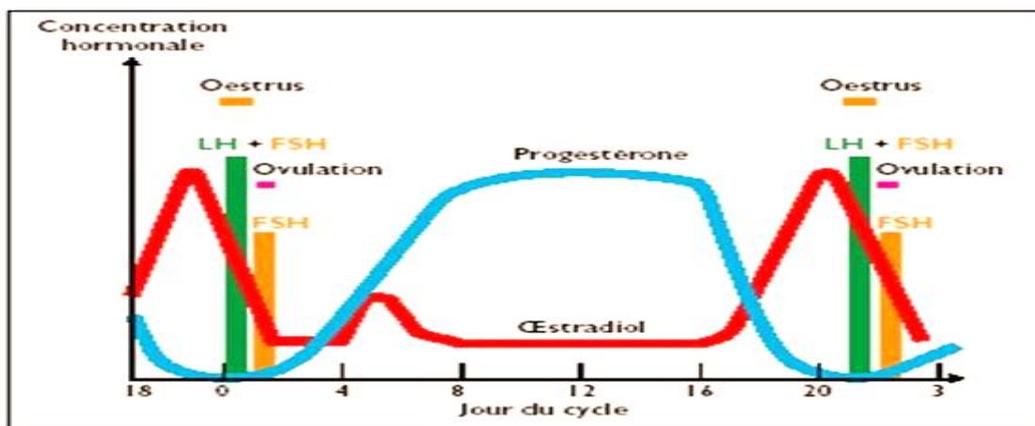


Figure 05 : Profil hormonal au cours des différentes périodes d'un cycle ovarien (Picton, 2004).

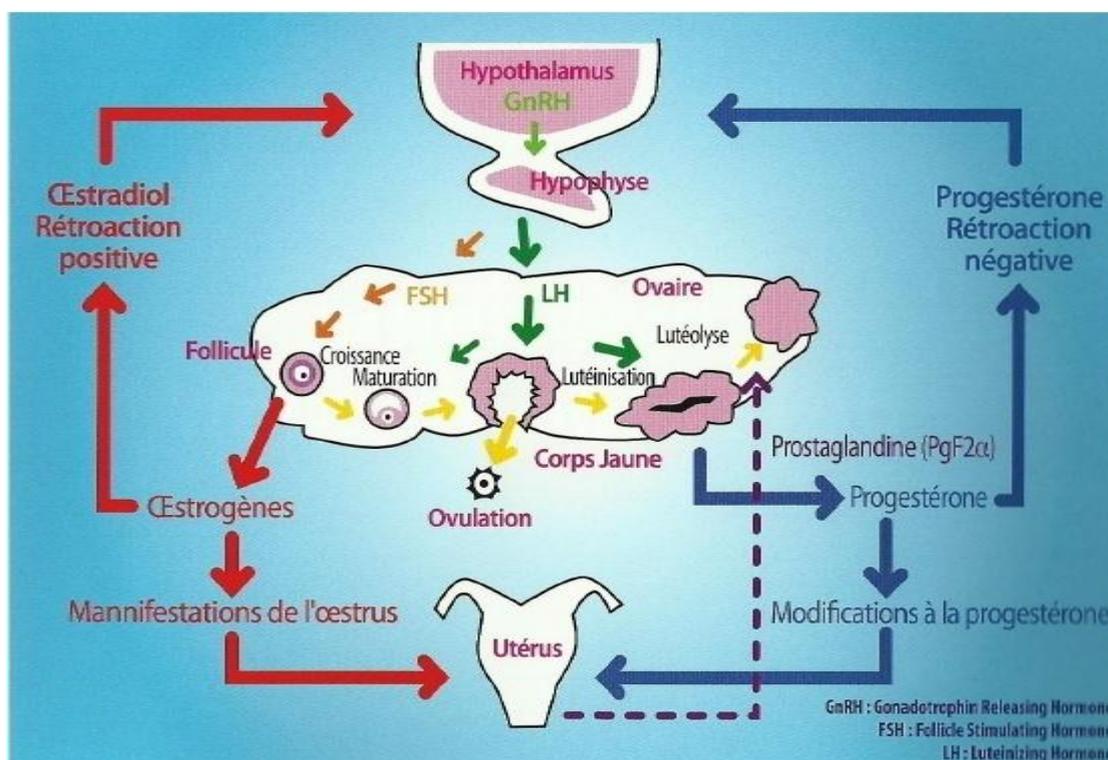


Figure 06 : Régulations hormonales au cours du cycle sexuel (CEVA, 2013)

La réponse des hormones gonadotropes à la GnRH est variable. Ainsi, des pics de GnRH très fréquents (toutes les 8 à 30 minutes) stimulent plutôt la sécrétion de LH. A l'inverse, des pulses de GnRH plus espacés (de 2 à 4 heures) se traduisent par une augmentation de la sécrétion de FSH (Ferris *et al.*, 2006 ; Thompson *et al.*, 2014).

1.4.2/ Autres facteurs hormonaux de régulation

D'autres facteurs interviennent dans la régulation hormonale de la reproduction. C'est le cas de l'inhibine et de l'œstradiol sécrétés par les follicules ovariens, ainsi que de la progestérone (Figure 6). L'inhibine est synthétisée par les cellules de la granulosa des follicules ovariens. Elle exerce un rétrocontrôle négatif sur la synthèse de FSH par l'adénohypophyse (Neill, 2005 ; Norris *et al.*, 2010).

L'œstradiol est également sécrété par les follicules. Ses effets varient selon le climat hormonal. Dans le cas d'une progestéronémie basse associée à une concentration sanguine en œstradiol élevée, le rétrocontrôle sera positif sur l'hypophyse avec l'induction d'un pic de LH (Forde *et al.*, 2011). En revanche, dans un contexte de forte concentration en progestérone associée à une teneur en œstradiol faible, l'œstradiol exerce un rétrocontrôle négatif sur libération de GnRH par l'hypothalamus (Norris *et al.*, 2013).

Enfin, la progestérone est sécrétée par le corps jaune. Elle exerce une action inhibitrice au niveau de l'adénohypophyse (Norris *et al.*, 2013).

La prostaglandine F2 α (PGF2 α) produite par l'utérus (figure 07) provoque la régression du corps jaune en cas d'une fécondation échouée par un mécanisme favorisé par l'intervention de l'ocytocine et des œstrogènes (Picard-Hagen *et al.*, 2008a).

1.4.3/ Contrôle de la phase folliculaire

On distingue deux phases de contrôle de la croissance folliculaire (figure 08):

1.4.3.1/Phase non gonado-dépendante :

Elle s'étend du développement d'un follicule primordial en un follicule tertiaire recruté pour être intégré à une vague folliculaire. Cette phase dure plus de 6 mois durant laquelle, les cellules de la thèque interne acquièrent des récepteurs à LH et celles de la granulosa acquièrent des récepteurs à FSH. Elle se déroule sous le contrôle de facteurs de croissance ou endocriniens produits localement par les follicules dont l'activine (figure 08). Celle-ci serait responsable de l'acquisition par les cellules folliculaires de récepteurs à la FSH (Xiao *et al.*, 1992), marquant le passage à la phase « gonadotrope-dépendante » (Drion *et al.*, 2000).

D'autres facteurs interviennent, notamment des facteurs nutritionnels, comme l'IGF-1 et l'insuline. La régulation de cette phase est donc liée à:

- l'état corporel de l'animal
- la quantité et la qualité de son alimentation
- l'étape de son cycle de reproduction, par exemple l'état d'œstrus post-partum.

1.4.3.2/ Phase gonado-dépendante :

Après la puberté, la croissance folliculaire est terminale, elle dure 44 jours, Elle est donc plus longue qu'un cycle sexuel. Les follicules deviennent sensibles aux hormones hypothalamo-hypophysaires (Figure 06) mais également de facteurs intra-ovariens (Figure 8). Seuls 10% du stock de follicules présents à la naissance entreront dans cette phase (Lucas, 2007). Tous les sept à neuf jours, une cohorte de follicules mesurant 5 mm est sélectionnée. Cette vague de croissance folliculaire, ou vague folliculaire, se terminera éventuellement par l'ovulation selon le stade du cycle. Ainsi, deux à trois vagues de croissance folliculaire se succèdent pendant un cycle sexuel (Ennuyer, 2000).

CHAPITRE I : PHYSIOLOGIE OVARIENNE ET MISE À LA REPRODUCTION CHEZ LA VACHE LAITIÈRE

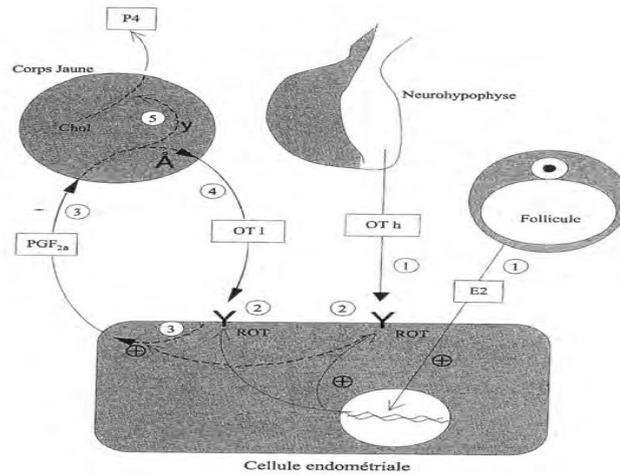


Figure 07 : Mécanisme endocrine de la lutéolyse chez les ruminants d'après Leymarie et al. (2001).

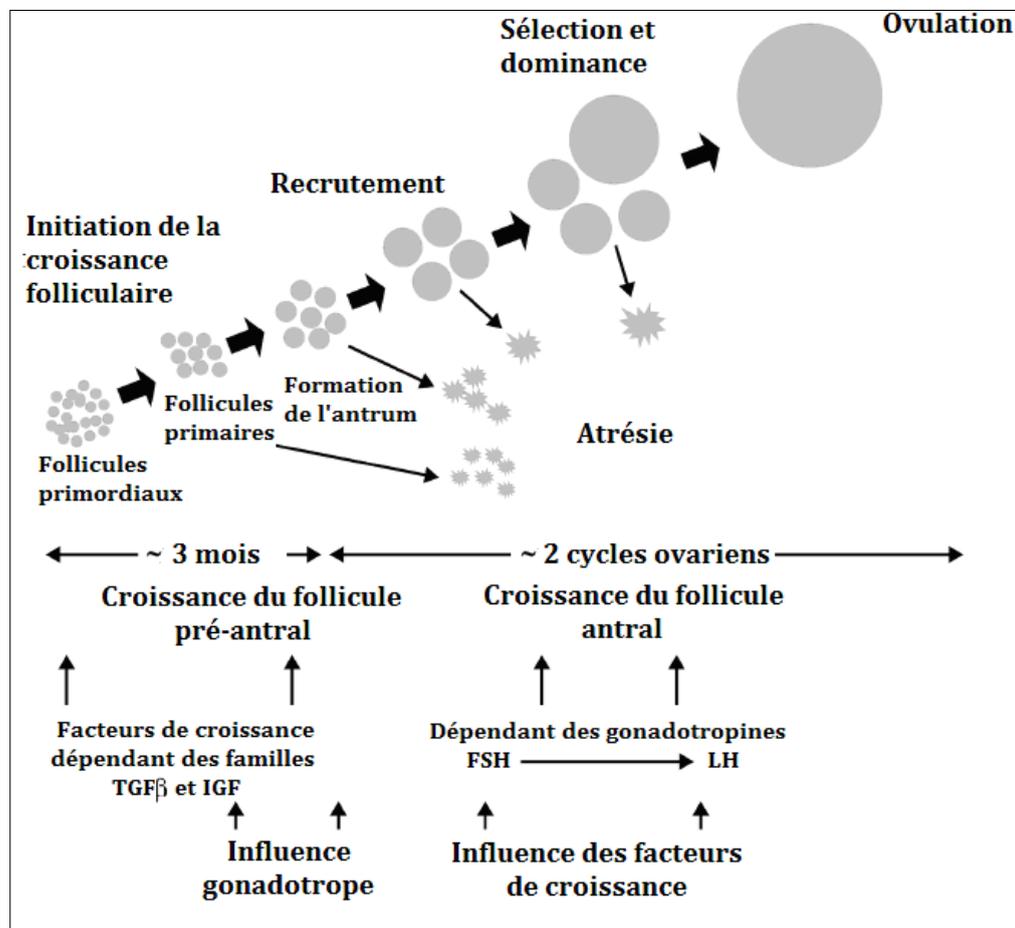


Figure 08 : Rôles relatifs des gonadotrophines et des facteurs de croissance au cours du développement folliculaire (Webb et al. 2004).

Deuxième partie : Mise à la reproduction et cyclicité post-partum chez la vache laitière

I/ Mise à la reproduction

1/ pour les génisses :

La puberté marque l'acquisition de la fonction de reproduction. C'est le moment où la femelle devient apte à produire des ovocytes fécondables. Dans l'espèce bovine la puberté apparaît généralement lorsque la génisse atteint 40 à 50% du poids adulte, soit vers l'âge entre 10 et 12 mois (Freetly *et al.*, 2011). Cet âge à la puberté varie en fonction de nombreux facteurs : poids, alimentation, race, saison, génétique etc... (Hafez *et al.*, 2000).

La puberté marque alors un changement important. En effet, la production d'hormones telles que la LH, la FSH et l'œstradiol augmente significativement, permettant ainsi à certains follicules d'échapper à l'atrésie et de poursuivre leur maturation jusqu'au stade de follicule de De Graaf et à l'ovulation (Gasser, 2013). Cependant la première ovulation est rarement associée au comportement de chaleurs, qui apparaît ultérieurement.

La première mise à la reproduction est en théorie possible dès la puberté, mais en pratique, il est préférable d'attendre que la génisse ait atteint 60% du poids adulte. L'âge de mise à la reproduction varie selon la race et les objectifs d'âge au vêlage (au plus tôt entre 14 et 15 mois, à un poids de 400kg, pour un vêlage à l'âge de 24 mois chez les races à croissance rapide (Le Cozler *et al.*, 2009).

Une gestation trop précoce peut avoir des effets néfastes : dystocie au vêlage, rétentions placentaires, limitation du développement corporel, diminution de la production laitière en première lactation, retour en chaleurs tardif.

2/ pour les vaches en lactation

En plus d'un retour à la cyclicité, la mise à la reproduction nécessite une bonne involution utérine. En effet, avant la fin de cette dernière, il existe un fort taux de résorption embryonnaire. Ainsi, avant 50 jours, la fertilité est médiocre. Elle devient correcte à partir de 50 jours et bonne dès 70 jours (Le Mézec *et al.*, 2010, figure 09). La mise à la reproduction est donc conseillée à partir de 70 jours si l'on veut maximiser le taux de réussite à la première IA (TRIA1), ou dès 50 jours, afin de réinséminer plus tard en cas d'échec, si l'objectif est d'avoir un fort taux d'IA fécondantes avant 100 jours post-partum (Barbat *et al.*, 2005). La mise à la reproduction dépend de la race. Elle est de plus en plus tardive dans les races Montbéliarde, Normande et Prim'Holstein (Le Mézec *et al.* 2010). Cette tendance est surtout marquée en race Prim'Holstein où IA1 moyen était de 95 jours (figure 10).

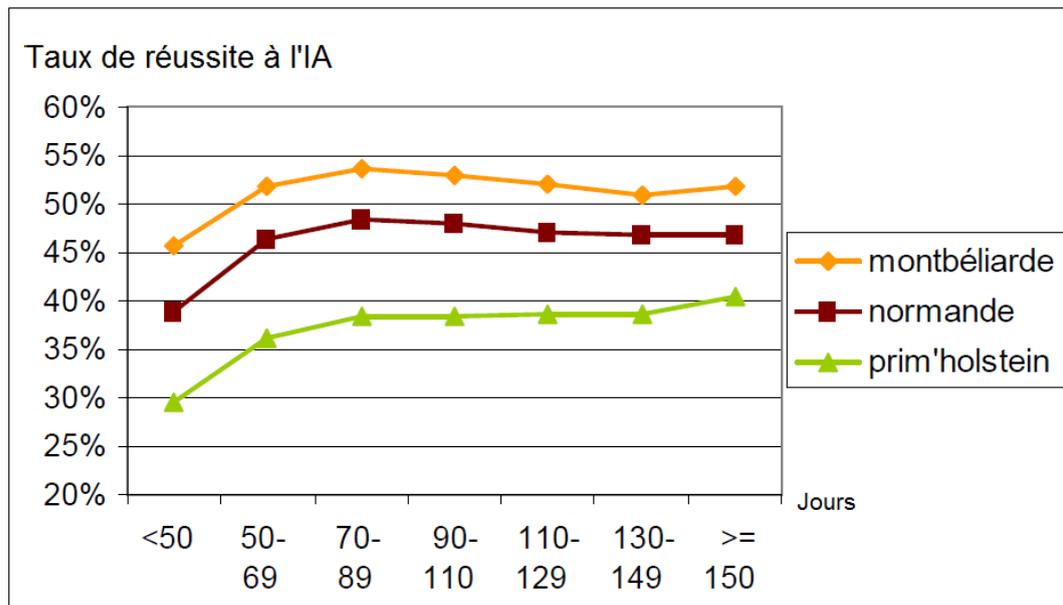


Figure 9 : Taux de réussite à l'IA selon la classe d'intervalle vêlage-1^{ère} IA dans les races Montbéliarde, Normande et Prim'Holstein, campagne 2008 (Le Mézec *et al.*, 2010).

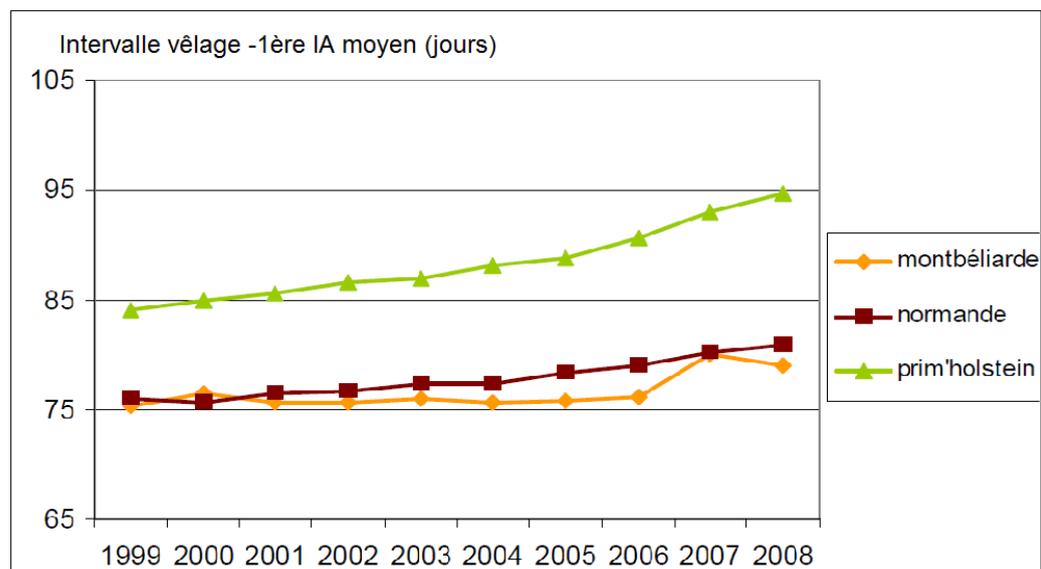


Figure 10 : Evolution de l'intervalle vêlage-première IA moyen (Le Mézec *et al.*, 2010)

3/ Détection des chaleurs : un Prerequis à l'insémination artificielle

L'œstrus correspond à la période comprise entre la première et la dernière acceptation de chevauchement (Disenhaus et al.2003). Toutefois, cette définition implique que chaque vache manifeste plus d'une fois ce comportement afin de pouvoir parler d'œstrus. Le comportement le plus spécifique des chaleurs est l'acceptation du chevauchement (Figure 11).

Des études récentes réalisées à l'aide de détecteurs électroniques de chevauchement ont montré que :

*50% des vaches n'expriment plus ce comportement pendant leurs chaleurs (Kerbrat et Disenhaus, 2004).

*Le nombre moyen des acceptations de chevauchement lors d'une période œstrale est compris entre $2,1 \pm 0,3$ et $8,5 \pm 6,6$ (At-Tares et Spahr 2001; Nebel 2003; Peralta et al. 2005).

*La durée moyenne d'une acceptation de chevauchement est comprise entre $3,2 \pm 0,2$ et $3,4 \pm 0,4$ secondes (At-Tares et Spahr 2001)

C'est pourquoi les comportements sexuels secondaires sont également à prendre en compte.

Ces signes peuvent être séparés en 3 groupes (Kerbrat et Disenhaus, 2004) :

Les comportements sexuels secondaires

Les comportements agonistiques

Les comportements sociaux

Pour la détection de l'œstrus, les signes secondaires sont assimilés aux comportements sexuels secondaires. En effet, bien que les vaches en chaleur recherchent le contact, le nombre de comportements agonistiques et sociaux n'augmente pas de manière significative pendant l'œstrus (Kerbrat et Disenhaus, 2004)

Les signes secondaires ainsi définis sont au nombre de quatre:

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 ano-génitale d'une autre vache

Ce sont des comportements très brefs (3 à 15 secondes) dont la répartition au cours de la journée est quasi régulière (Disenhaus et al.2003). Aucun de ces comportements n'est spécifique, mais l'augmentation de leur fréquence est significative pendant l'œstrus (Kerbrat et Disenhaus, 2004).

La durée des chaleurs est très variable d'une vache à l'autre : de 4h à 36h (Kerbrat et Disenhaus, 2004 ; Van Vliet *et al.*, 1996).

Les chaleurs sont le mieux exprimées au petit matin avec un pic d'expression entre 7 et 8 heures en stabulation comme au pâturage (Disenhaus *et al.*, 2010). En pratique, 2 périodes d'observation d'une demi-heure chacune, matin et soir, et en dehors des périodes de distribution d'aliment ou de traite sont recommandées (Saint-Dizier, 2005).

Trois périodes (matin, midi et soir) permettraient un plus grand taux de détection, mais cette fréquence d'observation serait trop chronophage pour l'éleveur (Bencharif, 2000).

D'une vache à l'autre, l'ovulation ne se produit pas au même moment par rapport au début des chaleurs. En moyenne, elle intervient entre 20h et 30h après la première acceptation du chevauchement (Disenhaus *et al.*, 2010). En pratique, une vache vue en chaleur le matin sera inséminée l'après-midi, une vache vue en chaleur l'après-midi sera inséminée le lendemain matin (Bonnes *et al.*, 2005).

Différentes méthodes de détection des chaleurs ont été développées afin de faciliter la détection des chaleurs par les éleveurs (Saint-Dizier, 2005). Néanmoins, ces systèmes de détection des comportements d'œstrus ont des avantages et des inconvénients (Tableau 1).

CHAPITRE I : PHYSIOLOGIE OVARIENNE ET MISE À LA REPRODUCTION CHEZ LA VACHE LAITIÈRE

Tableau 01 : Principaux avantages et inconvénients des systèmes de détection des comportements d'œstrus (Saint-Dizier, 2005)

| Système de détection | Avantage | Inconvénients |
|---|--|--|
| Observation | Gratuite et toujours fonctionnelle | - Coûteuse en temps - Détection discontinue - chaleurs silencieuses non détectées |
| Encre/craie/peinture sur croupe Capsule de peinture (Kamar®) | Prix Simple à utiliser Détection continue | - Début de l'œstrus non connu Peu spécifique - Chaleurs silencieuses non détectées |
| Vignettes semi-quantitatives à usage unique (Estruflash®, Estrusalert®) | - Prix - Début de l'œstrus connu approximativement | - Peu spécifique - Perte du dispositif possible - Chaleurs silencieuses non détectées |
| Détecteurs électroniques de chevauchement (Mouncount®, Heatwatch®) | - Début de l'œstrus connu approximativement Détection continue Bonne spécificité | - Dispositif lourd et coûteux - Sensibilité assez faible (chevauchements > 2 secondes) - Perte du dispositif possible - Chaleurs silencieuses non détectées |
| Activité-mètre, podomètre | Début de l'œstrus connu Détection continue | - Dispositif lourd et coûteux Peu spécifique - Chaleurs silencieuses non détectées |



Figure 11: Vache acceptant le chevauchement

4/ Default de détection des chaleurs

4.1/ Mauvaise expression des chaleurs

Les chaleurs sont exprimées avec plus ou moins d'intensité selon les vaches, et ont tendance à être de plus en plus discrètes au fil des années. Certaines vaches ne les expriment pas du tout : dans deux études, 8 à 15% des ovulations n'étaient accompagnées d'aucune modification comportementale (Disenhaus 2004, Ranasinghe *et al.*, 2010). D'autre part, la durée des chaleurs est globalement de plus en plus courte (Disenhaus *et al.*, 2010, figure 12) avec aujourd'hui une moyenne de 4 à 8 heures entre la première et la dernière acceptation du chevauchement, 14 heures si on intègre les autres signes sexuels à la définition de l'œstrus (Van Eerdenburg *et al.*, 1996 ; Kerbart et Disenhaus, 2004 ; Roelofs *et al.*, 2005).

4.2/ Diminution du temps passé à la détection des chaleurs

Outre la dégradation de l'expression des chaleurs, le temps consacré à l'observation des chaleurs est de plus en plus court (Disenhaus *et al.*, 2005), pour diverses raisons : éloignement du domicile de l'éleveur, réduction du nombre de travailleurs dans l'exploitation, agrandissement des troupeaux...

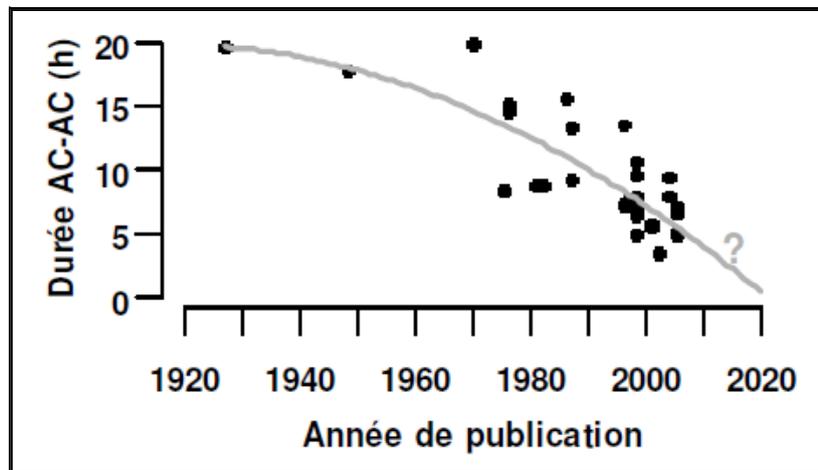


Figure 12 : Revue de l'évolution de la durée des chaleurs chez la vache (Cuttilic, 2010, n=39, dans l'article de Disenhaus *et al.*, 2010)

Durée AC-AC : Intervalle de temps entre la première et la dernière acceptation du chevauchement

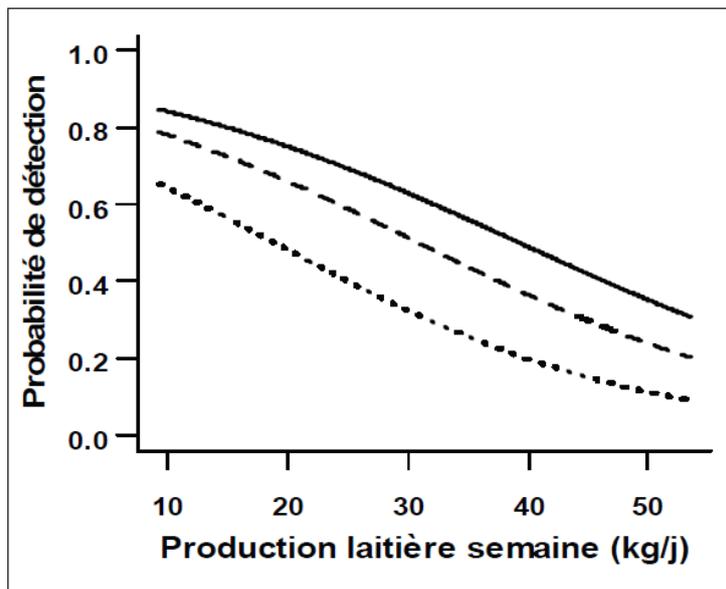


Figure 13: Probabilité de détection de l'ovulation en fonction du niveau de production laitière sur la semaine de l'ovulation, selon que l'observateur utilise l'ensemble des signes sexuels pour caractériser les chaleurs (-), exige au moins un chevauchement (--), exige au moins une acceptation du chevauchement(...) (Cutullic *et al.* 2010).

N=587 ovulations de vaches de races Holstein et Normande. Les régressions logistiques incluent les effets race ($P<0.01$), autre vache en chaleur ($P<0.0001$) et production laitière ($P<0.0001$).

5/ Facteurs de variation de l'expression des chaleurs.

De nombreux facteurs peuvent contribuer à la diminution ou à un retard de l'expression des chaleurs.

5.1. Nombre de vaches simultanément en chaleur :

Le premier facteur influant sur l'expression des chaleurs est la présence d'une ou plusieurs vaches en chaleurs au même moment. Plus il y a de vaches en chaleurs en même temps, mieux les chaleurs sont exprimées (Disenhaus *et al.*, 2010, Cutullic *et al.*, 2006). Les chaleurs sont donc mieux exprimées dans les grands troupeaux ou dans les troupeaux où les vêlages sont groupés (Disenhaus *et al.*, 2010).

5.2/ Anomalies de cyclicité post-partum

Parmi les vaches présentant une activité cyclique irrégulière ou retardée en post-partum, seule une vache en chaleurs sur deux est correctement détectée en chaleur, contre 4 vaches sur 5 parmi les vaches ne présentant pas d'anomalies de cyclicité (Disenhaus *et al.*, 2010)

5.3/ Production laitière

Une production laitière élevée a un impact négatif sur l'expression des chaleurs (Disenhaus *et al.*, 2010). Une loi de probabilité de détection de l'ovulation en fonction du niveau de production laitière a été établie dans l'étude de Cuttillic *et al.* (2010) (figure 13).

Les profils de cyclicité anormaux tel qu'une inactivité ovarienne prolongée ou une phase lutéale prolongée sont plus fréquents chez les vaches hautes productrices qui perdent le plus d'état après le vêlage (Disenhaus *et al.*, 2005), et sont en partie responsables de cette moindre expression des chaleurs.

5.4/ Etat corporel/déficit énergétique en début de lactation

Les vaches à faible note d'état corporel (NEC) au moment de l'IA, associé à un bilan énergétique négatif, expriment généralement moins bien l'œstrus et ont plus de chance d'avoir une reprise de la cyclicité retardée. L'étude de Cartmill *et al.* (2001b) montre une augmentation de 9,3% du taux de cyclicité par point d'augmentation de la note d'état corporel, pour des notes situées entre 1,25 et 3,5, entre 47 et 67 jours post-partum.

La perte d'état en début de lactation a également un impact négatif sur l'expression des chaleurs : l'étude de Ponsart *et al.* (2006) montre une augmentation de l'intervalle vêlage-première expression des chaleurs de 8 jours pour une perte d'état supérieure à un point dans les 30 premiers jours suivant le vêlage.

5.5/ Logement

CHAPITRE I: PHYSIOLOGIE OVARIENNE ET MISE À LA REPRODUCTION CHEZ LA VACHE LAITIÈRE

Les éleveurs ont souvent plus de difficultés à détecter les chaleurs lorsque la reproduction se fait en bâtiment plutôt qu'en pâture (Disenhaus *et al.*, 2005). La réussite à l'IA est meilleure lorsque la détection se fait sur des comportements de chaleurs nets plutôt que sur des signes discrets. Le moment de l'insémination étant souvent inapproprié lorsque la détection se fait sur des signes discrets (Cutullic *et al.*, 2006).

En bâtiment, les chevauchements sont favorisés en stabulation libre (aire paillée) et inhibés en stabulation en logettes (Saint-Dizier, 2005). Les sols glissants ou recouverts de lisier sont associés à une réduction du nombre de tentatives de chevauchements (Britt *et al.*, 1986), de même que les sols en béton par rapport aux sols recouverts de litière (Vailes et Britt, 1990).

5.6/ Race

Dans l'étude de Cutullic *et al.*, 2006, chez les vaches de race Normande, les chances de détection des chaleurs par acceptation du chevauchement que par signes discrets sont multipliés par 2,1 et 2,4 respectivement par rapport aux vaches de race Prim'Holstein .

5.7/ Maladies du post-partum et boiteries

Les maladies du post-partum augmentent l'intervalle vêlage-1^{ères} chaleurs (Ponsart *et al.*, 2006) par la baisse de l'état général qu'elles provoquent (métrites et mammites cliniques, fièvre de lait, non délivrances) et/ou en altérant la cyclicité (non délivrances, mauvaises involutions utérines et métrites sont des facteurs de risque de phases lutéales prolongées (Opsomer *et al.*, 2000). L'inconfort physique résultant d'une boiterie est quant à lui responsable d'une diminution de l'expression des chaleurs : les vaches boiteuses passent davantage de temps couchées, se déplacent moins et manifestent moins les comportements spécifiques des chaleurs (Walker *et al.* 2010, Dobson *et al.*, 2007).

6/ LA réussite de L'IA

L'insémination artificielle est pratiquée dans la majorité des élevages laitiers. Selon (Barbezant *et al.*, 2009), 85% des vaches laitières françaises étaient inséminées artificiellement en 2008 (Barbezant *et al.*, 2009). L'IA permet de diffuser rapidement le progrès génétique, de diminuer les risques sanitaires, et de se dispenser de l'utilisation d'un taureau. Cependant, la pratique de l'IA oblige l'éleveur à détecter les chaleurs, ou à mettre en place un protocole de synchronisation des chaleurs systématique avec insémination « en aveugle ».

6.1/ Choix du moment de l'insémination artificiel :

La détermination du moment optimal d'IA peut permettre d'augmenter le taux de gestation à l'œstrus induit.

CHAPITRE I: PHYSIOLOGIE OVARIENNE ET MISE À LA REPRODUCTION CHEZ LA VACHE LAITIÈRE

L'insémination artificielle doit se faire idéalement au moment de l'œstrus soit 12 heures environ après le début des chaleurs. Connaître l'intervalle de temps entre le retrait du dispositif progestagène et le début des chaleurs permet de réduire la période d'observation des animaux ou même d'inséminer systématiquement à un moment déterminé sans observation des chaleurs. Cet intervalle entre arrêt du traitement progestagène et apparition des chaleurs est notamment influencée par le stade du cycle au moment de l'instauration du traitement progestagène. Chez les vaches en metœstrus au début du traitement, l'œstrus est plus tardif que chez les vaches en œstrus ou diœstrus (*Hettinger et al., 2004*). La durée de dominance du follicule est également une source de variation. Lorsque cette durée de dominance est de 4 jours, 80% des chaleurs apparaissent dans une fenêtre de temps de 6 heures, comprises entre la 39^{ème} et la 45^{ème} heure après l'arrêt du traitement. Au-delà de 4 jours de dominance, la fenêtre s'allonge à 18 heures, comprises entre la 27^{ème} et la 45^{ème} heure après l'arrêt du traitement (*Austin et al., 1999*). Cependant, l'étendue de ces intervalles entre retrait du dispositif progestagène et apparition des chaleurs reste très faible. Le délai de survenue de chaleurs a été également étudié chez des vaches et génisses allaitantes ainsi que sur des génisses laitières, cyclées ou non (*Lucy et al., en 2001*). Après un traitement avec le CIDR® durant 7 jours associé à une injection de PGF 2 α le 6^{ème} jour, environ 80% des chaleurs apparaissaient dans les trois jours suivant le retrait du dispositif dont 55% le deuxième jour.

6.1.1/ Insémination artificielle sur chaleurs induites observées

L'insémination artificielle a été faite 12 à 16 heures après observation des chaleurs par les éleveurs, selon ses critères habituels. Un résumé des différents actes, prélèvements et traitement effectués est présenté dans la figure 14.

6.1.2/ Insémination artificielle systématique

Le jour du retrait de CIDR®, une injection d'eCG a été réalisée (dose déterminée selon le type d'animal) chez les vaches laitières, et les vaches et génisses allaitantes. L'insémination artificielle a été faite 56 heures après le retrait du CIDR®. Un résumé des différents actes, prélèvements et traitement effectués est présenté dans la (figure 15.)

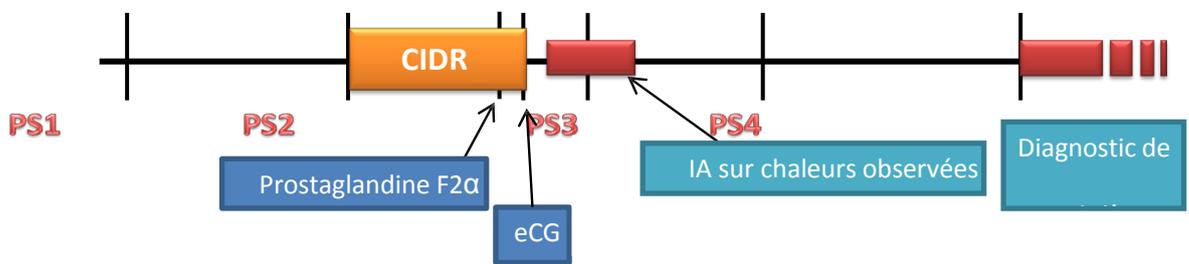


Figure 14 : Représentation schématique du protocole d'insémination artificielle sur chaleurs induites observées

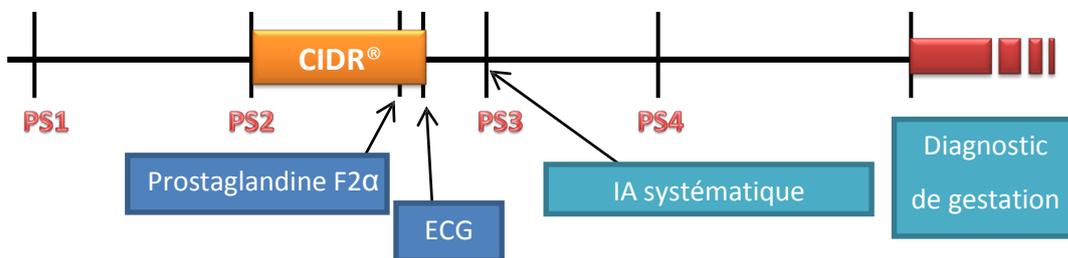


Figure 15 : Représentation schématique du protocole d'insémination artificielle systématique

II/ Cyclicité post-partum

1. L'activité sexuelle normale après vêlage

1.1. Premier follicule dominant, première ovulation :

Une période d'œstrus physiologique plus ou moins longue suit le vêlage. Chez la vache laitière, l'intervalle de temps entre le vêlage et l'apparition du premier follicule dominant est très variable (de 5 à 39 jours). Elle dépend de plusieurs facteurs (Mialot *et al.*, 2001), notamment de la parité (chez les multipares que chez les primipares) et de la saison (intervalle plus court à l'automne qu'au printemps). Selon l'étude de (Sakaguchi et al. 2004), 46% des premières ovulations chez la vache laitière (figure 16) sont observées dès la première vague folliculaire 22% lors de la deuxième et 32% requièrent 3 vagues ou plus. Par contre, chez la vache allaitante, le premier follicule dominant apparaît en moyenne plus tôt, au 10^{ème} jour post-partum (de 7 à 18 jours), mais subit l'atrésie dans 70 à 80% des cas. La première ovulation n'apparaît en moyenne qu'à 70 jours post-partum. Cette ovulation plus tardive est liée à la présence du veau et de la tétée qui déclenche la libération de prolactine et de béta-endorphines (Picard-Hagen *et al.*, 2008a). A chaque vague folliculaire, le follicule dominant peut ovuler, s'atrésie ou devenir kystique (Figure 17): Selon Mialot *et al.*.(2001) trois évolutions sont possibles pour ce follicule dominant : l'ovulation dans 75% des cas, la transformation en kyste dans 20% des cas ou l'atrésie dans 5% des cas. Chacun de ces cas peut mener à des anomalies de la reprise de cyclicité post-partum.

1.2. Contrôle hormonal du retour à une cyclicité normale

Pendant la gestation, le taux de progestérone élevé exerce un rétrocontrôle négatif sur l'axe hypothalamo-hypophysaire, diminuant la fréquence et l'amplitude des pics de LH et empêche toute ovulation. L'existence de vagues folliculaires tout au long de la gestation est controversée, surtout dans son dernier tiers mais il semblerait que même si elles ne sont pas détectables, ces vagues persistent durant toute sa durée (Niswender et al. (2000).

Après le vêlage, la baisse de la progestérone et des œstrogènes à un niveau basal permet le retour à un rétrocontrôle positif sur l'hypophyse (Drion *et al.*, 2000) et une activité cyclique "normale" va progressivement s'installer. Le rétablissement de cette activité peut diviser en plusieurs étapes (Grimard et al. 2005): *Sous l'influence d'une sécrétion précoce de GnRH par l'hypothalamus, l'hypophyse synthétise de la FSH et de LH. La FSH libérée, entraîne une rapide augmentation de son taux plasmatique dès 5-6 jours post-partum alors que la LH est stockée. *La FSH permet l'apparition des premiers gros follicules de diamètre supérieur à 10 mm entre 10 et 14 jours après le vêlage.

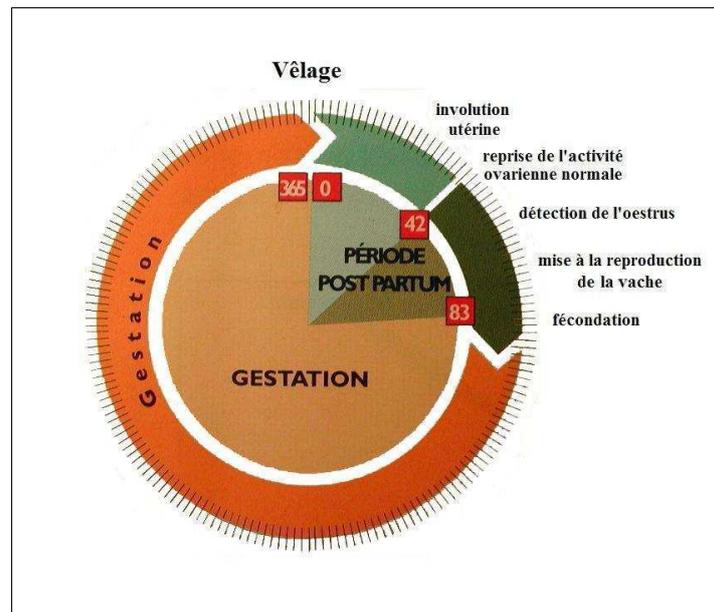


Figure 16 : Cycle reproducteur annuel théorique chez la vache laitière. (Deletang et al., 2003).

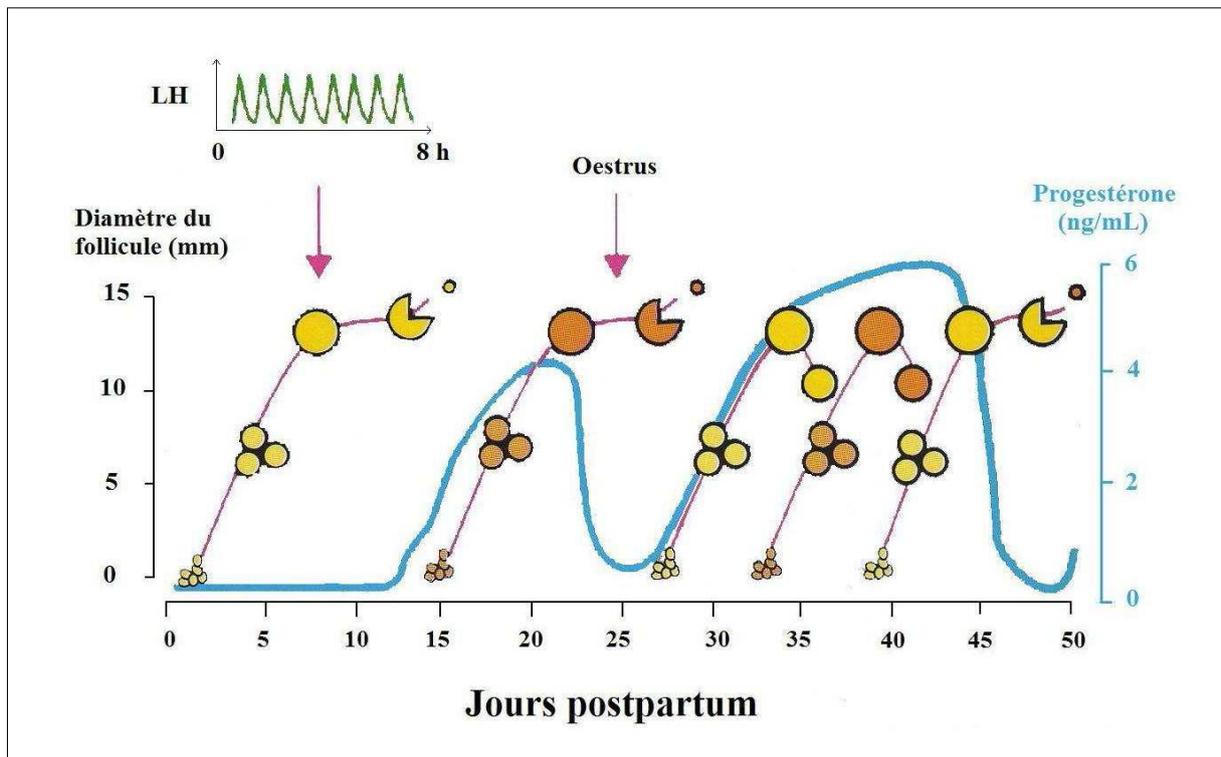


Figure 17 : Reprise du développement folliculaire chez la vache laitière *postpartum* (Adapté d'après Ennuyer, 2000).

CHAPITRE I: PHYSIOLOGIE OVARIENNE ET MISE À LA REPRODUCTION CHEZ LA VACHE LAITIÈRE

*A partir de 10 à 20 jours post-partum, l'hypophyse devient sensible à l'action de la GnRH et les premiers pulses de LH sont observables (Grimard *et al.*, 2005).

*Durant les premières vagues, la synthèse folliculaire d'œstrogènes peut être insuffisante pour assurer le rétrocontrôle positif sur l'hypothalamus et le pic ovulatoire de LH.

*L'ovulation a lieu après une ou plusieurs vagues folliculaires. La 1ère ovulation est enfin déclenchée lorsque le follicule dominant produit suffisamment d'œstrogènes pour exercer un rétrocontrôle positif sur l'axe hypothalamus-hypophysaire et déclencher le pic pré-ovulatoire de LH (Grimard *et al.*, 2005).

D'après une synthèse menée sur 10 études par (Lecouteux ., 2005), l'intervalle moyen entre vêlage et première ovulation est de 28,5 jours. La première ovulation se produit plus ou moins tôt : entre 15 et 30 jours post-partum en moyenne, et pour 85 à 90% des vaches dans les 50 jours après vêlage (Lopez-Gatus et al. 2002 ; Disenhaus et al. 2003), mais des variations importantes existent autour de cette valeur (de 6 à 100 jours)._Cependant ; l'ovulation n'est en général pas accompagnée de comportement de chaleurs et les premières phases lutéales sont généralement plus courtes. Les chaleurs sont de plus en plus visibles au cours des cycles suivants (Mialot *et al.*, 2001).

2 Reprise de cyclicité post-partum anormale

Le suivi du rétablissement de la fonction sexuelle post-partum repose sur des dosages fréquents de progestérone dans le lait ou dans le sang. Ces prélèvements permettent de définir des profils :

Un cycle est considéré comme normal quand l'intervalle entre 2 ovulations est compris entre 18 et 24 jours (Grimard et al. 2005).

Tout profil qui s'écarte de cette définition est considéré comme anormal. Seulement 50 à 70% des vaches présentent des profils de reprise d'activité cyclique normaux après vêlage (Disenhaus *et al.*, 2005 ; Grimard et al. 2005). Dans l'étude récente de (Freret et al. 2005), 73,5% des vaches présentent une cyclicité post-partum normale.

Pour chaque technique, un seuil de progestérone est fixé afin de définir la phase lutéale. Chez la vache laitière, 5 profils et cinq types d'anomalie de cyclicité post-partum ont été identifiées par mesures répétées de la progestéronémie (Kerbrat et Disenhaus, 2000).

*profil normal ;

*Retard de reprise de cyclicité : quand l'intervalle entre le vêlage et la première ovulation dépasse un délai généralement fixé à 50 jours mais aussi à 31-32 jours pour certains auteurs ;

* Phase lutéale prolongée : lorsque le taux de progestérone reste supérieur à un seuil défini sur plus de 19 à 28 jours consécutifs en fonction des auteurs ;

* Phase lutéale courte : lorsque le taux de progestérone reste supérieur à un seuil défini moins de 10 jours consécutifs ;

* Profils irréguliers : ce sont des profils non classables dans les catégories précédentes.

Le taux de profils comprenant une phase lutéale courte est difficile à connaître car il est considéré comme physiologique lors du premier cycle et n'est pas toujours pris en compte dans les études : il en résulte des fréquences sur second cycle variant de 0,5 à 5% des animaux. La fréquence des profils irréguliers varie de 3 à 12%. Par contre, la phase lutéale prolongée semble être le profil anormal le plus fréquemment rencontré avec parfois 35% des animaux concernés. La fréquence des retards de reprise de cyclicité semble très variable suivant les troupeaux et les études. En prenant 50 jours post-partum comme seuil de définition, on observe de 5 à 7% dans les années 1980 et jusqu'à 25% plus récemment (Lecouteux ., 2005).

2. Principaux facteurs de risque de ces anomalies

2.1. Les troubles génitaux

Les troubles génitaux intervenant autour et après le vêlage ont une forte influence sur la survenue de profils anormaux chez les vaches laitières. Des retards de reprise de cyclicité post-partum ont été constatés après des vêlages dystociques et des défauts d'involution utérine (Opsomer et al. 2000). Ces anomalies semblent associées aux phases lutéales prolongées comme l'ont montré (Taylor et al., 2003). Les métrites ou les écoulements vaginaux anormaux prédisposent également à ce genre de problème.

Selon (Shrestha et al. 2004), 94% des vaches présentant cette anomalie réalisent une involution utérine incomplète à 5 semaines post-partum contre 50% seulement chez les vaches présentant un profil normal.

Il semblerait que l'influence forte de ces affections génitales sur les phases lutéales prolongées soit imputable à un défaut de synthèse de prostaglandines et en particulier la $PGF_{2\alpha}$ par l'utérus (Grimard et al. 2003).

2.2. Le rang de vêlage

Le rang de vêlage a des effets multiples et différents sur les profils de cyclicité post- partum. Alors que l'intervalle vêlage-première ovulation est généralement plus long chez les primipares (Grimard et al. 2003), il semble exister une augmentation de la fréquence des phases lutéales prolongées et des interruptions de cyclicité avec le rang de lactation (Lecouteux., 2005). Cet effet pourrait être relié au fait que les vaches âgées ont une involution utérine plus lente, ce qui les prédispose aux métrites et, par conséquent aux phases lutéales prolongées.

2.3. La saison

La saison est un critère qui a été analysé par (Opsomer et al. 2000). Il a confirmé dans son étude que les vaches vêlant en stabulation en hiver, avaient plus de risques de souffrir d'un retard de cyclicité que les vaches vêlant l'été en pâture. Cependant un facteur explicatif, tel que la ration, la durée d'ensoleillement ou l'exercice, n'a pas pu être mis en évidence.

2.4. L'état de santé

De façon plus générale, l'état de santé des animaux joue un rôle important sur la reprise de cyclicité après vêlage. Ainsi les vaches présentant une mammite, une boiterie ou une bronchite ont plus de risques de souffrir d'inactivité sexuelle prolongée. Comme le montrent (Opsomer et al. 2000), le risque semble particulièrement accru chez les vaches présentant une cétose en début de lactation.

2.5. Production laitière

Les vaches à faible production (Disenhaus et al. 2002) présentent moins de profils anormaux (5% chez ces vaches contre 20% chez les vaches plus hautes productrices).

Troisième partie : Les performances reproductives chez la vache laitière

Les performances de reproduction d'un individu ou d'un troupeau sont habituellement évaluées au moyen de paramètres, au demeurant étroitement liés, définissant sa fertilité d'une part et sa fécondité d'autre part (Hanzen ., 1996). Il convient de noter que la distinction entre fécondité et fertilité, retrouvée dans la littérature vétérinaire francophone, est absente dans la littérature anglo-saxonne, les deux termes se traduisant par « fertility »

Par rapport à la fertilité, la fécondité tient compte, en plus, de la capacité à mener la gestation à son terme et à mettre-bas le nouveau-né. La fécondité comprend donc la fertilité, le développement embryonnaire et fœtal, la mise bas et la survie du nouveau-né. Il s'agit d'une notion économique, ajoutant à la fertilité un paramètre de durée. Chacun des paramètres de reproduction se voit attribuer un objectif en vue de l'optimisation de la productivité du troupeau. Les objectifs pour la reproduction peuvent varier en fonction de l'élevage et de la productivité (production laitière notamment).

I/ Rappels :

I.1/ Notion de fertilité :

La fertilité est un paramètre physiologique qui représente l'aptitude d'une femelle à être fécondée au moment où elle est mise à la reproduction. La fertilité est définie donc comme l'aptitude à produire des ovocytes fécondables. L'évaluation de la fertilité est plus complexe (Hanzen ., 1996). Elle peut être réalisée sur les seuls animaux gestants du troupeau (fertilité apparente) ou prendre également en considération les animaux inséminés mais réformés par la suite (fertilité totale).

Les critères de fertilité sont les suivants (Figure 18):

- Taux de réussite en première insémination artificielle (IA) :

Taux de réussite en 1ère IA = $\frac{\text{Nombre d'IA1 suivies d'une gestation confirmée}}{\text{Nombre d'IA1}} \times 100$

Il faut prendre en compte, lors de son analyse, qu'il peut être modifié par la réforme de certaines vaches, la mise en place d'un taureau...

- Pourcentage de vaches en « repeat breeding ». Il s'agit des vaches présentant des chaleurs normales et régulières (tous les 21 jours) et qui sont inséminées sans résultat. Le seuil est établi à 3 IA non fécondantes ou plus.

Taux repeat breeding = $\frac{\text{Nombre de vaches à plus de 3 IA sur le}}{\text{Nombre de vaches mises à la reproduction}} \times 100$

- Le rapport IA/IAf : $\frac{\text{IA}}{\text{IAf}} = \frac{\text{nombre total d'IA sur le}}{\text{nombre total d'IAf}}$

- Taux de gestation du troupeau :

Taux de gestation = $\frac{\text{Nombre de femelles confirmées gestantes sur le}}{\text{Nombre de femelles mises à la reproduction}} \times 100$

Ce critère a un impact économique essentiel. Il reflète les performances de reproduction du troupeau dans son ensemble.

- L'intervalle vêlage-premières chaleurs (IV-C1). Il n'est pas toujours évident pour l'éleveur d'observer les premières chaleurs après la mise-bas, mais les noter est très utile. Cela renseigne notamment le vétérinaire sur la détection des chaleurs par l'éleveur.
- L'intervalle vêlage-première insémination (IV-IA1). Il dépend essentiellement de l'attention portée dans l'élevage à une mise à la reproduction rapide.
- Taux de vaches dont l'IV-IA1 est supérieur à 90 jours.
- Numéro moyen de lactation. Il correspond à l'âge moyen du troupeau et nous renseigne donc sur la politique de réforme de l'élevage. Les objectifs habituellement retenus pour les critères de fertilité sont résumés dans le tableau 02

I.2/ Notion de fécondité

La fécondité se définit comme étant l'aptitude d'un individu à produire une ou plusieurs gamètes capables de féconder ou d'être fécondées (Thibault C et Levasseur M.C 2001). En effet, le taux de fécondité est le rapport entre le nombre de jeunes nés et le nombre de femelles mises à la reproduction. Toutefois, selon (Chevalier F et Col 1996), la fécondité est un paramètre économique qui représente l'aptitude à donner naissance à un nouveau-né vivant et viable... Par ailleurs selon (Dudouet.C 1999), Les critères de fécondité correspondent de manière générale à des intervalles calculés (figure 18). Nous citerons :

- L'intervalle vêlage-vêlage (IVV). Il correspond, pour chaque vache, à l'intervalle entre ses deux derniers vêlages. Son allongement signe un décalage des vêlages, qui peut devenir pénalisant s'il n'est pas rattrapé. L'objectif idéal est de 365 jours mais il est à moduler en fonction des races et des choix de l'éleveur. Il faut être prudent dans son interprétation car il ne tient pas compte des réformes pour infertilité (Soltner.D 2001).

CHAPITRE I: PHYSIOLOGIE OVARIENNE ET MISE À LA REPRODUCTION CHEZ LA VACHE LAITIÈRE

- L'intervalle vêlage-IA fécondante (IV-IAf). Il faut s'assurer pour ce paramètre du mode de calcul. Ne doivent être considérées comme fécondantes que les IA suivies d'une mise-bas à terme.
 - Taux de vaches dont l'IV-IAf est supérieur à 110 jours.
 - L'intervalle première IA-IA fécondante (IIA1-IAf). Il représente le temps perdu entre la 1ère IA et l'IA fécondante. C'est donc un complément intéressant de l'IV-IA1.
 - Taux de réforme pour infécondité. Il faut le relier à l'IVV.
- Les objectifs usuels de fécondité sont résumés dans le tableau 02.

I.3/ Notion d'infécondité

L'infécondité d'un cheptel laitier se traduit :

Soit par une lactation prolongée (de 11 mois à 13 mois, voire plus)

Soit par un allongement de la période de tarissement et ce au delà de 60 jours

Dès que l'intervalle vêlage- vêlage est supérieur à 400 jours (Badinant., 1983) , ou que l'intervalle vêlage insémination fécondante dépasse 110 jours ,il peut s'agir d'un retard de mise bas ou de fécondation.

Selon (Charron ., 1986), une vache est considérée comme inféconde ,lorsque celle-ci est déclarée vide 120 jours après son dernier part, ou si elle a eu 3 inséminations et plus ,par ailleurs un troupeau est considéré comme infécond quand ce dernier exprime 15% et plus de ces vaches infécondes.

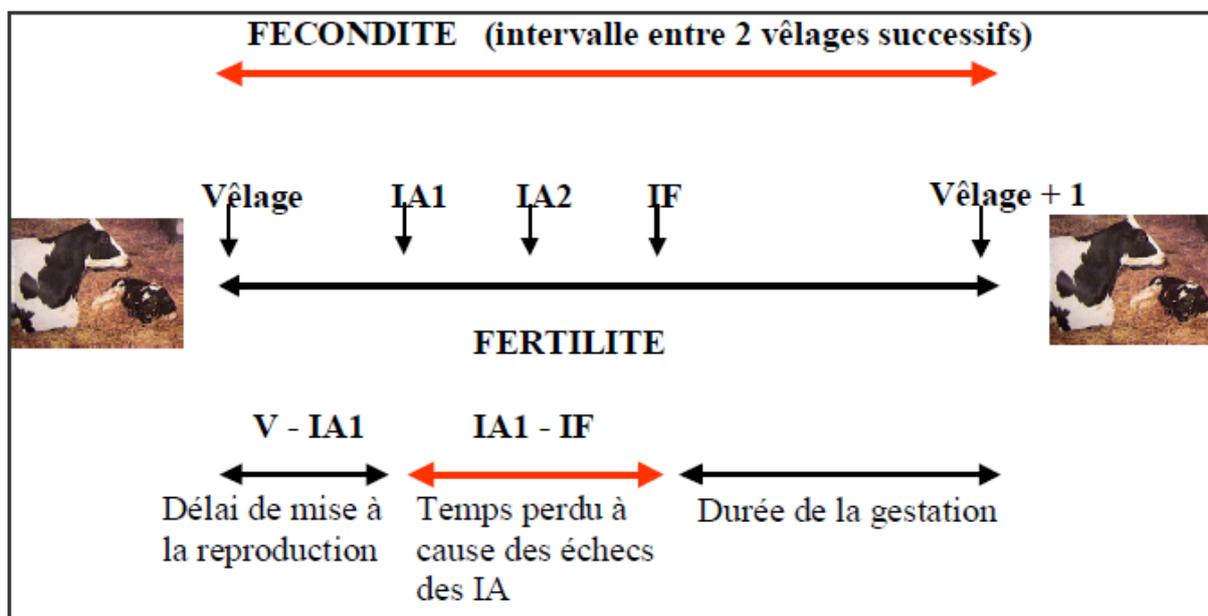


Figure 18: Notions de fertilité et de fécondité appliquées en élevage bovin laitier (d'après Tillard *et al.*, 1999).

CHAPITRE I: PHYSIOLOGIE OVARIENNE ET MISE À LA REPRODUCTION CHEZ LA VACHE LAITIÈRE

Tableau 02 Objectifs de fertilité (d'après Picard-Hagen, Raboisson, et *al.*, 2008 ;Cosson, 1998)

| Paramètres | Objectifs |
|-------------------------|----------------------------------|
| Taux réussite en IA1 | >50% multipares >60% génisses |
| Taux de repeat breeding | <15% |
| IA/IAf | < 1,7 |
| Taux de gestation | >90% |
| IV-C1 | <50j |
| IV-IA1 | 50-70j |
| IV-IA1>90j | <15% |

Tableau 03 : Objectifs de fécondité (d'après Picard-Hagen, Raboisson, et *al.*, 2008 ; Cosson, 1998).

| Paramètres | Objectifs |
|----------------------------------|---|
| IVV | 365j 370-390j en pratique |
| IV-IAf | 90j (100j pour les vaches laitières hautes productrices (VLHP)) |
| IV-IAf>110j | <15% (<20% pour les VLHP) |
| Taux de réforme pour infécondité | <8% du troupeau <25% des réformes |

II/ Caractéristiques du troupeau

II.1/ Nombre de vaches présentes

Il est tributaire d'une part du nombre d'animaux et d'autre part de la disponibilité de la main d'œuvre.

II.2/ Nombre de vaches ayant vêlées

Il doit être normalement identique à celui des vaches présentes, toutefois, les normes acceptables doivent être de 95%, selon (Seegers., 1992). Si ce taux est inférieur on peut incriminer un problème de fertilité ou encore une durée d'engraissement allongée avant que la vache ne soit réformée. Dans le cas où le pourcentage de vaches ayant vêlé est élevé, l'éleveur a eu tendance au cours de l'année précédente à mettre trop tôt ses vaches à la reproduction ou bien encore un nombre élevé de génisses a vêlé.

II.3/ Le pourcentage de primipares

L'objectif assigné pour ce critère est compris entre 20 à 30% ; toutefois pour avoir une structure équilibrée en âges du cheptel, taux de primipares doit être légèrement supérieur aux besoins. Cette situation permet une certaine sélection à la fin de la première lactation. Un pourcentage supérieur aux normes admises, est interprété comme une expansion numérique du cheptel, ou comme une réponse à une pyramide des âges très déséquilibrés, par ailleurs, un surplus de pourcentage de primipares dans un cheptel se traduit par une baisse de la moyenne de la production laitière par vache et par voie de conséquence peut justifier une réduction légère de la fertilité (Seggers., 1992).

II.4/ L'âge au premier vêlage

L'objectif fixé pour ce critère est d'obtenir des génisses qui mettent bas entre 24 et 27 mois, toutefois ce seuil peut être ramené entre 28-30 mois, si toutefois les parturitions coïncident avec de périodes défavorables (Vandehaar M.J 2006) donne des âges au premier vêlage entre 22 et 24 mois pour des génisses de race Holstein et de race Ayrshire. Par ailleurs, (Lefèbre et al., 2004) pour des animaux de même race, donnent un âge moyen au premier part respectivement de 28 mois pour les génisses de race Ayrshire et 27 mois pour des animaux de race Holstein. Selon (Wattiaux ., 2005) l'âge à la première parturition peut-être de l'ordre de 22-24 mois il est clair évident que ces données sont intimement liées au poids corporel des animaux, de plus ce paramètre est généralement associé à d'autres facteurs notamment, la saison de mise bas et l'intervalle premier vêlage saillie pour la deuxième gestation.

II.5/ Le rang moyen de lactation

Le rang moyen de lactation pour une vache en production et pendant toute sa vie productive doit être supérieur à 3 et ce pour une pyramide des âges équilibrés. Si ce critère est nettement en dessous, on ne profite pas du potentiel de production adulte, qui se situe à partir de la troisième lactation pour les animaux de race Frisonne française et 4ème -5ème lactation pour ceux appartenant aux races Montbéliarde et Normande (Seegers et al., 1992).

II.6/ Nombre moyen de lactations avant réforme

Le rang moyen de lactation doit être supérieur à 3, pour une pyramide des âges équilibrée, si ce facteur est franchement inférieur, on ne profite pas du potentiel de production adulte, qui se situe en fonction des races à partir de la 3ème lactation pour de génisses appartenant à la race Frisonne Française et entre la 4-5ème lactation pour des animaux de race Montbéliarde ou de race Normande.

Il est généralement recommandé comme objectif un nombre de 5 lactations, toutefois la longévité réelle est beaucoup plus faible, en effet on enregistre 3 à 3.5 lactations en général comme chiffre moyen de lactations avant la réforme des vaches.

II.7. Pourcentage de réforme au cours de l'exercice

Ce taux est étroitement lié et proche du pourcentage des primipares, si l'effectif est stable, les réformes doivent être pour moitié seulement des éliminations involontaires (Seegers et al 1992).

II.8/ Ecart dernier tarissement réforme

Selon (Seegers H et Malher X, 1996), pour les vaches à potentiel équilibré, il est inutile de dépasser 60 jours d'engraissement. Nous avons emprunté le tableau de M.A Wattiaux. (1996), pour résumer les indices de reproduction, ainsi que leur valeur optimale.

III/ Facteurs de variation de la fertilité

III.1/ Etat corporel/déficit énergétique

Un bilan énergétique négatif révélé par une baisse de la note d'état corporel en début de lactation diminue la fertilité (Ledoux *et al.*, 2006) et multiplie ainsi le risque de mortalité embryonnaire tardive par 2,4 (Lopez-Gatius *et al.*, 2002).

Le taux protéique du lait est un indicateur de déficit énergétique de la ration. Il est associé à une dégradation de la fertilité (Opsomer, 2000). Un état de cétose subclinique associé au déficit énergétique du début de lactation est également responsable d'une dégradation des performances de reproduction avec un moins bon taux de réussite à la 1^{ère} IA (Walsh *et al.*, 2007).

III.2/ Production laitière

La sélection génétique sur la production laitière, négativement corrélée à la fertilité, est en partie responsable de la baisse de la fertilité (Ponsart *et al.*, 2007).

Une forte production laitière favorise un bilan énergétique négatif, diminuant la fertilité. Ainsi, c'est souvent la production maximale correspondant approximativement à la production laitière au pic de lactation, est associée à une baisse de la fertilité (Pinto *et al.*, 2000). Le taux de réussite à la première IA diminue de moitié (0,5 à 0,25) entre 30 et 50 kg de lait brut au pic de lactation (Disenhaus *et al.*, 2005).

III.3/Intervalle vêlage remise à la reproduction

Comme nous l'avons vu précédemment, la fertilité augmente progressivement après le vêlage pour atteindre son plus haut niveau entre 70 et 90 jours post-partum.

III.4/ Rang de vêlage

De manière générale, les taux de réussite à la première insémination sont bien meilleurs chez les génisses que chez les vaches en lactation (figure 19). Cette meilleure fertilité chez les génisses pourrait être expliquée par des différences dans la croissance folliculaire (cycles plus courts, follicule ovulatoire plus petit, période de dominance moins longue) et dans les concentrations hormonales (concentrations plus élevées d'œstradiol autour de l'œstrus, de LH au moment de la décharge ovulatoire, et de progestérone entre J3 et J16, et concentration plus faible en FSH) (Wolfenson *et al.*, 2004). Chez les vaches en lactation, la fertilité se dégrade légèrement de lactation en lactation (figure 19). On peut expliquer ceci par une production laitière plus élevée et des problèmes métaboliques plus fréquents chez les multipares que chez les primipares et probablement un vieillissement de l'appareil génital d'année en année (Tenhagen *et al.*, 2001).

III.5/Nombre de vagues par cycle

Il n'y a actuellement pas de certitude quant à la relation entre nombre de vagues folliculaires et fertilité. Selon (Bleach *et al.*, 2004), le nombre de vagues folliculaires par cycle

n'influerait pas sur la fertilité. Cependant ; dans l'étude de (Ahmad *et al.* 1997), le taux de gestation des génisses n'était pas affecté par le nombre de vagues folliculaires par rapport aux vaches où la fertilité était meilleure chez les vaches avec des cycles à 3 vagues (Loeffler *et al.*, 1999).

III.6/Affections de l'appareil génital

D'après l'étude de Loeffler *et al.* (1999), les kystes ovariens et métrites sont corrélées négativement avec la fertilité, et ce d'autant plus lorsque leur survenue est proche de l'IA. La rétention placentaire a également un impact sur la fertilité, mais moins marqué.

CHAPITRE I: PHYSIOLOGIE OVARIENNE ET MISE À LA REPRODUCTION CHEZ LA VACHE LAITIÈRE

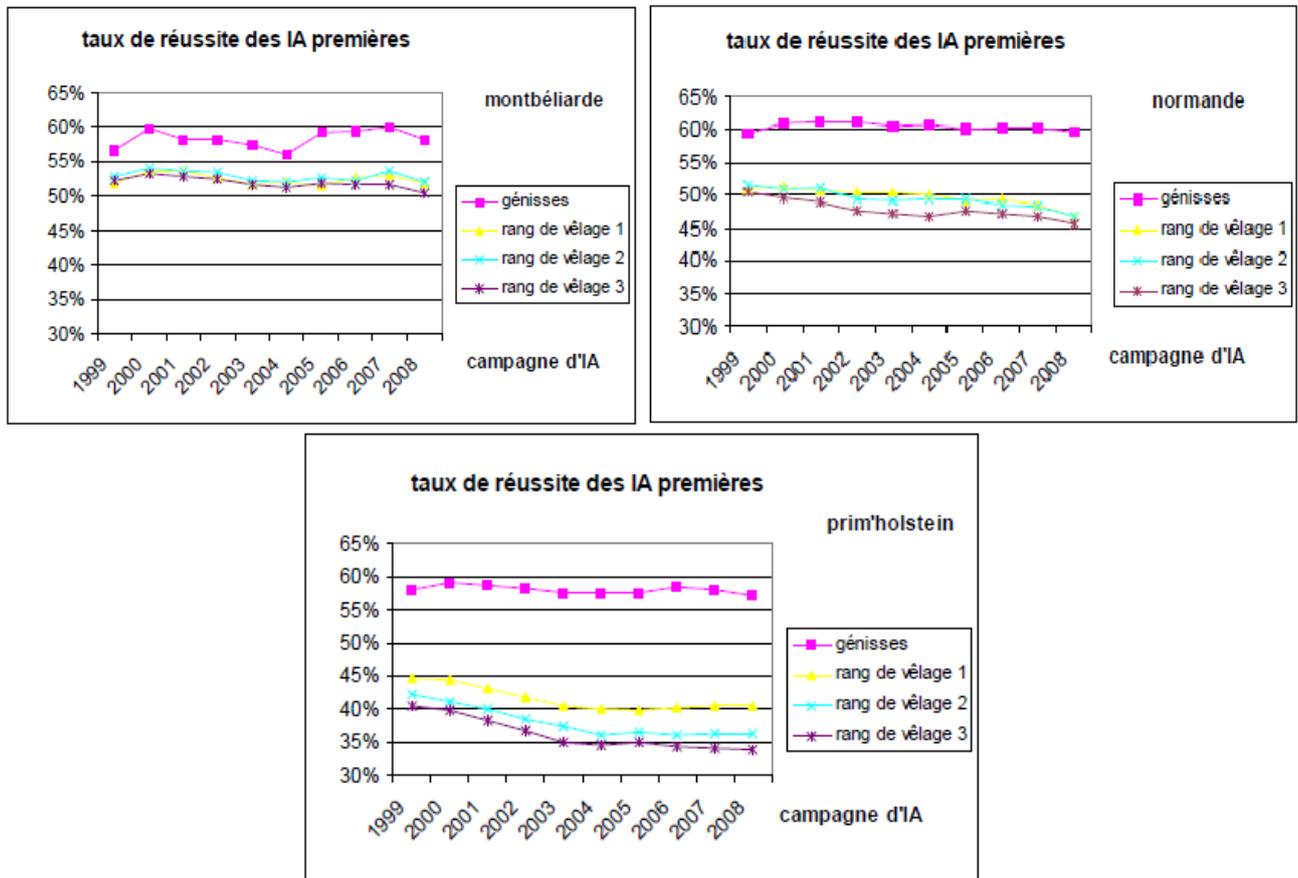


Figure 19: Evolution des taux de réussite des IA premières dans les races Normande, Montbéliarde et Prim'Holstein (Le Mézec *et al.*, 2010).

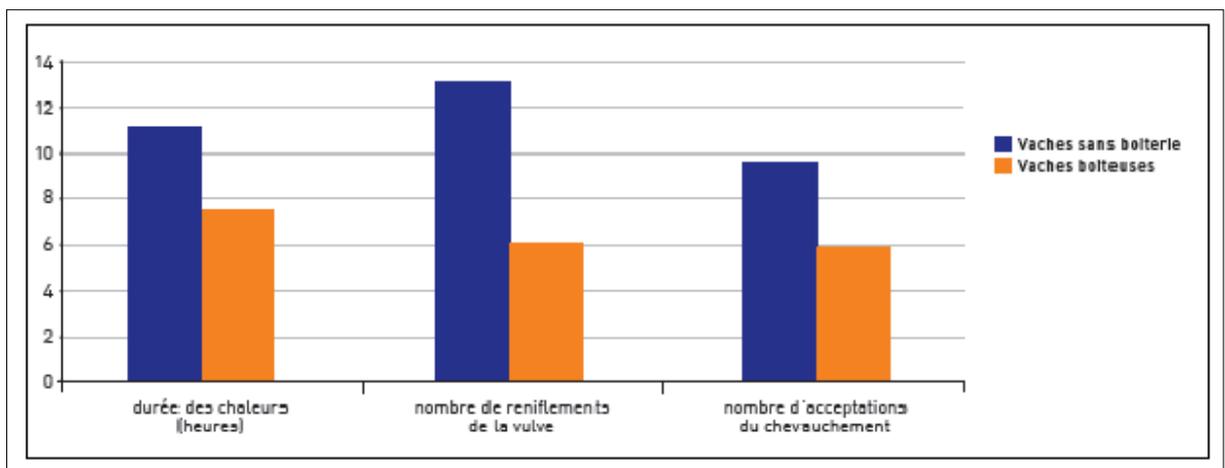


Figure 20: Conséquences de la boiterie sur la durée et l'intensité des chaleurs (Dobson *et al.* 2007)

III.7/Autres affections

Les boiteries diminuent significativement la fertilité à la 1^{ère} IA (Melendez *et al.* 2003). Le déplacement de caillette, les mammites cliniques et la fièvre de lait altèrent également la fertilité, mais de manière moins importante (Dobson *et al.*, 2007).

L'influence des affections de l'appareil génital, sur la fertilité est d'autant plus forte que leur apparition est proche de l'IA (Loeffler *et al.*, 1999). D'une manière générale, la douleur et le stress liés aux maladies du post-partum et aux boiteries provoqueraient une diminution de la production de GnRH (Figure 20), et donc de la LH. En conséquence, la baisse de pulsativité de la LH entrainerait la production de follicules plus petits, produisant moins d'œstrogènes. Ces derniers seraient alors en quantité insuffisante pour exercer un rétrocontrôle positif et provoquer le pic pré-ovulatoire de LH permettant l'ovulation (Dobson *et al.*, 2007).

III.8/Stress thermique

Le stress thermique correspondant au dépassement d'un seuil prenant en compte la température et l'humidité relative, dégrade la fertilité (Cartmill *et al.* 2001a). Il diminue la sécrétion d'œstradiol en perturbant la croissance folliculaire et en altérant le développement embryonnaire.

III.9/Déroulement du vêlage précédent

Les vêlages dystociques altèrent la fertilité à l'insémination suivante surtout lorsqu'une extraction forcée ou une césarienne sont pratiquées (Humblot *et al.*, 1996 ; Ponsart *et al.*, 1996). La cause serait l'infection utérine suivant le vêlage, inhibant la sécrétion de PGF2 α et le taux d'ovulation (Grimard *et al.*, 2003).

Cependant, ce facteur n'est évoqué que dans les études concernant les vaches allaitantes, les vaches laitières étant beaucoup moins sujettes aux dystocies.

CHAPITRE II :

MAITRISE DES

CYCLES CHEZ LA

VACHE LAITIÈRE

I/ Intérêts des traitements de synchronisation des chaleurs

Les traitements de synchronisation des chaleurs visent à maîtriser le cycle de la vache en agissant sur la durée de la phase lutéale uniquement, ou à la fois sur la durée de la phase lutéale et sur la vague de croissance folliculaire (Picard-Hagen *et al.*, 2008a). Chez les bovins laitiers, l'utilisation de la maîtrise des cycles permet de s'affranchir de la majorité des problèmes liés à la détection des chaleurs. Cette technique a pour but de faire venir en chaleurs observées, soit à l'aveugle à un moment donné après la fin du traitement et au moment prédéterminé (Grimard *et al.*, 2003).

Le souhait d'avoir un veau par vache par an, préconise l'utilisation fréquente des traitements de synchronisation des chaleurs avec la possibilité de réaliser la sélection progressive des animaux ayant une meilleure production laitière (Grimard *et al.*, 2003).

Les traitements de synchronisation des chaleurs ont des intérêts multiples pour les éleveurs et les centres d'insémination.

I.1/ Intérêts pour l'éleveur

Il peut intervenir de façon efficace sur le rythme d'apparition des chaleurs: Il a donc la possibilité de programmer des chaleurs et des dates d'inséminations, et de planifier les mises bas en fonction de divers paramètres d'ordre pratique et économique. L'éleveur possède ainsi un atout supplémentaire important pour parfaire la gestion du troupeau, gestion qui doit être toujours rigoureuse face à l'évolution de l'élevage moderne et qui passe par la recherche d'une productivité toujours accrue.

Comment la maîtrise des cycles permet-elle d'atteindre cet objectif ?

* La détection des chaleurs qui se manifesteront alors sur une période prévue et relativement courte pour la femelle ou le groupe de femelles traitées se trouve hautement facilitée. Dans certains cas une double insémination peut être pratiquée «en aveugle» à une date post traitement bien précis sans se soucier des signes extérieurs d'œstrus.

* L'induction des chaleurs en toute saison, en programmant la saison de vêlage coïncidant la période de la disponibilité des ressources fourragères.

* L'obtention des vêlages précoces en réduisant l'âge à la puberté et de l'intervalle entre vêlage cela permet une augmentation de la carrière reproductrice de la femelle.

* Le regroupement des mise bas ce qui permet d'organiser le travail du vétérinaire et l'éleveur;

* La programmation des naissances en fonction de la disponibilité des fourrages ce qui permet à l'éleveur de conduire son troupeau en lots homogènes, d'assurer une bonne croissance des veaux et d'obtenir une meilleure rationalisation de son travail au moment où les cours sont les plus soutenus.

* La limitation des pertes économiques (production laitière) liées aux retards de mise à la reproduction, en accélérant la reprise de la cyclicité après le vêlage réalisant ainsi l'objectif.

* La maîtrise des cycles surtout dans les élevages allaitants aide à développer la pratique de l'insémination artificielle qui présente deux avantages essentiels:

- La possibilité certaine d'obtenir une amélioration génétique, source de meilleures performances.

- La garantie et le maintien d'un bon état sanitaire si souvent perturbé par l'apport extérieur de reproducteurs.

I.2/ Intérêts pour les centres d'insémination artificielle

Il apparaît de plus en plus que l'essor de l'insémination artificielle dans les élevages bovins orientés vers la production de viande est étroitement lié à la maîtrise des cycles. Cette programmation de la mise en fécondation présente deux intérêts majeurs pour les centres d'insémination artificielle et les inséminateurs:

* Augmentation du nombre d'inséminations artificielles premières dans les troupeaux à monte naturelle comme dans ceux conduits de façon intensive. Dans de tel élevage la dispersion du cheptel rend la pratique de l'insémination mal commode, contraignante et coûteuse.

* Diminution du nombre de déplacements et du temps de travail des inséminateurs.

Parallèlement à ces avantages, l'inséminateur a de fortes chances d'augmenter son taux de réussite grâce à une meilleure détection des chaleurs d'une part et à la synchronisation des œstrus qui permet de pratiquer l'insémination artificielle de façon systématique à un moment bien déterminé d'autre part.

* La diffusion du progrès génétique par deux méthodes :

I.2.1/ L'insémination artificielle :

Elle permet de connaître précisément les caractéristiques des reproducteurs (production laitière, conformation, facilité de vêlage, qualités maternelles....) et donc améliorer le potentiel du troupeau. Mais, pour fournir de bons résultats, elle nécessite souvent une utilisation conjointe de la synchronisation des chaleurs ; afin de planifier les inséminations en vue d'une conduite en bandes ou de s'affranchir à la détection des chaleurs.

I.2.2/ Le transfert embryonnaire :

Cette technique nécessite une synchronisation parfaite des vaches donneuses et receveuses. D'ailleurs la super stimulation et la synchronisation, qui sont deux techniques faisant appel au même types d'hormones, sont souvent utilisées ensemble ou l'une après l'autre.

II/ Les protocoles de la maitrise des cycles

La connaissance des évènements morphologiques et hormonaux au cours du cycle œstral est nécessaire à la compréhension des protocoles de synchronisation de l'œstrus. En effet, ces protocoles sont basés sur les mêmes types d'hormones que celles sécrétées naturellement au cours du cycle d'un bovin. Dans les traitements de maitrise des cycles, les hormones exogènes peuvent influencer l'évolution des organites ovariens, corps jaune ou follicules en modifiant le décours physiologique des sécrétions hormonales endogènes.

Il existe plusieurs types de traitement de maitrise des cycles. Ils agissent essentiellement sur la phase lutéale en la raccourcissant (traitements à base de prostaglandines F2alpha) ou en la mimant (traitement à base de progestagènes). Ils peuvent aussi agir sur la vague folliculaire en cours (traitements à base de progestagènes ou association GnRH et PGF2α).

II.1/ Les protocoles à base de prostaglandine :

On distingue la PGF2α naturelle et les analogues de synthèse. Les formes disponibles actuellement en Algérie sont:

ESTRUMATE® Le Cloprosténoïl (Schering Plough).

ENZAPROST® (2.5 mg de Dinoprost,Ceva).

PROSTAVET ® (5mg d'Etioprostol ,Virbac).

Le cloprosténoïl possède un plus grand potentiel de synchronisation (Laverdière., 1994).

La PGF2α et ses analogues de synthèse possèdent une double action :

- * Action lutéolytique , utilisée dans les traitements de maitrise des cycles ;
- * Action utérotonique en agissant sur les fibres musculaires lisses de l'utérus.

Les traitements de maitrise de l'œstrus à l'aide des PGF2α ont été développés il y a 50ans.

Principe :

L'efficacité du protocole à base de PGF2 α et ses analogues est fondée sur leur effet lutéolytique mais uniquement entre j5 et j17 du cycle sexuel pour provoquer la régression du corps jaune lorsque celui-ci est mature. Seuls 60% des individus d'un lot d'animaux cyclés sont susceptibles de répondre correctement à une injection (Gipoulou et al., 2003).

La fréquence des pulses de LH augmente alors, provoquant une élévation significative de la sécrétion d'œstradiol par le follicule dominant, l'apparition de l'œstrus et l'ovulation.

Malgré la lutéolyse rapide (24heures), l'intervalle entre l'injection et les chaleurs est variable (figure 21) et dépend du stade de la croissance du follicule au moment du traitement (Grimard et al, 2003). Les animaux qui possèdent un follicule dominant au moment de l'injection présentent des chaleurs dans les 2 à 3 jours. Si l'injection a lieu pendant la phase de recrutement, le follicule dominant se forme en 2 à 4 jours et l'intervalle entre l'injection et l'œstrus est plus long et plus variable.

II.1.1/ Protocole :

Une double injection de prostaglandine à 11-14 jours d'intervalle (figure 22) permet de synchroniser les chaleurs des femelles traitées à savoir un intervalle de 14 jours pour les vaches et de 11 jours pour les génisses est habituellement conseillé (Grimard et al., 2003).

Toutes les femelles doivent être alors en phase de dioestrus au moment de la deuxième injection. Le choix de l'intervalle entre les deux injections n'est pas sur ; toutefois, il doit permettre qu'au moins une des deux injections soit réalisée pendant la phase lutéale (Grimard et al., 2003).

La plus part des animaux expriment des chaleurs entre 48 et 96h après l'arrêt du traitement et peuvent être inséminés à l'aveugle (figure 23) à 72 et 96h (Grimard et al, 2003). Néanmoins, la fertilité est considérée comme meilleure après insémination sur chaleurs observées que lors d'insémination systématique. De plus, toutes les vaches ne sont pas vues en chaleurs après traitement (55.5 % pour Stevenson et al. 1999 ; 68% pour (Mialot et al. 1999). Ainsi, on conseille de réaliser une insémination sur chaleurs observées après la première injection de PGF2 α (figure 23).

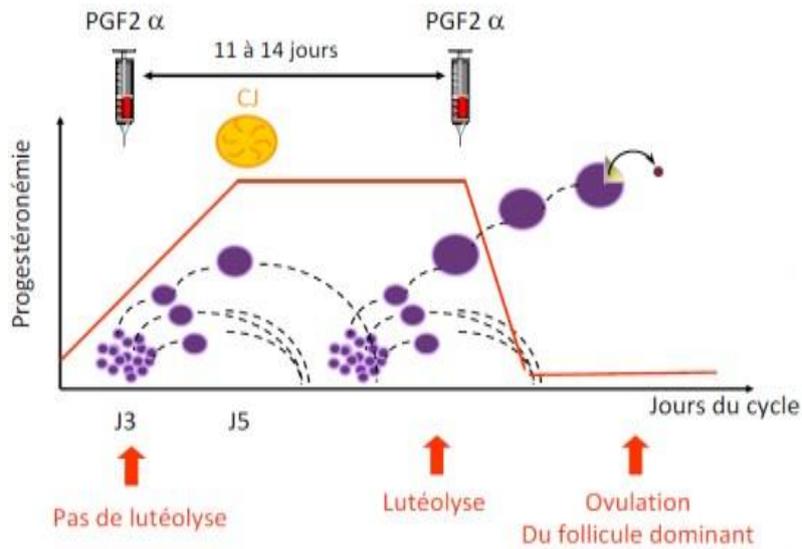


Figure 21: Schéma de l'effet du protocole à base de prostaglandine sur le cycle œstral de la vache lorsque la 1^{ère} injection de prostaglandine est effectuée au 3^{ème} jour du cycle (Chastant- Maillard, 2005).



Figure 22: Protocole de synchronisation à base de prostaglandine F2α (Grimard et al. , 2003).

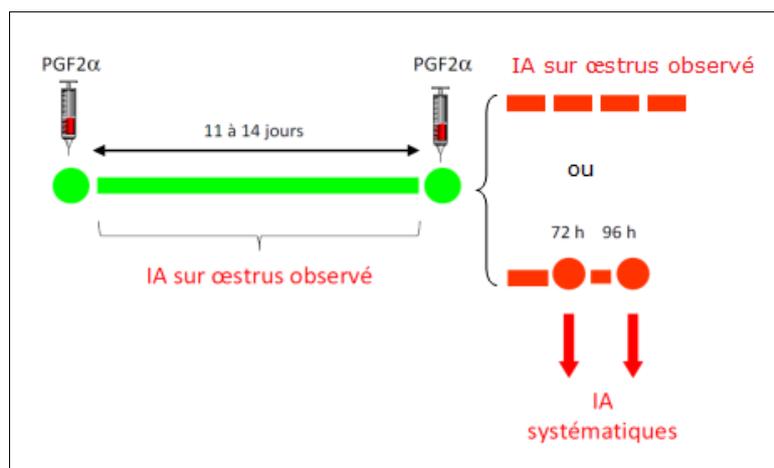


Figure 23 : Schéma du protocole à base de prostaglandine (Chastant- Maillard, 2005)

Si l'animal n'est pas venu en chaleur, la deuxième injection est réalisée et l'animal inséminé sur chaleurs observées ou de façon systématique 72 et 96 h après la deuxième injection s'il n'est de nouveau pas vu en chaleurs (figure 23). Ceci permet de réduire le coût du traitement et des inséminations (Gipoulou et al. 2003 ; Grimard et al. 2003).

II.1.2/Inconvénients :

La synchronisation aux prostaglandines n'est utilisable sauf dans le cas de troupeaux dont la cyclicité est élevée. Une solution consisterait à soumettre à la synchronisation que les femelles diagnostiquées cyclées, ce qui est compliqué en pratique et va à l'encontre de l'objectif initial de déclencher l'œstrus chez toutes les femelles d'un lot.

Par ailleurs, la synchronisation obtenue avec les prostaglandines n'est pas optimale car elle n'entraîne pas de synchronisation folliculaire ; par conséquent l'expression des chaleurs intervient sur une durée assez longue. Si les femelles sont inséminées, elles doivent l'être sur chaleurs observées pour obtenir des résultats de fertilité acceptables (Fournier et Driancourt, 2007). De ce fait, le plus souvent les inséminations ne peuvent pas être regroupées sur une séance unique. De plus la détection des chaleurs est assez peu développée en général dans nos élevages. Pour ces différentes raisons, la synchronisation des chaleurs à l'aide des PGF 2α n'est pas une méthode bien adoptée à la production laitière.

II.2/ Les protocoles à base de progestagènes :

Il en existe de nombreuses formes dont la structure de base est le noyau cycloperhydrophénantrène : Acétate de mélangestrol, Acétate de médroxyprogestérone, Chlormadinone. L'administration de progestérone ou de progestagène exogènes est utilisée depuis de nombreuses années et permet de contrôler le cycle œstral chez les vaches et les autres espèces domestiques. Leur utilisation s'est faite sous plusieurs formes : voie orale, voie intramusculaire ou sous cutané (implant), voie vaginale sous forme d'éponge ou de spirale. Les indications des protocoles à base de progestagènes sont les suivantes (Mialot et al., 1998b):

- Synchronisation et induction de l'œstrus en vue d'inséminer les femelles,
- Traitement de certaines formes d'infertilité : anœstrus post-partum ou d'allaitement.

II.2.1/ Molécules et présentations :

En 2006, avant l'interdiction des œstrogènes, trois dispositifs reléguant progressivement des progestagènes ou de la progestérone étaient disponibles:

- Le dispositif intravaginal CIDR® en forme de « T » contenant 1,38 g de progestérone (Pfizer santé animale, Paris) ayant une autorisation de mise sur le marché (AMM) sur vaches et génisses cyclées pour la synchronisation de l'œstrus.
- Le dispositif intravaginal PRID® Delta de forme triangulaire contenant 1,55 g de progestérone (CEVA santé animale, Libourne) ayant une AMM pour l'induction et la synchronisation de l'œstrus chez les femelles cyclées et non cyclées.
- L'implant CRESTAR® (Intervet, Angers, 3 mg de norgestomet que l'on administre par voie sous-cutanée).

Ces deux derniers laboratoires ont aujourd'hui modifié leurs protocoles pour répondre à la réglementation et commercialisent chacun un nouveau dispositif : CRESTAR SO® pour Intervet et PRID® pour CEVA.

II.2.2/ LE DISPOSITIF INTRA-VAGINAL (La spirale vaginale):

II.2.2.1/Description

*Le CIDR® est un dispositif intra-vaginal relargant de la progestérone naturelle. Il est en nylon en forme de T, constitué d'une couche de silicone contenant 1,38g de progestérone moulé sur un corps en Pourcentage de génisses observées en chaleurs. Une cordelette est accrochée à l'extrémité du T (Figure 24).

* Le PRID® (Progesterone Releasing Intravaginal Device). C'est un dispositif en acier inoxydable en forme de spirale de 08cm à 30cm de longueur et de 3.2cm à 4.5cm de largeur, recouvert d'un élastomère en silicone inerte dans lequel sont uniformément réparti 1,55 g de progestérone. Sur ce dispositif est collée une capsule de gélatine contenant 10 mg de benzoate d'œstradiol (Figure 25).

Deux spirales sont commercialisées : le PRID® ne contient que de la progestérone et le PRIOESTROL® (toujours utilisé chez la jument) qui contient en plus une capsule de gélatine collée à la spirale qui renfermait 10 mg de benzoate d'œstradiol (Figure 25).

Actuellement seul le PRID® reste disponible pour les bovins suite à l'interdiction de l'utilisation des œstrogènes en Productions animales. La forme avec benzoate d'œstradiol (PRIDOESTROL®) reste disponible pour la synchronisation des chaleurs chez la jument de course.

II.2.2.2/ Mode d'application :

Sa pose se fait à l'aide d'un pistolet applicateur adapté (figure 26) après avoir soigneusement nettoyé et désinfecté la vulve sur lequel le dispositif est placé avec les branches du T repliées. Elles s'ouvrent dans le vagin lorsque le CIDR® est libéré de l'applicateur. Le retrait se fait en tirant sur la cordelette qui dépasse à l'extérieur du vagin et qui est attachée à la spirale. Lors de la pose, il faut veiller à laisser dépasser cette cordelette en la positionnant entre les lèvres de la vulve. Elle peut être coupée pour laisser dépasser une dizaine de centimètres du vagin. En effet, si elle est trop longue, la fréquence de perte du dispositif est augmentée par le risque d'une vache qui se couche dessus ou d'une congénère qui marche sur la cordelette.

Chez certains animaux, on peut observer une légère irritation de la muqueuse, correspondant à la présence de rougeurs sur la muqueuse vaginale ainsi que de mucus blanchâtre peu abondant. Cette irritation est fugace et n'a aucune conséquence sur la mise à la reproduction. D'après l'étude de Chenault et al. en 2003, seulement 2% des vaches présentent une irritation sévère.

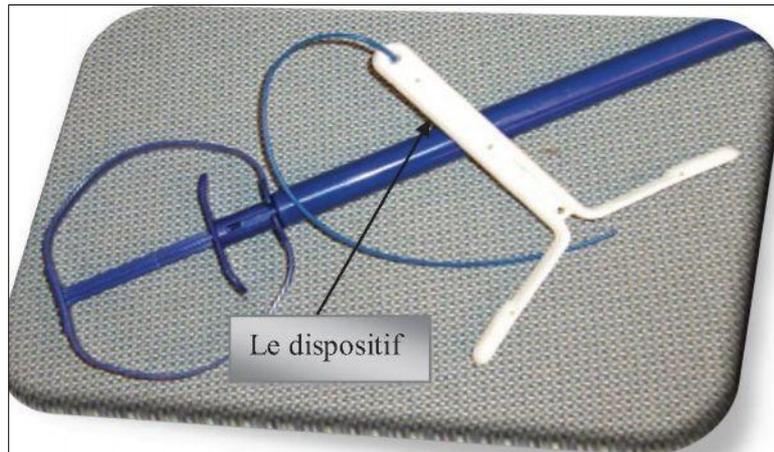


Figure 24 : Le dispositif intra-vaginal CIDR® et son applicateur
(Site: www.iowabeefcenter.com)

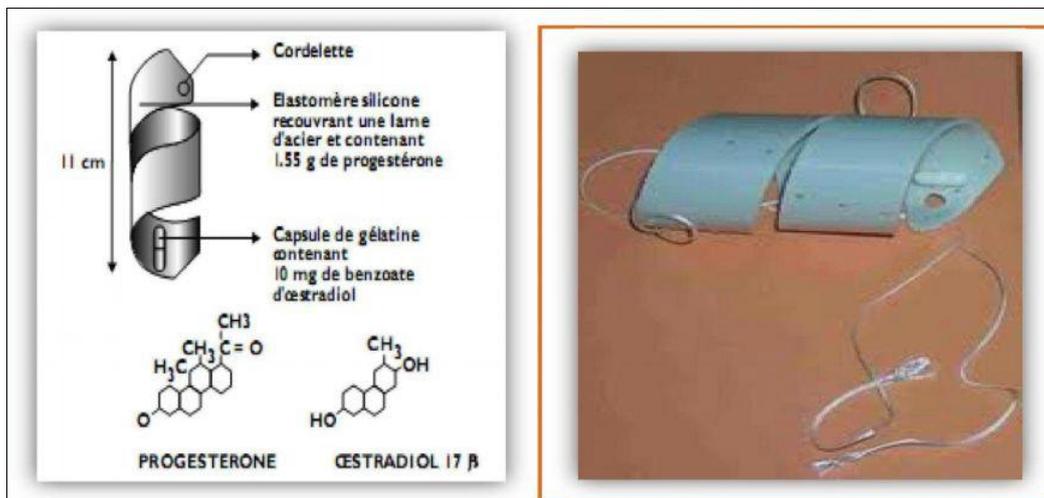


Figure 25 : PRID® spirale vaginale imprégnée de progestérone et présentant une capsule de benzoate d'œstradiol.

II.2.2.3/Protocole

Les protocoles à base de progestagène sont utilisés en cas de mauvaise détection de chaleurs, sur des primipares ou multipares (Figure 27).

Ils sont particulièrement adaptés pour les femelles non cyclées. Au moment du retrait une injection de 400 à 600 UI de PMSG peut-être effectuée. De la même façon, une injection de prostaglandine F2 α peut être effectuée 48 heures avant le retrait du dispositif.

L'insémination artificielle unique aura lieu 56 heures après le retrait du dispositif, on peut également avoir recours à 2 inséminations respectivement à 48 heures et 72 heures après le retrait. Leur coût est supérieur au leur.

«protocole double injection de prostaglandine », mais comparable à celui du protocole GPG (Picard-Hagen *et al.*, 2008c).

Sans injection d'œstradiol, il y a risque de persistance du follicule dominant.

L'ovocyte contenu dans le follicule est alors âgé au moment de l'ovulation, et de moins bonne qualité, ce qui entraîne une diminution du taux de gestation. Pour pallier à ce phénomène, différentes stratégies ont été mises en place par les laboratoires.

-La mise en place de l'implant CRESTAR SO® (pose de 9 à 11 jours) doit être combinée à une injection de GnRH permettant de renouveler la population folliculaire.

-Les autres dispositifs (dispositifs intravaginaux PRID® ou CIDR®) ne sont pas posés plus de 7 à 9 jours pour éviter une maturation trop longue des follicules.

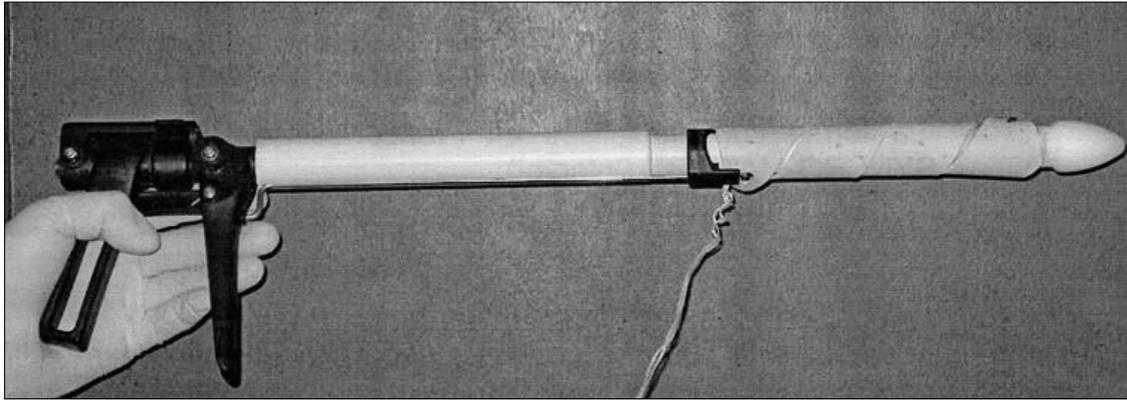


Figure 26: Spirale vaginale (PRID®) positionnée sur le pistolet applicateur et prête à être introduite dans le vagin.

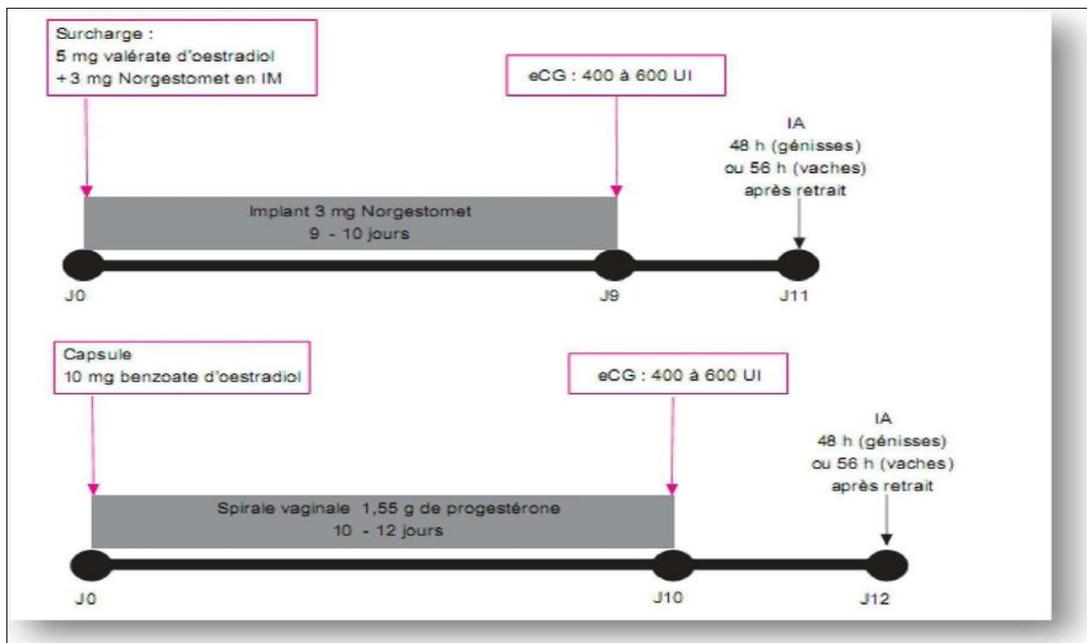


Figure 27: Protocole de synchronisation à base de progestagènes (Grimard et al., 2003)

II.2.3/ L'implant sous-cutané :

II.2.3.1/ Description

C'est un cylindre de polyméthacrylate d'une longueur de 18 mm et d'un diamètre de 2 mm, il se place en position sous-cutanée sur la face externe du pavillon de l'oreille. Ce médicament est une association de progestagènes et d'œstrogène constitué de:

* 3mg d'un dérivé synthétique de la Norprogesterone : Le Norgestomet (17a -acétoxy-11B-methyl-19 Nor-preg-4-ene-3.20-dione), est insérée sans beaucoup de difficultés sous la peau de l'oreille avec un applicateur (trocart) et aussi facilement repérable au retrait (figure28).

* Un flacon de 2 ml injectable, contenant une solution huileuse de 3mg de Norgestomet et 5 mg de valérate d'oestradiol, ils sont injectés par voie sous cutanée au moment de l'implant. Les deux éléments ainsi composés sont placés sur une plaque de carton, séparés et protégés par un léger film de plastique transparent (figure 28).

II.2.3.2Mode d'application

Grace à un pistolet applicateur, l'implant est récupéré directement et déposé sous la peau à la base de l'oreille de l'animal après désinfection. Le retrait s'effectue en pressant la peau au lieu de l'implantation et en effectuant si nécessaire une petite incision au scalpel, après avoir repéré l'implant par palpation. Au même moment, on réalise une injection intramusculaire de 2 ml de solution huileuse contenant du Norgestomet et du valérate d'oestradiol.

II.2.3.3/Principe

Selon le type de femelle auquel il est administré (**figure 29**), l'implant est un moyen de maîtrise des cycles sexuels des bovins qui permet à la fois :

- D'induire et de synchroniser les chaleurs des femelles en repos sexuel.
- De synchroniser les chaleurs chez les femelles déjà cyclées.



Figure 28. Implant sous-cutané et l'implanteur (trocar).

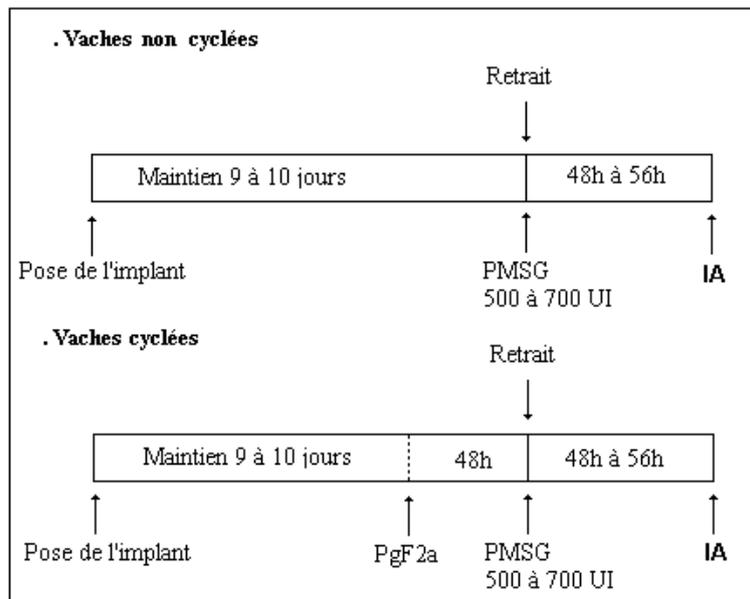


Figure 29 : Traitement à base d'implants sous-cutanés pour l'induction et la synchronisation de l'œstrus (modifié d'après Aguer, 1981)

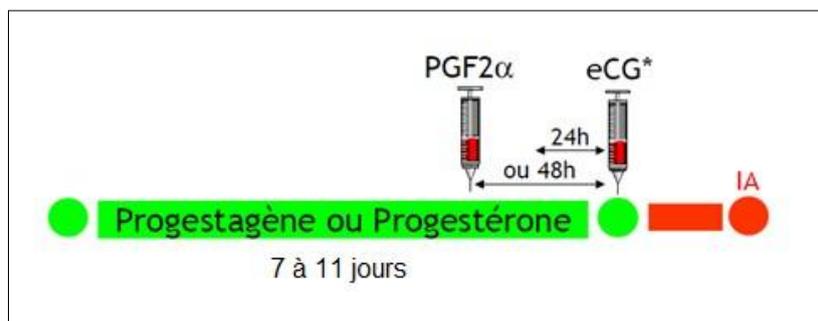


Figure 30: Schéma du protocole à base de progestagène ou de progestérone (Chastant-Maillard., 2005).

1-Chez les femelles ayant une activité ovarienne cyclique : l'injectable raccourcit la durée de vie du corps jaune en particulier lorsqu'il est injecté en début de cycle. Le Norgestomet apporté par l'implant (environ 0.250 mg par jour), bloque la libération d'hormones gonadotropes par l'hypophyse. Au retrait de l'implant, ce blocage cesse brutalement et les femelles qui ont reçus l'implant présentent et de façon synchronisé, une phase folliculaire qui conduira aux chaleurs et à l'ovulation ;

2-Chez les femelles en repos ovarien avant l'application de l'implant : Le progestagène (Norgestomet) reçus par la femelle durant le séjour de l'implant sous la peau de l'oreille prépare la décharge des hormones hypophysaire et /ou augmente la sensibilité des organes sexuels aux stimulations des gonadotrophines endogènes et exogènes. Le retrait de l'implant s'effectue en pressant la peau au lieu de l'implantation et en effectuant si nécessaire une petite incision avec un bistouri après avoir repérer l'implant par palpation (Kastelic et al.,1999) .

II.2.3.4/Protocole

L'implant est laissé en place pendant 9-10 jours pendant toute cette durée (Ennuyer, 2000). Le principe actif contenu dans l'implant diffuse régulièrement en maintenant un taux sanguin constant. Au moment du retrait chez des vaches à haut potentiel laitier en état corporel insuffisant au vêlage et chez des vaches allaitantes en mauvais état corporel ou à moins de 50 jours du vêlage, une injection de gonadotrophine « PMSG »(Prégnant Mare sérum gonadotropin) ou (Equine chorionic gonadotropin eCG) est conseillée au moment du retrait du dispositif (Ennuyer,2000), surtout si les vaches sont en aneustrus avant traitement (400-600UI selon l'âge). La limite à l'augmentation des doses de PMSG est le risque de superovulation suivie de mortalité embryonnaire. On peut éventuellement associer à l'injection de PMSG, lorsque l'on est en présence de femelles cyclées, une injection intramusculaire de prostaglandine F_{2α} (figure 30) qui sera effectuée 48 heures avant le retrait de l'implant, celle-ci a pour mission d'assurer une lutéolyse complète. Les chaleurs apparaissent entre 24 et 60 heures après le retrait de l'implant, l'insémination est réalisée sur chaleurs observées ou à l'aveugle 56 heures chez la vache (figure 30) et 48 heures après le retrait chez la génisse (Tregaskes et al., 1994).

NB : Il faut prendre la précaution de ne pas utiliser l'implant au moins de 45 jours après le dernier vêlage (Consigne d'après fiche technique du médicament).

II.2.4/ Principe pour les deux formes (Spirales et implants)

Les protocoles à base de progestagène ou de progestérone consistent en la pose d'un implant ou d'un dispositif intra-vaginal diffusant un progestagène ou de la progestérone pendant 7 à 11 jours (figure 24). La progestérone, de même que les progestagènes agit comme un corps jaune artificiel (figure 20). Leur rôle est donc d'inhiber le complexe hypothalamo-hypophysaire en limitant la pulsativité de LH (Kojima *et al.*, 2003). Elles exercent un rétrocontrôle négatif sur la GnRH, inhibant de ce fait la sécrétion hypophysaire de LH et FSH. Une imprégnation progestéronique bloque ainsi ovulation et chaleurs et le follicule dominant de la vague en cours devient ainsi atrésique. Au moment du retrait de la spirale ou de l'implant, la concentration en progestérone dans le sang chute. Le cerveau secrète à nouveau suffisamment de GnRH pour permettre à un gros follicule de poursuivre sa croissance et d'ovuler. En effet, la chute rapide de la concentration plasmatique de progestagène entraîne une levée d'inhibition du complexe hypothalamohypophysaire: les pulses de LH s'accroissent jusqu'à l'obtention du pic ovulatoire. Un pic de FSH est également visible. Le jour du retrait du dispositif, la concentration de FSH passe de 60 à 150 ng/mL (Barnes *et al.*, 1981).

L'effet FSH et LH gonadotrophine chorionique va soutenir la croissance folliculaire terminale en stimulant la maturation terminale du follicule et donc l'obtention d'une meilleure synchronisation des chaleurs quelque soit l'âge du follicule dominant (Deletang.,1983). Les progestagènes provoquent aussi l'épaississement des glaires cervicales, le développement de l'endomètre et le maintien de la gestation.

II.2.5/ Les progestagènes associés à l'œstradiol :

Les œstrogènes sont principalement utilisés pour leurs actions antilutéotrope et lutéolytique. Cette deuxième action est surtout marquée en début du cycle (Hanzen et al., 1991) ; Donc l'association œstrogènes + progestagènes agit à la fois sur la croissance lutéale et la croissance folliculaire :

* Sur la croissance lutéale : l'œstradiol administré en début de protocole présente une activité antilutéotrope sur les corps jaunes en début d'évolution, lutéolytique sur les corps jaunes fonctionnels (Grimard *et al.*, 2003). Cette action n'étant pas efficace à 100%, les protocoles intègrent en général l'administration d'une prostaglandine en fin de protocole surtout chez les femelles cyclées. Une fois le corps jaune physiologique supprimé sous l'action de l'œstradiol relayé par la prostaglandine, la synchronisation lutéale des femelles est obtenue grâce au dispositif libérant le progestagène (implant imprégné de Norgestomet).

*Sur la croissance folliculaire : quelle que soit leur taille, les follicules présents à J0 vont s'atrophier. En effet, les jeunes follicules entre 3 et 10 mm dégèrent sous l'action de l'œstradiol qui inhibe la FSH stimulant leur croissance ; les follicules plus gros LH dépendants sont inhibés par l'association œstradiol+ progestagène injecté en début de traitement. Il en résulte la mise en place synchrone d'une nouvelle vague de croissance folliculaire chez toutes les femelles traitées (au bout de 4 jours en moyenne, BO et al., 1994). L'imprégnation par le progestagène exogène ne s'oppose pas à la croissance folliculaire mais prévient l'ovulation des gros follicules de la nouvelle vague par rétrocontrôle négatif sur la LH. Au retrait simultané du dispositif progestagène chez toutes les femelles, l'inhibition de la LH est supprimée ; les follicules dominants peuvent alors poursuivre leur évolution autorisant l'IA à date prédéfinie.

Ce dispositif est commercialisé sous le nom de CRESTAR® (figure 31). Ce traitement associé à une injection d'œstradiol à la mise en place du dispositif à base de progestagène ou de progestérone permettant l'atrophie du ou des follicule(s) présent(s) et l'émergence d'une nouvelle vague de croissance folliculaire 3 à 6 jours plus tard (Picard-Hagen *et al.*, 2008c).

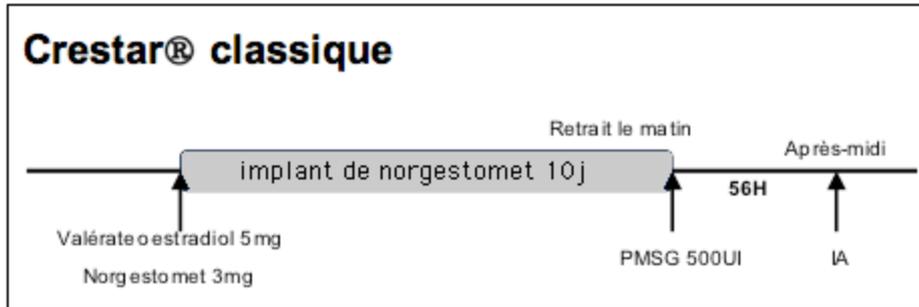


Figure 31: Protocole CRESTAR: Valérate d'œstradiol, implant de Norgestomet et eCG

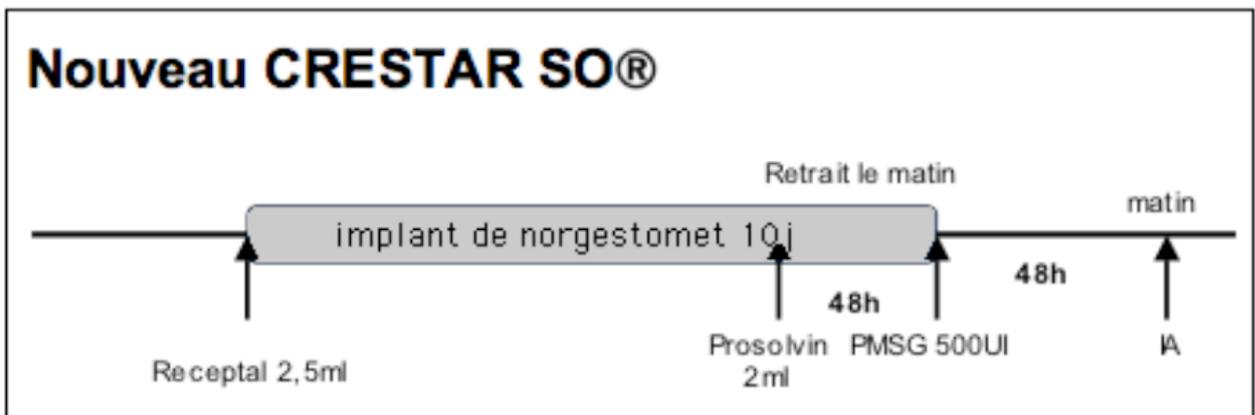


Figure 32: Nouveau protocole CRESTAR SO®.

II.2.6/ Le nouveau protocole CRESTAR SO® : progestagène sans œstrogène

Depuis 2006, l'utilisation des œstrogènes est interdite sur les animaux de rente dans l'Union Européenne. Pour permettre la lyse d'un éventuel corps jaune sur l'ovaire, on injecte désormais une prostaglandine 48 heures avant ou le jour du retrait du dispositif. Une injection d'eCG (equine Chorionic Gonadotropin, hormone gonadotropesérique de jument gravidе d'origine placentaire) peut être réalisée au retrait du dispositif chez les femelles non cyclées ou chez les vaches allaitantes afin de stimuler la croissance folliculaire (Chastant-Maillard *et al.*, 2005). Le protocole modifié associe un implant sous cutané de 3 mg de norgestomet et une injection intramusculaire de 10 µg de buséréline (analogue de la GnRH ; 2,5 mL de RECEPTAL®) au moment de la pose de l'implant qui est laissé en place 9 à 11 jours (Figure 32°. Quarante-huit heures avant le retrait de l'implant, on réalise une injection de 2 mL de PROSOLVIN® (PGF2α). On réalise une injection intramusculaire de 400 UI à 600 UI d'eCG (gonadotropine sérique, CHRONO-GEST® PMSG) le jour du retrait de l'implant pour les vaches laitières. L'insémination a lieu 48 heures après le retrait de l'implant, sans détection des chaleurs.

II.2.7/ Efficacité des traitements à base de progestagènes :

L'absence des œstrogènes (Berg, 2001) et que la suppression de l'injection d'œstrogènes lors des traitements de synchronisation a induit un risque de diminution de l'efficacité des traitements à base de progestagènes et entraîne en effet une diminution de la fertilité à l'œstrus induit en début du traitement (Ryan *et al.*, 1995).

En effet, en l'absence de corps jaune physiologique, l'imprégnation par un progestagène exogène entraîne une inhibition de la LH insuffisante pour faire dégénérer le follicule de grande taille (Kojima *et al.* 1992 ; Kinder *et al.* 1996). Il en résulte l'émergence de follicules persistants contenant des ovocytes âgés. En présence d'une injection d'œstradiol en début de traitement permettait de limiter le risque de follicule persistant en faisant dégénérer les follicules présents (Yelich *et al.* 1997). Cependant, l'efficacité des traitements alternatifs existant est très variable (Fournier *et al.* 2004):

*Les traitements basés sur l'administration répétée de prostaglandine ne contrôlent que la fonction du corps jaune. La synchronisation de l'ovulation est insuffisante pour réaliser une unique insémination à l'aveugle à un moment déterminé. De plus, ces traitements ne pourront se réaliser que sur des femelles cyclées ;

*Les traitements de type GnRH - PGF2 α -GnRH permettent d'obtenir des résultats plus intéressants, car ils combinent une action à la fois sur les follicules ovariens (par la GnRH) et sur le corps jaune (par PGF2 α) (Twagiramungu et al. 1995). Les résultats sont médiocres pour les vaches non cyclées et les génisses.

*Les traitements à base de progestagènes ou de progestérone combinés avec l'administration d'œstradiol au moment de la pose permettent de synchroniser correctement la fonction folliculaire et la fonction lutéale. Cette double action est la clé de leur efficacité (Bo et al. 1995). Ces traitements sont idéaux lorsque les troupeaux à synchroniser sont constitués de femelles cyclées ou non, en proportion inconnues (Grimard et al. 2003). Ils sont donc particulièrement bien indiqués chez les élevages laitiers en Algérie.

II.3/Les protocoles à base de Gonadotropin Releasing Hormone « GnRH » :

La GnRH (Gonadotropin Releasing Hormone) est une hormone synthétisée par l'hypothalamus, elle agit directement sur l'antéhypophyse pour induire une libération transitoire de LH et FSH pendant 2 ou 3 heures. La réponse à son administration dépend du stade de la vague folliculaire au moment du traitement (Picard-Hagen et al., 2008c ; Gipoulou et al., 2003) :

- Lors de la phase folliculaire, elle stimule la croissance folliculaire ;
- Elle provoque (indirectement) l'ovulation ;
- Sous imprégnation progestéronique, elle permet la lutéinisation des follicules dominants.

L'injection de GnRH au début du traitement à base de progestérone a entre autres pour effet d'entraîner la régression du follicule dominant présent et de synchroniser l'émergence d'une nouvelle cohorte de follicules (Rhodes *et al.*, 2003). D'autre part, l'ajout de GnRH peut également contribuer à l'ovulation et à la formation d'un corps jaune permettant d'obtenir des concentrations en progestérone encore plus élevées (Xu *et al.*, 2000). Dans ce cas, l'administration de prostaglandines F2 α 24 à 48 heures avant le retrait du dispositif sera nécessaire (Figure 33). Dans les protocoles décrits, la progestérone est laissée en place entre 6 et 8 jours, la GnRH est injectée au début du traitement et l'injection de prostaglandines est réalisée le jour du retrait du dispositif (Stevenson *et al.*, 2006 ; McDougall, 2010).

a/ molécules utilisées

Les molécules utilisées dans ce protocole sont les suivantes :

- un analogue de l'hormone de libération des gonadostimulines (GnRH) ;
- un analogue de la prostaglandine F2 alpha.

II. 3.1/ Le protocole GPG

Ce protocole « GnRH-PGF2 α -GnRH » de maîtrise de l'œstrus a été mis au point aux Etats-Unis par (Pursley et al., 1995), sous le nom d'OVSYNCH. Il combine à la fois une action sur le corps jaune avec la prostaglandine, et sur la croissance folliculaire avec la GnRH. Il s'agit d'une série de 3 injections associant GnRH et PGF2 α (GnRH J0, PGF2 α J7, GnRH à j 9) suivie d'une IA systématique dans la majorité des cas (Figure 33) 16 à 20 heures après la seconde injection de GnRH (Hanzen *et al.*, 2003).

Le protocole comprend:

- * Une première injection à j0 de 2,5 ml d'un analogue de la GnRH par la voie intramusculaire.
- * Une injection à j7, 2 ml de la prostaglandine F2 α ou de son analogue par la voie intramusculaire.
- * Une seconde injection de GnRH (2,5 ml),
- * IA1 à J10, dans la matinée, 12 à 18 heures après la 2^{ème} injection de GnRH
- * Surveillance des éventuelles venues en chaleurs entre J10 et J17 par l'éleveur, et insémination une demi-journée après observation (figure 33).

II. 3.1.1/Principe

*La 1^{ère} injection de GnRH permet selon le stade du cycle une stimulation de la croissance folliculaire, l'ovulation ou la lutéinisation des follicules ovariens d'un diamètre supérieure à 10mm ; suivie de la formation d'un corps jaune, ou la lutéinisation éventuelle du follicule cavitaire présent (Hanzen *et al.*, 2003), suivie de l'émergence d'une nouvelle vague folliculaire au bout de 48heures environs, et la mise en place d'un corps jaune, 2,1 jours plus tard (Pursley *et al.*, 1995).

*L'injection de prostaglandine 7 jours plus tard permet la lutéolyse du corps jaune mis en place suite à l'ovulation et la lutéinisation du follicule à J0 (et éventuellement du corps jaune présent), et la transformation du follicule dominant en follicule pré-ovulatoire (Pursley *et al.*, 1995) (figure 21). La lutéolyse supprime l'inhibition exercée par la progestérone sur la LH, permettant ainsi la croissance terminale du follicule dominant.

*La 2^{ème} injection de GnRH 2 jours après l'injection de prostaglandine provoque un pic de LH et une ovulation 24 à 32 heures plus tard (figure 33).

II.3.1.2 Inconvénients:

Le protocole GPG nécessite, pour être pleinement efficace, que la première injection de GnRH soit réalisée en présence d'un follicule dominant. Cette situation concerne statistiquement 65 à 70 % des femelles présentant 2 ou 3 vagues folliculaires par cycle. Les follicules de taille insuffisante à J0 (en phase de recrutement ou de sélection) n'ovulent pas et une nouvelle vague de croissance folliculaire ne se met donc pas en place sous l'action de la 1^{ère} injection de GnRH.

Au final 30 % des femelles soumises au protocole GPG peuvent présenter des progestéronémie élevées à j10, incompatible avec la réussite de l'IA, et près de 15% des femelles peuvent être vues en chaleurs en dehors de j10 (Mialot et al. 1999).

Pour limiter ce risque et s'assurer de la présence d'un follicule de taille suffisante à j10, une pré synchronisation peut être réalisée; mais le protocole complet devient alors lourd, avec beaucoup d'interventions sur les femelles, et relativement coûteux, ce qui réduit l'intérêt de sa mise en œuvre dans les élevages laitiers.

Chez les femelles en anœstrus, le protocole peut induire l'ovulation mais dans une moindre proportion que sur des vaches cyclées (chez 45% des femelles non cyclées contre 80 % des femelles cyclées, d'après (Mialot et al. 1999). Au global, la méthode GPG donne de meilleurs résultats sur les vaches cyclées.

II. 3.2/Le protocole GP

Ce protocole GP, appelé aussi « Selectsynch » est composé seulement des deux premières injections du protocole GPG (figure 34): Il a été proposé avant le protocole GPG (Thatcher *et al.*, 1989 ; Twagiramungu *et al.*, 1992 ; Wolfenson *et al.*, 1994), mais a été beaucoup moins étudié que ce dernier, probablement à cause de son utilisation moins pratique.

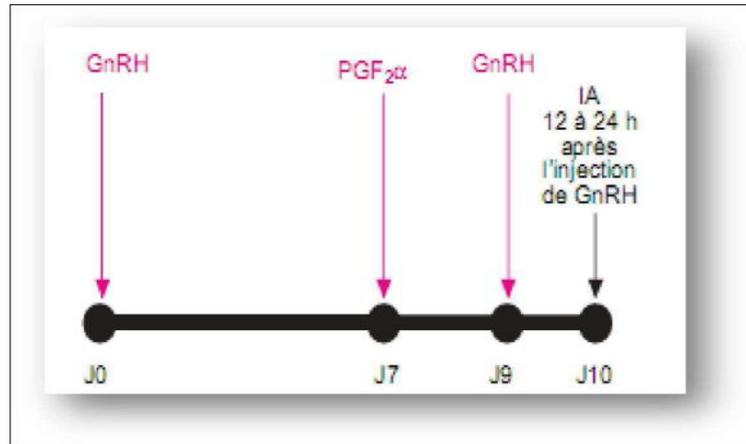


Figure 33: Description du protocole GPG (Grimard et al., 2003).

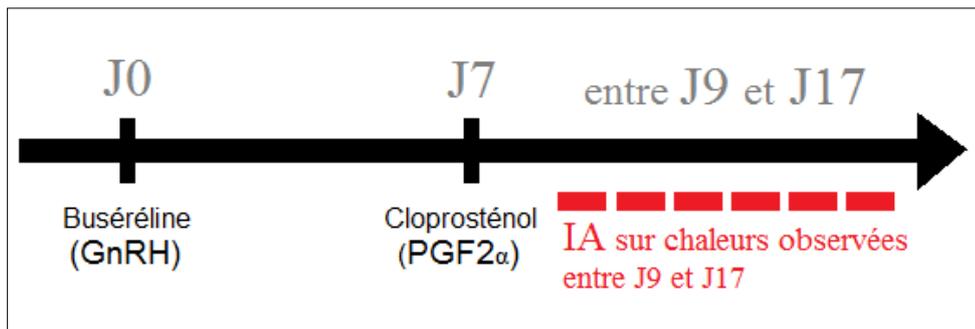


Figure 34: Schéma du protocole GP utilisé dans l'essai clinique

Le protocole comprend:

- * Injection de 2,5 ml de buséréline par la voie intramusculaire à J0,
- * Injection de 2 ml de cloprosténol par la voie intramusculaire à J7,
- * IA1 sur chaleurs observées, entre J9 et J17 (délai d'1/2 journée entre observation de l'œstrus et IA).

II. 3.2.1/ Principe

La GnRH provoque le démarrage d'une nouvelle vague de croissance folliculaire, suivi de la PGF2 α induisant la lutéolyse 7 jours plus tard. En effet, le protocole GP ne permet pas de s'affranchir de la détection des chaleurs, contrairement au protocole GPG.

Par rapport à un protocole de synchronisation par une prostaglandine seule (1 à 2 injections), nécessitant également une insémination sur chaleurs observées. Il permet de réduire la plage d'expressions de l'œstrus (1 à 2 jours contre 2 à 6 jours), concentrant ainsi le travail de détection des chaleurs sur un laps de temps plus court pour l'éleveur.

L'injection de GnRH permet en effet d'obtenir une plus grande proportion de femelles avec un gros follicule 7 jours plus tard, au moment de l'injection de PGF2 α (Fournier *et al.*, 2008).

CONCLUSION

CONCLUSION

De mauvaises performances de reproduction constituent la raison première pour laquelle des vaches sont éliminées d'un troupeau laitier, en effet des troubles reproductifs comptent pour plus de 30% des animaux réformés. (BLAIRE, 1996).

L'objectif de la reproduction bovine est d'avoir un veau par vache et par an, qui dépend du taux de fertilité et de fécondité c'est-à-dire de l'intervalle vêlage - vêlage qui doit être de 365 jours, les pertes économiques sont dans la majorité des cas liées à un allongement de cet intervalle.

Une bonne maîtrise de cette dernière au sein d'un troupeau est conditionnée par le pourcentage de gestation, qui est lui-même influencé par plusieurs facteurs notamment la fertilité de la vache.

C'est ainsi que l'infertilité constitue un des freins les plus importants au développement de l'élevage bovin.

Certes, elle ne met pas en danger de mort les animaux mais, par sa fréquence, elle revêt un caractère de gravité exceptionnel en étant à l'origine de :

- La diminution du nombre de naissances
- L'augmentation du taux des réformes prématurées.

Parmi ces facteurs d'infertilité on a :

- Ceux liés à la conduite d'élevage.
- Troubles sanitaires.
- Ceux liés à une alimentation insuffisante.

Ces facteurs influencent la réussite de la synchronisation cette dernière reste la méthode de choix dans la gestion d'un troupeau bovin.

Dans ce présent travail, on essaiera d'évaluer les principaux facteurs à l'origine de l'infertilité chez la vache.

CONCLUSION

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Adams, G.P., Jaiswal, R., Singh, J., Malhi, P., (2008). Progress in understanding ovarian follicular dynamics in cattle. *Theriogenology*, 69(1): 72-80.

Aerts, Jmj et Bols, Pej., (2010). Ovarian Follicular Dynamics. A review with Emphasis on the Bovine Species. Part II: Antral Development, Exogenous Influence and Future Prospects. *Reproduction in Domestic Animals*. février 2010. Vol. 45, n° 1, p. 180-187.

Aguer. D., (1981). Les progestagènes dans la maîtrise des cycles sexuels chez les bovins. *Rec.Med. Vet.*, **157**, 53-60.

Ahmad N., Townsend E.C., Dailey R.A., Inskip E.K., (1997). « Relationships of hormonal patterns and fertility to occurrence of two or three waves of ovarian follicles, before and after breeding, in beef cows and heifers. » *Animal Reproduction Science*, **49**, 13-28.

At-Tares E.E. et Spahr S.L., (2001). Detection and Characterization of Estrus in Dairy Cattle with an Electronic Heatmount Detector and an Electronic Activity Tag. *J. Dairy Sci.*, 84, 792-798.

Ayache Allouni, (2012). Les facteurs influençant les performances de reproduction en insémination artificielle bovine dans la région semi-aride. Sétif, thèse master en agronomie université Farhat Abbas Sétif. 105p.

Badinand F.,(1983). Relations fertilité-niveau de production-alimentation. *Bull.Tech.C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A.* **53** : 73-77

Barassin EJJ (1999). Traitement de l'anoestrus post-partum de la vache laitière : étude comparée d'un protocole associant gonadolibérine et prostaglandine au protocole standard (prostaglandine seule). Thèse. Med. Vet. Alfort., n° 17.

Barbat A, Druet T., Bonaiti B., Guillaume F., Colleau J.J., Boichard D., (2005). « Bilan phénotypique de la fertilité à l'insémination artificielle dans les trois principales races Laitières françaises. » *Rencontres Recherche Ruminants*, 12, 137-140.

Barbezant M., Bonneau C., Barbier S., Journaux L. (2009).

« Insémination animales en France. Statistiques 2008. » *Med'ia*, revue d'information de l'Union Nationale des Coopératives agricoles d'Elevage et d'Insémination Animale, 2009.

Bazin., S (1984). Grille de notation de l'état d'engraissement des vaches Pie-Noires - Paris (France) : ITEBRNED , 31 p.

Bencharif D.,(2000). « Transplantation embryonnaire : le transfert direct. » *Formation de praticiens*, Castres, 2000.

Bernheim S., Carraud A., Deletang F., Grimard B. , Maillot JP., Pobel ch., Sanaa M., 1996. Synchronisation des chaleurs par le PRID chez la vache allaitante Charolaise. Analyse des facteurs de variation des résultats. *Bull. Group.Tech.vét.* 553, 27-33.

- Benidir M., Bir A., Bousbia A., Belkheir B., Badri R., Boussadia C., (2014).** Structure et du fonctionnement des exploitations laitières dans la zone semi-aride sétifiennne (Algérie). *Renc. Rech. Ruminants*, 21
- Berg C., (2001).** Contrôle de la reproduction bovine. Quelles sont les alternatives à l'estradiol ? *Le Point Vétérinaire*, 32, 10-11.
- Bleach E.C., Glencross R.G., Knight P.G., (2004).**
« Association between ovarian follicle development and pregnancy rates in dairy cows undergoing spontaneous oestrus cycles. » *Reproduction*, **127**, 621-629.
- Bo G.A., Adams G.P., Caccia M., Martinez M., Pierson RA., Mapletoft RJ., (1995).** Ovarian follicular wave emergence after treatment with progestagen and estradiol in cattle. *Anim Reprod Sci*;39:193-204.
- Bonnes G., Desclaude J., Drogoul C., Gadoud R., Jussiau R., Le loch A, Montmeas L., Robin G., (2005).** Reproduction des animaux d'élevage. 2ème édition, Dijon: Educagri éditions, 409p.
- Bousquet, D., Bouchard, E. et DU Trembaly, D., (2004).** Decreasing fertility in dairy cows : myth or reality ? *WBC congress*. Quebec, Canada. 2004. pp. 59–60.
- Braun, N. S., Heath, E., Chenault, J. R., Shanks, R. D. et Hixon, J. E., (1988).** Effects of prostaglandin F2 alpha on degranulation of bovine luteal cells on days 4 and 12 of the estrous cycle. *American Journal of Veterinary Research*. avril 1988. Vol. 49, n° 4, p. 516-519.
- Britt J.H., Scott R.G., Armstrong J.D, Whitacre M.D., (1986).** « Determinants of estrous behavior in lactating holstein cows » *Journal of Dairy Science*, **69**, 2195-2202.
- Burcke J.M., DE LA Sota R.L., Risco C.A., Staples C.R., Schmitt E.J.-P., Tatcher W.W. (1996)** « Evaluation of timed insemination using a Gonadotropin-Releasing Hormone agonist in lactating dairy cows. » *Journal of dairy Science*, 1996, 79, 1385-1393.
- Cecyre D., Descoteau L., Bouchard E. 2001.** Evaluation de protocole de synchronisation de l'ovulation avec insémination sur rendez vous utilisant la GnRH et la PGF2 chez la vache laitière. *Med. Vet. Qué* 31, 130- 132
- CEVA, 2013,** Guide de la fertilité bovine. Reprology.com, Ceva Santé Animale.
- Cartmill J.A., EL-Zarkounys.Z., Hensles B.A., Rozell T.G., Smith J.F., Stevenson J.S., (2001a).** « An alternative AI breeding protocol for dairy cows exposed to elevated ambient temperatures before or after calving or both. » *Journal of Dairy Science*, **84**, 799-806.
- Cartmill J.A., EL-Zarkounys.Z., Hensles B.A., Lamb G.C., Stevenson J.S. (2001b).** « Stage of cycle, incidence, and timing of ovulation, and pregnancy rates in dairy cattle after Three timed breeding protocols. » *Journal of Dairy Science*, **84**, 1051-1059.
- Charron G., (1986).** Les productions laitières: les bases de la production. Ed. Lavoisier (Paris) ,347p

Chastant-Maillard S., Balandraud J., Jegou L., Kessler T., Quinton H., Constant F., Mialot J.P., (2002). Actualités dans le traitement de l'infécondité chez la vache : autour du GnRH. In : Conduite à tenir de l'animal au troupeau, du troupeau à l'animal. Journées Nationales des Groupements Techniques Vétérinaires, 217-224. SNGTV Ed, Paris.

Chastant-Maillard S., Fournier .R., Remy D., (2005)

« Les vagues folliculaires. Actualités sur le cycle de la vache. »

Le point vétérinaire, n° spécial : Reproduction des ruminants : maîtrise des cycles et pathologies, 36, 10-15.

Chastant-Maillard S., (2008). Variations autour d'un protocole de synchronisation Le point vétérinaire Janvier –Février 2008 N° 282

Constant F., Devaux P., Ponter A.A., Grimard B., Deletang F. et Mialot J.P (2000).

L'association GnRHPGF2 α - GnRH chez la vache allaitante : résultats de reproduction et qualité du corps jaune induit. *Renc. Rech. Rum.*, 2000, 7:241

Cosson, J-L, (1998). Eco-planning : un outil de gestion programmée des quotas laitiers par la reproduction. *Bulletin des GTV.* 1998. n° 3, p. 5-15.

Cutullic E., Delaby L., Causeur D., Disenhaus C. , (2006).

« Facteurs de variation de la détection des chaleurs chez la vache laitière conduite en vêlage groupé. » *Rencontres Recherche Ruminants*, 13, 269-272.

Cutullic E., Delaby L., Gallard Y., Disenhaus C., (2010).

« Oestrus appears milk production driven in dairy cows. »

14th international conference on production diseases in farm anima, 21, Gent,

DE Jarnette J.M., Salverson R.R., Marshall C.E. (2001) « Incidence of premature estrus in lactating dairy cows and conception rates to standing estrus or fixed-time inseminations after synchronisation using GnRH and PGF2 α . » *Animal Reproduction Sciences*, 2001, 67, 27-35.

Deletang F., (1983).

Objectif et réussite de la synchronisation des chaleurs chez la vache laitière et allaitante.

In : Grimard et al., (2003). Efficacité des traitements de synchronisation des chaleurs chez les bovins. INRA prod .Anim.,16,211-227.

Disenhaus C, Kerbrat S, Philipot JM., (2002).

La production laitière des 3 premières semaines est négativement associée avec la normalité de la cyclicité chez la vache laitière. *Renc Rech.Ruminants*, 9 : 147-150.

Disenhaus C., Kerbrat S. et Philipot J.M., (2003).

Entre fureur et pudeur: actualités sur l'expression de l'oestrus chez la vache laitière Journées Bovines Nantaises, Nantes, 9 octobre 2003, 94-101.

Disenhaus .C., (2004).

Mise à la reproduction chez la vache laitière : actualités sur la cyclicité post-partum et l'oestrus.

2ème Journée d'Actualités en Reproduction des Ruminants. ENVA, Septembre 2004 : 55-64.

Disenhaus C., Grimard B., Trou G., Delaby L., (2005).

De la vache au système : s'adapter aux différents objectifs de la reproduction en élevage laitier. *Renc.Rech.Ruminants*, 12 :125-136.

Disenhaus C., Cutullic E., Freret S., Paccard P., Ponsart C., (2010).

« Vers une cohérence des pratiques de détection des chaleurs : intégrer la vache, l'éleveur et le système d'élevage. » *Rencontres Recherche Ruminants*, 17, 113-120.

Diskin M.G., Sreenan J.M., Roche J.F., 2001. Controlled breeding systems for dairy cows. In : M.G. Diskin (ed), *Fertility in the high producing dairy cow*, Occasionnal publication n°26, 175-193. British Society of Animal Science, Edinburgh.

Dobson H., Smith R.F., Royal M.D., Knight C.H., Sheldon I.M., (2007).

« The high-producing dairy cow and its reproductive performance. » *Reproduction in Domestic Animals*, 42, 17R23.

Dorniak, P., Bazer, F. W. et Spencer, T. E., (2013). PHYSIOLOGY AND

ENDOCRINOLOGY SYMPOSIUM: Biological role of interferon tau in endometrial function and conceptus elongation. *Journal of Animal Science*. 1 avril 2013. Vol. 91, n° 4, p. 1627-1638.

Driancourt, M.A., (2001). Regulation of ovarian follicular dynamics in farm animals implications for manipulation of reproduction. *Theriogenology*, 55, 1211-1239.

Drion P.V., Becker S J.F., Derkenne .F., Hanzen C., (2000). Le développement folliculaire chez la vache. : Mécanismes hormonaux au cours du cycle et du postpartum. *Les Annales de Médecine Vétérinaire* 2000, 144, 385-404.

Direction des Services agricoles Sétif DSA., (2010).

Direction des Services agricoles Sétif DSA., (2012).

Dudouet.C., (1999). La production des bovins allaitants .Edition France Agricole 2ème édition.p177

Edson, Mark A., Nagaraja, Ankur K. et Matzuk, Martin M., (2009). The Mammalian Ovary from Genesis to Revelation. *Endocrine Reviews*. 1 octobre 2009. Vol. 30, n° 6, p. 624-712.

Elly Neumann Sarah, Patricia (2011). Comparaison de deux protocoles de synchronisation des chaleurs chez la vache laitière en lactation les protocoles GPG et GP la Faculté de Médecine de Nantes THESE DOCTEUR VETERINAIRE 2011 130 pages

Ennuyer M., (2000). Les vagues de croissance folliculaire chez la vache – Application pratique à la maîtrise de la reproduction. *Le Point Vétérinaire*, 31, 209, 9-16.

Evans, Aco, (2003). Characteristics of Ovarian Follicle Development in Domestic Animals. *Reproduction in Domestic Animals*. août 2003. Vol. 38, n° 4, p. 240-246.

- Fabre S., Gerard N., Mermillod P., Monget P., Uzbekova., (2009)**, Développement folliculaire ovarien et ovulation chez les mammifères. Inra Productions Animales, **22-2**, 59-76.
- Fauxpoint H (1997)**. Contribution à l'étude de l'anoestrus de la vache laitière par l'association GnRH-PgF2 α . Thèse Doc. Vet., Alfort-Creteil, n° 110, 84 p.
- Ferris, Heather A. et Shupnik, Margaret A., (2006)**. Mechanisms for Pulsatile Regulation of the Gonadotropin Subunit Genes by GNRH1. *Biology of Reproduction*. 1 juin 2006. Vol. 74, n° 6, p. 993-998.
- Fournier R, Driancourt MA, Barreteau S., (2004)**. Synchronisation des chaleurs et IA programmée chez les bovins. Comment maintenir une bonne fertilité avec des progestagènes sans oestrogènes? Journées Nationales GTV, Tours, Paris: édition des GTV, 889-892.
- Fournier .R., Driancourt .M.A. , (2007)**. Maîtrise de l'oestrus en troupeau allaitant dans le contexte européen. Revue : Reproduction management bulletin, volume3, issue1, octobre2007.
- Fournier .R., Driancourt MA., Schmitz W., Holtz W., (2008)**.
« La méthode GPG et ses voies d'amélioration. Comparaison de deux inducteurs d'ovulation dans un protocole de Synchronisation COSYNCH. » *Journées Nationales GTV*, Nantes, 555-559.
- Forde, N., Beltman, M. E., Lonergan, P., Diskin, M., Roche, J. F. et Crowe, M. A., (2011)**. Oestrous cycles in Bos taurus cattle. *Animal Reproduction Science*. avril 2011. Vol. 124, n° 3-4, p. 163-169.
- Freetly, H. C., Kuehn, L. A. et Cundife, L. V., (2011)**. Growth curves of crossbred cows sired by Hereford, Angus, Belgian Blue, Brahman, Boran, and Tuli bulls, and the fraction of mature body weight and height at puberty. *Journal of Animal Science*. août 2011. Vol. 89, n° 8, p. 2373-2379.
- Freret S., Charbonnier G., Congnard V., JeanGuyot N., Dubois .P., Levert J., Humblot P., Ponsart C., (2005)**. Expression et détection des chaleurs, reprise de la cyclicité et perte d'état corporel après vêlage en élevage laitier. Renc Rech Ruminants, 2005.
- Fricke P.M., Guenther J.N. and Wiltbank M.C**1998. Efficacy of decreasing the dose of GnRH used in a protocol for synchronization of ovulation and timed AI in lactating dairy cows. *Theriogenology*, 1998, 50:1275-84
- Gasser, C.L., (2013)**. JOINT ALPHARMA-BEEF SPECIES SYMPOSIUM: Considerations on puberty in replacement beef heifers. *Journal of Animal Science*. 1 mars 2013. Vol. 91, n° 3, p. 1336-1340.
- Geary TW, Whittier JC, Downing ER, Lefever DG, Silcox RW, Holland MD, Nett TM et Niswender GD (1998)**. Pregnancy rates of post-partum beef cows that were synchronized using Syncro-Mate B® or the Ovsynch protocol. *J. Anim. Sci.*, **76**, 1523-1527.
- Gipoulou C., Ennuyer M., Humblot P., Remmy D., Hagen-Picard N., Deletang F., Mayar JC., Regis R., (2003)**. Gestion de la reproduction. In formation à la maîtrise de la reproduction bovine. (cd-rom), Paris: éditions AFC-CEVA-MIDATEST-OGER-CAMIA-KEREL, 2003.

Goff, Alan K., (2004). Steroid Hormone Modulation of Prostaglandin Secretion in the Ruminant Endometrium During the Estrous Cycle. *Biology of Reproduction*. 1 juillet 2004. Vol. 71, n° 1, p. 11-16.

Grimard B., Disenhaus C., (2005). Les anomalies de reprise de la cyclicité après vêlage.

Point Vet, 2005 ; numéro spécial (36) : 16-21.

Hafez, E. S. E. et Hafez, B., (2000). *Reproduction in Farm Animals*. 7th Edition. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 509p.

Hanzen Ch, Laurent Y., (1991).

Applications des progestagènes au traitement de l'anoestrus fonctionnel dans l'espèce bovine. *Ann. Med. Vet.*, 1991, 135, 547-557.

Hanzen Ch., Houtain J.Y., Laurent Y., Ectors F. ,(1996).

Influence des facteurs individuels et de troupeau sur les performances de reproduction bovine., Faculté de Médecine Vétérinaire Service d'Obstétrique et de Pathologie de la Reproduction *Ann.Méd. Vét.*, 140,195-210.

Hanzen Ch, Lourtie O, Drion PV., (2000). Le développement folliculaire chez la vache

Aspects morphologiques et cinétiques. *Ann. Med. Vet.*, 2000, **144**, 223-235.

Hanzen C., Boudry B et Drion PV., (2003a). Induction et synchronisation de l'oestrus par la

PGF2 α . *Point Vét.*, 236, 22-23.

Hanzen C., Boudry B., Bouchard E. (2003b). « Protocole GPG et succès de reproduction. »

Le Point Vétérinaire, n°238, 2003c, 50-54.

Hopper, R. M., (2014). *Bovine Reproduction*. Wiley-Blackwell, Ames, 816p.

Humblot P (1991). Signaux embryonnaires et contrôle de la gestation des ruminants. *Rec. Med. Vet.*, 167, 193-202.

Humblot P., Grimard B., Ribon O., Khireddine B., Dervishi V., Thibier M., (1996).

Sources of variation of post-partum cyclicity, ovulation and pregnancy rates in primiparous

charolais cows treated with norgestomet implants and PMSG. *Theriogenology*, 1996, **46**, 1085-1096.

Jemmeson A.(2000). Synchronizing ovulation in dairy cows with either two treatments of GnRH and one prostaglandin, or two treatments of prostaglandin. *Aust. Vet. J.*, 2000, 78(2):108-11

Jobst S.M., Nebel R.L., McGiliard M.L., Pelzert K.D. (2000). « Evaluation of reproductive Performance in Lactating dairy Cows with Prostaglandin F2alpha, Gonadotropin-Releasing Hormone, and Timed Artificial Insemination. » *Journal of dairy Science*, 2000, 83, 2366-2372.

- Kastelic J.P., Olson W.O., Martinez M., Cook R.B., Mapletoft R.J., (1999).** Synchronization of estrus in beef cattle with norgestomet and estradiol valerate. *Can. Vet. J.*, 40,173-178.
- Kerbrat S., Disenhaus. C., (2000).** « Profils d'activité lutéale et performances de reproduction du vêlage à la première insémination. » *Rencontres Recherche Ruminants*, 2000, 7, 227-230.
- Kerbrat S., Disenhaus. C., (2004).** A proposition for an updated behavioural characterisation of the oestrus period in dairy cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 87, 223-238.
- Kinder J.E.,Kojima.N.,Wehrman NE., Fike K.E., (1996).** Progesterin and estrogen regulation of pulsatile LH release and development of persistant ovarian follicles in cattle. *Anim Sci*;74:1424-1440.
- Kojima N,Stumpf T.T.,Cupp A.A.,Werth L.A.,Roberson M.S.,Wolfe M.W.,Kittok RJ.,Kinder J.E., (1992).** Exogenous progesterone and progestins as used in estrous synchrony regimens don not mimic the corpus luteum in regulation of luteinizing hormone and 17alpha-estradiolin circulation of cows. *Biol Reprod*;42:1009-1017.
- Mialot J.P., Constant F., Dezeaux P., Grimard B., Deletang F., Ponter A.A., (2003).** Estrus synchronization in beef cows: comparison between GnRH + PGF2 α + GnRH and PRID +PGF2 α + eCG. *Theriogenology*, 60, 319-330.
- Mariscal-Aguayo D.V., (2003).** Frequency of luteinizing hormone pulses in cattle influences duration of persistence of dominant ovarian follicles, follicular fluid concentrations of steroids, and activity of insulin-like growth factor binding proteins. *J.Dairy Sci.*, 77:187-211.
- Moreira F., de la Sota R.L., Diaz T., Thatcher W.W., (2000).** 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.*, 78,1568-76.
- König, Horst Erich et Liebich, Hans-Georg., (2014).** *Veterinary Anatomy of Domestic Mammals: Textbook and Colour Atlas. Sixth Edition.* Schattauer, Stuttgart, 681p.
- Laforest M. (2005).** Le controle de la maturation nucleaire des ovocytes porcins.Implication de la phosphodiesterase de type 3 et de l'AMPK (5 adenosine monophosphate-activated protein kinase) *Memoire de maitrise, universite de Laval*, 158p.
- Laverdière G., (1994).** Comparaison de l'effet de deux analogues de la prostaglandine F2a sur la synchronisation de l'oestrus chez la vache de boucherie. *Can. J. Anim. Sci.*, 74, 29-36.
- Le colzer Y., Peccatte J.R., Porhiel J.Y., Brunshwig P., Disenhaus C., (2009).** « Pratiques d'élevages et performances des génisses laitières : état des connaissances et perspectives. » *INRA Productions Animales*, 22, 2009, 303-316.
- Le Mezec P., Barbat-Leterrier A., Barbier S., Gion A.,Ponsart C., (2010).** « La fertilité des vaches laitières en 2008, des perturbations, mais des espoirs côté génétique. » *Institut de l'élevage - Département génétique.*
- Lecouteux M. (2005).** Anomalies de la reprise de cyclicité post-partum chez la vache laitière, facteurs de risque, effets sur les performances de reproduction. *Thèse Méd. Vét., Nantes*, 82p.

Ledoux D., Touze J.L., Laigre P., Richard C., Grimard B., (2006).

Relation entre chronologie des échecs de gestation et anomalies de reprise de cyclicité postpartum chez la vache laitière Renc. Rech. Ruminants, **13**, 291

Lefèbre .D, Lacroix. R et Charlebon. J., (2004). Suivi de la croissance : De nouvelles courbes pour les génisses d'aujourd'hui. Le producteur de lait Québécois p1-19.

Lehrer A.R., Lewis G.S., et Aizinbud E., (1992). Oestrus detection in cattle: recent developments. In Bruyere Pierre ., (2007). Mise en évidence des signes secondaires de chaleurs chez la vache laitière par vidéosurveillance ; Etude au centre lucien biset de poisy (74330) par ENV ,LYON.

Levy, Nitzan, Kobayashi, Shu-ichi, Roth, Zvi, Wolfenson, David, Miyamoto, Akio et Meidan, Rina, (2000). Administration of Prostaglandin F_{2α} During the Early Bovine Luteal Phase Does Not Alter the Expression of ET-1 and of Its Type A Receptor: A Possible Cause for Corpus Luteum Refractoriness. *Biology of Reproduction*. 1 août 2000. Vol. 63, n° 2, p. 377-382.

Loeffler S.H., De Vries M.J., Schukken Y.H., (1999).

« The effect of time of disease occurrence, milk yield, and body condition on fertility of dairy cows. » *Journal of Dairy Science*, **82**, 2589-2604.

Lopez-Gatius F., Santolaria P., Yaniz J., Rutland J., Lopez-Bejar M.,(2002).

« Factor affecting pregnancy loss from gestation Day 38 to 90 in lactating Dairy cows from a single herd. » *Journal of Dairy Science*, **57**, 1251-1261.

Lucy, M. C. (2001). Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end? *J. Dairy Sci.* 84:1277-1293.

Lucy MC., Billings HJ., Butler WR., Ehnis LR., Fields MJ., Kesler DJ., (2001).

Efficacy of an intravaginal progesterone insert and an injection of PGF_{2α} for synchronizing estrus and shortening the interval to pregnancy in postpartum beef cows, periparturient beef heifers, and dairy heifers. *J. Anim. Sci.* **79**, 982-995.

Lucas N., (2007), Intérêt de la léciréline (analogue de la GNRH) par voie épидurale dans le traitement des kystes folliculaires chez la vache. Etude de 30 cas cliniques. Thèse Doctorat Vétérinaire, Nantes, **88**, 155p.

Madani T., Mouffok C., (2008). Production laitière et performances de reproduction des vaches Montbéliardes en région semi-aride algérienne. *Revue Elev. Méd .Vet.Pays.*, 61(2) : 97-107.

MADR (2014) Ministre de l'Agriculture et de Développement Rurale.

Mc Dougall S.,(2010). Effects of treatment of anestrous dairy cows with gonadotropin-releasing hormone, prostaglandin, and progesterone. *J. Dairy Sci.* 2010;93:1944-1959.

Melendez P., Bartolome J., Archbald L.F., Donovan A., (2003).

« The association between lameness, ovarian cysts and fertility in lactating dairy cows. » *Theriogenology*, **59**, 927-937.

- McCracken, John A., Custer, Edward E. et Lasma, Justin C., (1999).** Luteolysis: A Neuroendocrine-Mediated Event. *Physiological Reviews*. 1 avril 1999. Vol. 79, n° 2, p. 263-323.
- Mehlmann, Lisa M., (2005).** Stops and starts in mammalian oocytes: recent advances in understanding the regulation of meiotic arrest and oocyte maturation. *Reproduction*. 1 décembre 2005. Vol. 130, n° 6, p. 791-799.
- Mialot J.P., Ponsart C., Gipoulou C., Bihoreau J.L., RouxM.E., Deletang F., (1998b).** The fertility of autumn calving suckler beef cows is increased by the addition of prostaglandin to progesterone and eCG estrus synchronization treatment. *Theriogenology*, 49, 1353-1363.
- Mialot JP., Laumonier G., Ponsart C., Fauxpoint H., Barassin E., Ponter AA ., Deletang F., (1999).** Postpartum subestrus in dairy cows: comparison of treatment with prostaglandin F2alpha or GnRH + prostaglandins F2 alpha + GnRH. *Theriogenology*, 52, 901- 911.
- Mialot JP., Constant F., Chastant-Maillard S., Ponter AA, et Grimard B., (2001).** La croissance folliculaire ovarienne chez les bovins : nouveautés et applications. In :Société Française de Buiatrie, , Paris 28-30 novembre 2001, 163-168.
- Mihm, M, Crowe, Ma, Knight, Pg et Austin, Ej, (2002).** Follicle Wave Growth in Cattle. *Reproduction in Domestic Animals*. août 2002. Vol. 37, n° 4, p. 191-200.
- Mokrani., (2011).** Power Point Formation de l'insémination artificielle, CNIAG, Alger.
- Monniaux D., Caraty A., Clement F., Dalbierstran R., Dupont J., Fabre S., Gerard N., Mermillod P., Monjet P., Uzbekova.,(2009).** Développement folliculaire ovarien et ovulation chez les mammifères. *Inra Productions Animales*, 22-2, 59-76.
- Nebel R.L., (2003).** Components of a Successful Heat Detection Program. *Advances in dairy Technology*, 15, 191-203.
- Neill, Jimmy D. (éd.), (2005).** *Knobil and Neill's Physiology of Reproduction*. Third Edition. Academic Press, San Diego, 2684p.
- Niswender GD., Juengel JL., Silva PJ., Rollyson, MK and McIntush EW., (2000).** Mechanisms controlling the function and life span of the corpus luteum. *Physiological Reviews* 80, 1–29.
- Norris, David O. et Lopez, Kristin H., 2010.** *Hormones and Reproduction of Vertebrates - Vol 5: Mammals*. Elsevier, London, 380p.
- Norris, David O. et Carr, James A., (2013).** *Vertebrate Endocrinology*. Fifth Edition. Academic Press Elsevier, London, 585p.
- Opsomer G., Grohn YT., Hertl J., Coryn M., Deluyker H., De Kruif A., (2000).** Risk factors for post partum ovarian dysfunction in high producing dairy cows in belgium: a field study. *Theriogenology*, 53, 841-857.

Peralta O.A., Pearson R.E. et Nebel R.L., (2005)

Comparison of three estrus detection systems during summer in a large commercial dairy herd. *Anim. Reprod. Sci.*, 87, 59-72

Peters A.R., Ward S.J., Warren M.J., Gordon P.J., Mann G.E. and Webb R. 1999 Ovarian and hormonal response of cows to treatment with an analogue to gonadotrophin releasing hormone and prostaglandins F2 α . *Vet. Rec.*, 1999, 144:343-46

Picard-Hagen N., Gayrard V., Berthelot X., (2008a). La physiologie ovarienne chez la vache : nouveautés et applications. In : Journées Nationales GTV, Nantes, 28 – 30 mai 2008, 43-54.

Picard-Hagen N., Raboisson, D., Nouvel, X, Corbière, F et Berthelot, X,(2008b).

Approche collective d'un trouble de la reproduction en élevage bovin. *Le Nouveau Praticien Vétérinaire Elevages et santé*. 2008. Vol. 2, n° 10, p. 14-19.

Picard-Hagen N., Saint-Blancat M., Ponsart C., Ennuyer M., Defachelles J., Descoteaux L., (2008c) : « Comment utiliser les programmes de synchronisation de la reproduction en France chez les vaches laitières. » *Le nouveau praticien vétérinaire*, 2, 21-26.

Pierrick Dezaux (2001). Synchronisation des chaleurs chez la vache allaitante par l'association GnRH-PgF2 α -GnRH la faculté de médecine de Creteil école nationale vétérinaire d'Alfort Année 2001 THESE DOCTORAT VETERINAIRE 91 pages

Pinto A, Bouca P, Chevallier A, Ferret S, Grimard B. Humblot P.,(2000).

Sources de variation de la fertilité et des fréquences de mortalité embryonnaire chez la vache laitière. *Renc. Rech. Ruminants*, 7, 213-216.

Ponsart C., Sanaa M., Humblot P., Grimard B., Jeanguyot N., Ponter AA., et al, (1996).

Variation factors of pregnancy rates after oestrus synchronization treatment in French Charolais beef cows. *Vet. Res.*, 1996, 27, 227-239.

Ponsart C., Freret S., Charbonnier G., Giroud O., Dubois P. et Humblot P. (2006).

Description des signes de chaleurs et modalités de détection entre le vêlage et la première insémination chez la vache laitière. *Renc. Rech. Ruminants*, 13, 273-276.

Ponsart C., Dubois P., Charbonnier G., Leger T., Freret S., Humblot P. (2007)

Evolution de l'état corporel entre 0 et 120 jours de lactation et reproduction des vaches laitières hautes productrices Journées nationales GTV, Nantes, 347-355

Pursley JR., Mee MO and Wiltbank MC., (1995). Synchronisation of ovulation in dairy cows using PGF2 α and GnRH. *Theriogenology*, 44, 915-923.

Pursley J.R., Kosorok M.R., Wiltbank M.C., (1997a). Reproductive management of lactating dairy cows using synchronization of ovulation. *J. Dairy Sci.*, 80, 301-306.

Pursley J.R., Wiltbank M.C., Stevenson J.S., Ottobre J.S., Gaverick H.A., Abderson L.L., (1997b). Pregnancy rate per artificial insemination for cows and heifers inseminated at synchronized ovulation or synchronized estrus. *J. Dairy Sci.*, 80, 295-300.

Pursley J.R., Silcox R.W., Wiltbank C.W., 1998. Effect of time of artificial insemination on pregnancy rates, calving rates, pregnancy loss, and gender ratio after synchronization of ovulation in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 81, 2139-2144.

Ranasinghe R.M.S.B.K., Nakaot., Yamada K., Koike K., (2010).

« Silent ovulation, based on walking activity and milk progesterone concentrations, in Holstein Cows housed in a free-stall barn. » *Theriogenology*, 73, 942-949.

Ryan D.P., Snijders S., Yaakub H., O'farrel K.J., (1995).

An evaluation of estrus synchronization program in reproductive management of dairy herds. *J. Anim. Sci.*, 73, 3687-3695.

Roelofs J.B., Van Eerdenburg F.J.C.M., Soede N.M. et Kemp B., (2005).

Pedometer readings for estrous detection and as predictor for time of ovulation in dairy cattle. *Theriogenology*, 64, 1690-1703.

Sakaguchi M., Sasmoto Y., Suzuki T., Takahashi Y. et Yamada Y. (2004)

Postpartum Ovarian Follicular Dynamics and Estrous Activity in Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.*, 87, 2114-2121

Saint-Dizier, Marie ., (2005).

« La détection des chaleurs chez la vache. » *Le Point Vétérinaire*, n° spécial : Reproduction des ruminants : maîtrise des cycles et pathologies, 2005, 36, 22-27.

Saint-Dizier, Marie et Chastant-Maillard, Sylvie., (2014).

La reproduction animale et humaine. Editions Quae, Versailles, 750p.

Schmitt E.J.P., Diaz T., Drost M., Roomes C., Thatcher W.W. (1996). « Use a gonadotropin-releasing hormone agonist or human chorionic gonadotropin for timed insemination in cattle. » *Journal of Animal Science*, 1996, 74, 1084-1091.

Seegers.H, Grimard.B et Leroy.I (1992). Abord global de l'élevage bovin laitier Polycopié. Ecole nationale vétérinaire d'Alfort ,p17-42.

Seegers H, et Malher.X.,(1996). Analyse des résultats de reproduction d'un troupeau laitier .Le point vétérinaire,numéro spécial « reproduction des ruminants ». vol.28 :127-135

Seegers H., Billon D., Bossard-Apper E., Ponsart C., Paccard P., Disenhaus C., Gatien J., Salvetti P., Grimard B., Chanvallon A et Bareille N.,(2010). Evaluation rétrospective de la qualité de la détection des chaleurs en troupeau bovin laitier à partir de données déjà disponibles. *Renc. Rech. Ruminants*, 17 ; 133-136.

Shreshta H.K., Nakao T., Suziku T., Higaki T., Akita M. (2004).

Effects of abnormal ovarian cycles during pre-service period on subsequent reproductive performances of high-producing Holstein cows. *Theriogenology*, 61, 1559-1571.

Soltner.D., (2001). La reproduction des animaux d'élevage.3ème édition ,collection sciences et techniques .p201-202,447.Lavoisier.Paris.

Stevenson J.S., Kobayashi Y., Shipka M.P., Rauchholz C. (1996) « Altering conception of Dairy Cattle by Gonadotropin-Releasing Hormone preceding luteolysis induced by Prostaglandin F₂alpha. » *Journal of Dairy Science*, 1996, 79, 402-410.

Stevenson J.S., Kobayashi Y., Thompson K.E. (1999). « Reproductive performance of dairy cows in various programmed breeding systems including Ovsynch and combinations of Gonadotropin-releasing Hormone and prostaglandine F₂alpha. » *Journal of Dairy Science*, 1999, 82, 506-515.

Stevenson J.S., Pursley J.R., Gaverick H.A., Fricke P.M., Kesler D.J., Ottober J.S., Wilbank M.C. (2006). Treatment of cycling and noncycling lactating dairy cows with progesterone during ovsynch. *J. Dairy Sci.*, 89:2567-2578.

Twagiramungu H., Guibault L.A., Dufour J.J., (1995). Synchronization of ovarian follicular waves with a gonadotropin-releasing hormone agonist to increase the precision of estrus in cattle: A review. *J. Anim. Sci.*, 73, 3141-3151.

Tenhagen B.-A., Drillich M., Heuwieser W., (2001).
« Analysis of cow factors influencing conception rates after two timed breeding protocols. » *Theriogenology*, 56, 831-838.

Taylor V.J., Beaver D.E., Bryant M.J., Claire Wathes D. (2003).
Metabolic profiles and progesterone cycles in first lactation dairy cows *Theriogenology*, 59, 1661-1677.

Thatcher W.W., Macmillan K.L., Hansen P.J., Drost M., (1989).
« Concepts for regulation of corpus luteum fonction by the conceptus and ovarian follicles to improve fertility. » *Theriogenology*, 31, 149-164.

Thatcher W.W., Patterson D.J., Moreira F., Pancardi M., Jordan E.R., Risco C.A., 2001.
Current concepts for estrus synchronization and timed insemination. In : American Association of Bovine Practitioner, AABP Ed, Vancouver, 95-105.

Tillard E, Lanot F, Bigot CE, Nabeneza S, Pelot J., (1999).

Les performances de reproduction en élevages laitiers. In : CIRAD-EMVT. *20 ans d'élevage à la Réunion*. Ile de la Réunion : Repères. 99 p.

Thibault C., Levasseur M.C., (2001) .

La reproduction chez les mammifères et l'homme. Edition ELSEVIER/ INRA nombre de page 928.

Thompson, Iain R. et Kaiser, Ursula B., (2014). GnRH pulse frequency-dependent differential regulation of LH and FSH gene expression. *Molecular and Cellular Endocrinology*. 25 mars 2014. Vol. 385, n° 1-2, p. 28-35.

Tregaskes LD., Broadbent PJ., Dolman DF., Grimmer SP., Franklin MF., (1994).

Evaluation of Crestar, a synthetic progestogen regime, for synchronising oestrus in maiden heifers used as recipients of embryo transfers. *Vet Rec*, **134**, 92-4.

Twagiramungu H., Guibault L.A., Proulx J., Villeneuve P., Dufour J.J. , (1992).
« Influence of an Agonist of Gonadotropin-releasing hormone (Buserelin) on estrus syncronisation and Fertility in Beef Cows. » *Journal of Animal Science*, **70**, 1904-1910.

Twagiramungu H., Guibault L.A., Proulx J.G., Dufour J., 1994. Influence of corpus luteum and induced ovulation on ovarian follicular dynamics in postpartum cyclic cows treated with buseriline and cloprostenol. *J. Anim. Sci.*, **72**, 1796-1805.

Vailes L.D., Britt J.H., (1990).
« Influence of footing surface on mounting and other sexual behaviors of estrual Holstein cows. » *Journal of Animal Science*, 1990, **68**, 2333-2339.

Vandehaar M.J and St-Pierre.N., (2006). Major advances in nutrition :Relevane to the subtainability of the Dairy industry.*J.Dairy.Sci* 89,1280-1291

Van eerdenburg FJ., Loeffler HS., Van vliet JH.,(1996). Detection of oestrus in dairy cows: a new approach to an old problem. *Vet. Q.*, **18**, 52-54.

Van vliet J. H., Van Eerdenburg F. J. C. M., (1996).
« Sexual activities and oestrus decteting in lactating dairy cows. »
Applied Animal Behaviour Science, 1996, **50**, 57-69.

Vasconcelos J.L.M., Silcox R.W., Rosa G.J.M., and coll., 1999Synchronization rate, size of the ovulatory follicle, and pregnancy rates after synchronization of ovulation beggining on different days of the oestrous cycle in lactating dairy cows. *Theriogenology*, 1999, **52**:1067-78

Walker S.L., Smith R.F., Jones D.N., Routly J.E., Morris M.J., Dobson H., (2010).
« The effect of a chronic stressor, lameness, on detailed sexual behaviour and hormonal profiles In milk and plasma of dairy cattle. » *Reproduction in Domestic Animals*, , **45**, 109-117.

Walsh, R.B., S.J. LeBlanc, T.D. Duffield, D.F. Kelton, J.S. Walton and K.E. Leslie., (2007). Synchronization of estrus and pregnancy risk in anestrus dairy cows after treatment with a progesterone-releasing intravaginal device. *J. Dairy Sci.* **90**:1139-1148.

Wattiaux M., (1996). Gestion de la reproduction de l'élevage. Inst. Babcock. Université duWisconsin.p100-115.

Wattiaux M.,(2005).Reproduction et sélection génétique. Institut Babcock pour la recherche et le développement international du secteur laitier .U.W.Madison,Wisconsin,p 120-126.

Webb, R., Garnsworthy, P. C., Gong, J. G. et armstrong, D. G., (2004). Control of follicular growth : Local interactions and nutritional influences. *Journal of Animal Science*. 2004. Vol. 82, pp. 63-74.

Wolfenson D., Thatcher W.W., Savio J.D., Badinga L., Lucy C., (1994).

« The effect of GnRH analogue on the dynamics of follicular development and synchronisation of estrus in cycling lactating dairy cows. » *Theriogenology*, **42**, 633-644.

Wolfenson D., Inbar G., Roth Z., Kaim M., Bloch A., Brawtal R., (2004).

« Follicular dynamics and concentrations of steroids and gonadotropins in lactating cows and nulliparous heifers. » *Theriogenology*, **62**, 1042-1055.

Xiao S., Findlay J.K., Robertson D.M., (1992).

« The effect of bovine activin and follicle stimulating hormone (FSH) suppressing protein/follistatin on FSH induced differentiation of rat granulosa cells in vitro. » *Molecular and Cellular Endocrinology*, 1992, **133**, 131-139.

Xu Z.Z., Burton L.J., McDougall S., Jolly P.D., (2000).

Treatment of noncyclic dairy cows with progesterone and estradiol or with progesterone, GnRH, prostaglandin F_{2α} and estradiol. *J. Dairy Sci.* 83:464-470.

Yelich V., Geister R.D., Schmitt R.A.M., Morgan G.L., McCann J.P., (1997). Persistence of the dominant follicle during melengesterol acetate administration and its regression by exogenous estrogen treatment in beef cattle. *J Anim Sci* 1997; 75:745-754.