

**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

***LA MAITRISE DE LA REPRODUCTION
CHEZ LA VACHE LAITIERE***

<< ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE >>

PRESENTE PAR:

**Mlle. MENAD SALIMA
Mlle. MEHIDI NAWEL**

ENCADRE PAR:

Dr. BOUCIF .A

**ANNEE
UNIVERSITAIRE
2014-2015**

Remerciements

Avant tous nous remercions Allah maître de l'univers qui nous a éclairé le chemin de savoir et qui nous a donné la volonté et la patience d'achever ce modeste travail et notre grand salut sur le premier éducateur notre prophète Mohamed (que la paix soit sur lui).

Nous tenons à exprimer notre sincère gratitude, notre sympathie et notre remerciement, avec un profond respect à notre cher promoteur Mr. Boucif Ahmed d'avoir accepté de nous encadrer et qui a suivi et veillé avec une grande patience sur le bon déroulement de ce travail.

Nous remercions infiniment:

Les enseignants de l'institut des sciences vétérinaires de Tiaret.

En fin nous tenons à remercier tous ceux qui nous ont encouragés de loin ou de près pour réaliser ce projet de fin d'étude.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

*A le plus adorable et gentil père aux monde qui ma tout
Donné sans rien recevoir en parallèle, je te remercie
Infiniment de tes sacrifices.*

A ma grande mère.

*A mes sœurs, résidentes dans mon cœur :
Fatima, Wafaa, Fatima, Asmaa, Niama et Hiba.*

A mon frère : Mohamed et sa famille.

*A mes très chères et meilleures amies qu'ensemble on a passées
des moments difficiles et on a surmonté toute les difficultés
qu'on à subit durant notre cycle universitaire ;
Salima, Wafaa, Bachair et Nadjat.*

A tous ceux qui me sont chers.

MEHIDI NAWEL

Dédicace

A mes parents pour leur immense soutien et la confiance qu'ils m'ont toujours accordés, quelles que soient les circonstances. Merci pour tout.

Je ne pourrai jamais vous remercier assez.

A mes grands parents A mon tour de vous rendre l'amour et la patience que vous m'avez témoignés (A l'esprit de mon grand père ainsi un de ses rêves réalisé).

Cette thèse est la votre.

A ma grande sœur NORIA, son mari et son fils HOUSSAME.

A ma sœur ZOËRA et son mari.

A mes deux frères BENYAMINA et ALI.

A mon oncle, sa femme et son fils MONDIR,

A mes oncles et leurs femmes, mes tantes et leurs maris sans exception ; aussi tous mes cousins.

A toute ma famille

A tous ceux avec qui j'ai passé beaucoup de bons moments NAWEL, NACIRA ET ZINEB

*A mes meilleures amies d'enfance et de lycée SOUMIA.FATIMA ET FOUZIA
A tous les étudiants de notre promotion (2015).*

MENAD SALIMA

Sommaire

Liste des figures	I
Liste Des Tableaux	IV
Liste des abréviations utilisées	V
Introduction	1

Premiere Partie : Physiologie Ovarienne Et Mise A La Reproduction Chez La Vache Laitiere

Chapitre I : Activité Ovarienne Chez La Vache Laitière

A/Croissance folliculaire	3
1. Constitution du stock de follicules primordiaux : phase de multiplication in utero	3
2. Folliculogenese	3
B/Cycle œstral	4
1. Phase folliculaire et phase luteale	4
2. Vagues folliculaires	6
3. Mecanismes de regulation au cours du cycle	8

Chapitre II : Mise A La Reproduction Et Cyclicite Post-Partum

A/criteres de mise a la reproduction	13
1. Pour les génisses	13
2. Pour les vaches en lactation	13
B/detection des chaleurs	14
1. La detection des chaleurs	14
2. Aide a la detection des chaleurs	15
3. Defaut de detection des chaleurs	19
C/la reussite de l'IA	23
1. Fertilité des vaches laitieres	23
2. Facteurs influençant la fertilité des vaches laitieres	24
D/cyclicite post-partum	27
1. Retour a une cyclicite normale	27
2. Reprise de cyclicite post-partum anormale	29

Deuxieme Partie : Traitements De Synchronisation Des Chaleurs Chez La Vache Laitiere

Chapitre I : Matériels et Méthodes

I. Intérêts des traitements de synchronisation des chaleurs	30
I.1/ Interets pour l'éleveur	30
I.2/ Interets pour les centres d'insémination artificielle	31
II. Les Protocoles De Synchronisation Des Chaleurs	32

II.1/ A Base De Prostaglandine	32
II.2/ A Base De Progestagene Ou De Progesterone	32
III/ A Base De Prostaglandine Et De GnRH	44
A/Le Protocole GPG	44
B/ Le Protocole GP	47

Chapitre II : Résultats Et Discussion

I. Traitements à base de prostaglandines	48
Inconvénients	49
Inconvénients de l'implant	52
Inconvénients de la spirale	53
II.1 Les progestagènes avec œstradiol	54
II.2 Les progestagènes sans œstradiol	55
II.3 Les progestagènes associés à l'eCG	56
Iii. A Base De Prostaglandine Et De GnRH	57
A/ Protocole : GPG	57
1. Principe Et Interet Du Protocole GPG	57
2. Les Performances De Reproduction	59
3. Facteurs De Variation De La Reussite Du Protocole GPG	62
B/ Le Protocole GP	70
1. Performances De Reproduction	70
2.Principaux Facteurs De Variation De La Reussite	72
2. Taux De Vaches Observees En Chaleurs	76
C) Lot GPG	76
D) Lot GP	77
3. Performances de reproduction obtenus a l'issue des protocolesGPG et GP	80
a) Taux de réussite des protocoles	80
b) Taux de gestation des vaches inséminées	80
4. Facteurs de variation de la reussite du protocole de synchronisation des chaleurs	81
5. Facteurs de variation du taux de gestation des vaches inseminees	81
6. Facteurs de variation de l'observation des chaleurs des vaches traitees par le protocole GP	81
Conclusion	90
Perspectives de la maitrise des cycles	92
Références Bibliographiques	93
Résumé	

Liste des figures

Figure 1: Coupes histologiques de la zone parenchymateuse d'un ovaire de vache (photo de gauche) et d'un follicule tertiaire (photo de droite) (König et Liebich, 2004)	5
Figure 2: Stades fonctionnels de l'ovaire de la vache, schéma (König et Liebich, 2004)	6
Figure 3 : Vaisseaux sanguin d'un ovaire bovin avant (à gauche) et après (à droite) ovulation (König et Liebich, 2004)	7
Figure 4: Les vagues folliculaires au cours du cycle oestral de la vache (Chastant-Maillard, 2005)	8
Figure 5 : Croissance folliculaire à différents stades de la vie de la vache (Driancourt, 2001) Les follicules en croissance sont représentés par des lignes continues, tandis que les follicules atrétiques sont représentés par des lignes en pointillé	9
Figure 6 : Les deux types de cycle chez la vache (Chastant-Maillard, 2005)	10
Figure 7 : Régulation hormonale du cycle œstral (modifié d'après Picard-Hagen et al., 2005)	11
Figure 8 : Concentration en FSH, pulsativité de LH et croissance folliculaire au cours du cycle œstral chez la vache (Driancourt, 2001)	12
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)	14
Figure 10 : Evolution de l'intervalle vêlage-première IA moyen (Le Mézec et al., 2010)	14
Figure 11 : Système de détection Kamar® (cliché : Chastant-Maillard, dans l'article de Saint- Dizier, 2005)	16
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)	20
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)	20
Figure 14 : Conséquences de la boiterie sur la durée et l'intensité des chaleurs (Dobson et al.2007)	
Figure 15 : Evolution des taux de réussite des IA premières dans les races Normande, Montbéliarde et Prim'Holstein (Le Mézec et al., 2010)	24
Figure 16 : Schéma du protocole à base de prostaglandine (modifié d'après Chastant- Maillard, source personnelle)	25
Figure 17 : 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 (Chastant- Maillard,	

source personnelle)	33
Figure 18. PRID® : spirale vaginale imprégnée de progestérone et présentant une capsule de benzoate d'oestradiol (flèche)	33
Figure 19 : Spirale vaginale (PRID®) positionnée sur le pistolet applicateur et prête à être introduite dans le vagin	36
Figure 20 : Installation du dispositif dans l'applicateur	36
Figure 21: Le dispositif intra-vaginal CIDR® et son applicateur (www. Iowabeef center. com)	36
Figure 22 : Mise en place d'un implant sous-cutané.(photo H. Marichatou)	37
Figure 23 : Mise en place d'une spirale vaginale. (photo H. Marichatou)	37
Figure 24: Le dispositif intra-vaginal CIDR® et son applicateur (source:, www.pfizeranimalhealth.com)	37
Figure 25 : Implant sous-cutané et l'implanteur (trocart)	39
Figure 26: Schéma du protocole à base de progestagène ou de progestérone (Chastant- Maillard, source personnelle)	39
Figure 27: Protocoles de synchronisation à base de progestagènes(Grimard et al., 2003)	41
Figure 28 : Traitement à base d'implants sous-cutanés pour l'induction et la synchronisation de l'œstrus (modifié d'après Aguer, 1981)	41
Figure 29: Protocole CRESTAR®: Valérate d'oestradiol, implant de norgestomet et eCG	43
Figure 30: Nouveau protocole CRESTAR SO®	43
Figure 31: Schéma du protocole GPG (Chastant-Maillard, source personnelle)	44
Figure 32: Schéma du protocole GPG utilisé dans l'essai clinique	45
Figure 33: Schéma du protocole GP utilisé dans l'essai clinique	45
Figure 34: Répartition des chaleurs après traitement à base de PGF2 α et IA sur chaleurs observées chez des vaches laitières en subœstrus avant traitement (73,5% de vaches détectées) (Mialot et al., 1999)	46
Figure 35: Schéma de l'effet du protocole à base de progestagène sur le cycle œstral de la vache (Chastant-Maillard, source personnelle)	49
Figure 36: Schéma de l'effet du protocole GPG sur le cycle œstral de la vache (Chastant- Maillard, source personnelle)	59
Figure 37 : Association entre la taille du follicule à la dernière injection de GnRH du protocole GPG et la probabilité de gestation 35 jours après IA chez des vaches Prim'Holstein en lactation (Bello et al., 2006)	59
Figure 38: Association entre progestéronémie au moment de l'injection de PGF2 α et probabilité de gestation chez les vaches synchronisées par le protocole GPG (Bello et al., 2006)	69

Figure 39: Association entre oestradiolémie au moment de la 2ème injection de GnRH et probabilité de gestation chez les vaches synchronisées par le protocole GPG (Bello et al., 2006) 69

Figure 40: Taux de « survie embryonnaire » (pourcentage de vaches diagnostiquées gestantes entre 40 et 50 jours parmi les vaches diagnostiquées gestantes entre 27 et 30 jours) pendant une période de température ambiante normale (pas de stress thermique, $THI < 72$) et une période de température ambiante élevée (stress thermique, $THI \geq 72$), après synchronisation par le protocole GPG (barres noires) ou par le protocole GP (barres blanches à poids noirs) (Cartmill et al., 2001a) 70

Figure 41: Taux de gestation et de fécondation à la première IA selon le mois après synchronisation par le protocole GP (● ; n=128) ou le protocole GPG (■ ; n=171) (Burke et al., 1996) 74

Figure 42 : Nombre de vaches observées en chaleur par jour, entre J9 et J17 79

Liste Des Tableaux

Tableau 1 : Principaux avantages et inconvénients des systèmes de détection des comportements d'oestrus (Saint-Dizier, 2005).....	17
Tableau 2 : Comparabilité des deux lots pour les variables qualitatives	75
Tableau 3 : Comparabilité des deux lots pour la PLmax des vaches de race Prim'Holstein (variable quantitative)	76
Tableau 4 : Analyse descriptive des variables qualitatives propres au lot GPG.....	76
Tableau 5 : Analyse descriptive des variables qualitatives propres au lot GP.....	79
Tableau 6 : Taux de réussite du protocole de synchronisation des chaleurs pour chacun des lots GP et GPG.....	81
Tableau 7 : Taux de gestation des vaches inséminées pour chacun des lots GP et GPG.....	81
Tableau 8: Effet de différentes variables qualitatives sur la réussite du protocole de synchronisation des chaleurs.....	82
Tableau 8 (suite) : Effet de différentes variables qualitatives sur la réussite du protocole de synchronisation des chaleurs.....	83
Tableau 9 : Effet de la PLmax (variable quantitative) sur la réussite du protocole de synchronisation des chaleurs (Prim'Holsteins).....	83
Tableau 10: Effet de différentes variables qualitatives sur le taux de gestation des vaches inséminées.....	84
Tableau 10(suite) : Effet de différentes variables qualitatives sur le taux de gestation des vaches inséminées.....	85
Tableau 11 : Effet de la PLmax (variable quantitative) sur le taux de gestation des vaches inséminées (Prim'Hosteins)	85
Tableau 12 : Effet de différentes variables qualitatives sur l'observation des chaleurs des vaches du lot GP entre J9 et J17.....	86
Tableau 12 (suite) : Effet de différentes variables qualitatives sur l'observation des chaleurs des vaches du lot GP entre J9 et J17.....	87
Tableau 13 : Effet de la PLmax (variable quantitative) des vaches de race Prim'Holstein du lot GP sur leur venue en chaleurs entre J9 et J17.....	87
Tableau 14 : Effet du nombre de vaches recevant la première injection du protocole de synchronisation le même jour sur le taux d'observation des chaleurs J9 et J11.....	87

Liste des abréviations utilisées

eCG : hormone gonadotrope sérique de jument gravide d'origine placentaire (equine Chorionic Gonadotropin)

FSH : hormone folliculostimulante ou follitropine (Follicle Stimulating Hormone)

GnRH : Gonadolibérine (Gonadotropin Releasing Hormone)

IA : Insémination Artificielle

IA1: Insemination Artificielle 1ère

INRA: Institut National de la Recherche Agronomique

LH : Hormone lutéinisante ou lutropine (luteinizing hormone)

NEC : Note d'Etat Corporel

P : Valeur-P ou P-value

PGF2 α : Prostaglandine F2 α

PL : Production laitière journalière, en kg

PL_{max} : Production laitière journalière maximale des trois premiers résultats du contrôle, en kg

Protocole GP : Protocole de synchronisation des chaleurs composé d'une injection de GnRH à J0, puis d'une injection de PGF2 α à J7, suivie d'une insémination sur chaleurs observées

Protocole GPG : Protocole de synchronisation des chaleurs composé d'une injection de GnRH à J0, puis d'une injection de PGF2 α à J7, suivie d'une injection de GnRH à J9. L'insémination est programmée 12 à 18 heures après la dernière injection de GnRH.

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

Rapport TB/TP : Rapport taux butyreux sur taux protéique du lait

TP : Taux Protéique du lait, en g/kg

TP_{min} : Taux protéique minimal des trois premiers résultats du contrôle laitier, en g/kg

UNCEIA: Union Nationale des Coopératives agricoles d'Élevage et d'Insémination Animale.

Introduction

La gestion des performances de reproduction est un objectif technique majeur en élevage laitier d'où la maîtrise de la reproduction est devenue une nécessité. Elle est primordiale notamment pour la rentabilité économique de l'élevage laitier : 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. Que toutes les vaches donnent naissance chaque année à un veau est particulièrement difficile à obtenir dont les clés principales de la réussite résident dans la précocité de la mise à la reproduction et la bonne observation des chaleurs par l'éleveur afin d'inséminer la vache au moment optimal. Cette détection nécessite beaucoup de temps et un sens de l'observation. Or, depuis quelques dizaines d'années, l'augmentation de la taille moyenne des élevages, associée à la diminution de l'expression des chaleurs rendent difficiles l'observation des chaleurs et entraînent une diminution de la fécondité, notamment dans les élevages laitiers à forte production (*Lucy, 2001*). Cette activité chronophage, pour être efficace, passe par une bonne expression des chaleurs par les vaches. Or dans les troupeaux laitiers modernes, cette expression est devenue plus frustrée et les éleveurs accordent de moins en moins de temps à leurs détections.

Les traitements de synchronisation des chaleurs ont plusieurs objectifs zootechniques et économiques en élevage. Ils permettent d'organiser la production au cours de l'année en regroupant les vêlages afin de s'adapter aux contraintes économiques (fluctuations saisonnières du prix du lait), alimentaires (stock de fourrage, disponibilité des pâtures) et d'organisation du travail (exploitation mixte céréales/élevage).

En plus d'intervenir au niveau du troupeau, ils permettent d'induire également des chaleurs chez des vaches en anoestrus, c'est-à-dire non cyclées, ainsi que de faciliter le recours à l'insémination artificielle et donc d'accélérer le progrès génétique.

On appelle protocole de synchronisation des chaleurs un traitement composé de l'administration d'une ou plusieurs hormones ou analogues d'hormones dont le but est d'obtenir des chaleurs à un moment donné chez toutes les femelles traitées, afin de les inséminer à une période déterminée. Trois types de protocoles de synchronisation sont actuellement utilisés chez les bovins : Les traitements à base de prostaglandine (1 ou 2 injection(s), avec 11 à 14 jours d'intervalle entre les deux injections), les traitements à bases de progestagènes (dispositif libérant de la progestérone ou un analogue pendant 7 à

9 jours associé à la PGF2 α et éventuellement à de l'eCG et de la GnRH), et les traitements associant GnRH et prostaglandine.

Dans une première partie au travers d'une étude bibliographique, nous rappellerons les grandes lignes de la physiologie sexuelle de la vache laitière non gestante, notamment les bases physiologiques de l'activité ovarienne et de la cyclicité post-partum chez la vache laitière, le déroulement et les difficultés de la mise à la reproduction, avant de décrire dans une deuxième partie les différents protocoles de synchronisation des chaleurs utilisés chez la vache laitière. Cette partie nous permettra également de comparer les performances de reproduction obtenues suite à la synchronisation des chaleurs et notamment par les protocoles GPG et GP chez des vaches laitières en lactation sélectionnées dans des élevages français, ainsi que d'étudier l'influence des facteurs potentiels de variation de la fertilité à l'œstrus induit. Il est en effet intéressant d'actualiser les données sur les deux protocoles mis en place dans des élevages dont la majorité des études réalisées jusqu'à présent étant américaines.

Première partie

***Physiologie Ovarienne Et Mise A La
Reproduction Chez La Vache Laitière***

Chapitre I : Activité Ovarienne Chez la Vache Laitière

A/ CROISSANCE FOLLICULAIRE

1. CONSTITUTION DU STOCK DE FOLLICULES PRIMORDIAUX : PHASE DE MULTIPLICATION IN UTERO

Les cellules germinales souches femelles, appelées ovogonies, se multiplient au cours de la vie fœtale, entre le 50^{ème} et le 170^{ème} jour de la gestation, pour atteindre le nombre d'environ 2 millions. Elles entament alors le processus de méiose jusqu'au stade de prophase I, se transformant en ovocytes primaires, puis s'entourent de quelques cellules endothéliformes et d'une membrane basale, formant ainsi un stock de follicules primordiaux composé d'environ 235 000 follicules à la naissance. 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).

2. FOLLICULOGENESE

La folliculogenèse désigne l'ensemble du développement du follicule, depuis le moment où il quitte le pool de follicules primordiaux, jusqu'à l'ovulation ou l'atrésie (Picard-Hagen *et al*, 2008a). 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 (Picard-Hagen *et al*, 2008a, Chastan-Maillard *et al*, 2003).

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. 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 (figure 1, photo de gauche), 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 cubique 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 (figure 1, photos de droite). On dénombre 25 à 50 follicules

antraux de manière constante chez la vache. Le stade suivant, stade du follicule mûr, follicule de Graaf, ou follicule pré-ovulatoire constitue la dernière phase du développement folliculaire. Le follicule mûr mesure une taille maximale de 25 mm de diamètre chez la vache, est gonflé de liquide et fait saillie à la surface de l'ovaire (Hanzen *et al.*, 2000).

La fin de la phase de croissance folliculaire est la phase de maturation. Elle 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. L'ovocyte I se transforme alors en ovocyte II.

Les maturations cytoplasmique et membranaire lui permettent ensuite d'être fécondable (Hanzen *et al.*, 2000).

La figure 2 représente schématiquement les différents stades de la croissance folliculaire précédemment décrits.

B/ CYCLE ŒSTRAL

Le cycle oestral correspond à l'ensemble des modifications, au niveau de l'ovaire, des voies génitales et du comportement, qui se succèdent du début d'un oestrus (période d'expression du comportement sexuel, appelée aussi « chaleurs ») au début de l'oestrus suivant (Bonnes *et al.*, 2005).

1. PHASE FOLLICULAIRE ET PHASE LUTEALE

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

La phase folliculaire, commençant lors de la lutéolyse (destruction du corps jaune), aboutit à l'ovulation. Le premier jour d'expression du comportement des chaleurs suit la lutéolyse et précède l'ovulation. Il est considéré comme le premier jour du cycle oestral.

L'ovulation correspond à la rupture de la paroi du follicule dominant au niveau du stigma (figure 3, photo de gauche) et l'émission d'un ovocyte fécondable (après maturation). Elle se produit suite à une augmentation de la vascularisation ovarienne et à des

phénomènes de dissociation des fibres de collagène de la thèque, nécrose et contraction des fibres musculaires lisses de la thèque interne (Mialot *et al.*, 2001). Ces phénomènes sont médiés par l'intermédiaire de facteurs de l'inflammation et des prostaglandines PGE2 et PGF2 (Fieni *et al.*, 1995, Thibault et Levasseur, 1991).

Très peu de follicules primordiaux arrivent au stade d'ovulation : 99,9% subissent l'atrésie au cours des différentes étapes de la croissance folliculaire (Chastant-Maillard, 2003).

Suite à l'ovulation, le follicule rompu se vascularise rapidement pour se transformer en corps jaune, marquant le début de la phase lutéale (figure 3, photo de droite). Celui-ci est formée de petites cellules, issues de la thèque interne, et des grandes cellules, issues de la granulosa. Le corps jaune croît pendant 9 jour jusqu'à la taille de 20 mm de diamètre, se maintient à cette taille puis régresse en quelques jours à partir du 16^{ème} ou 17^{ème} jour du cycle (en l'absence de gestation) (Picard-Hagen *et al.*, 2008a).

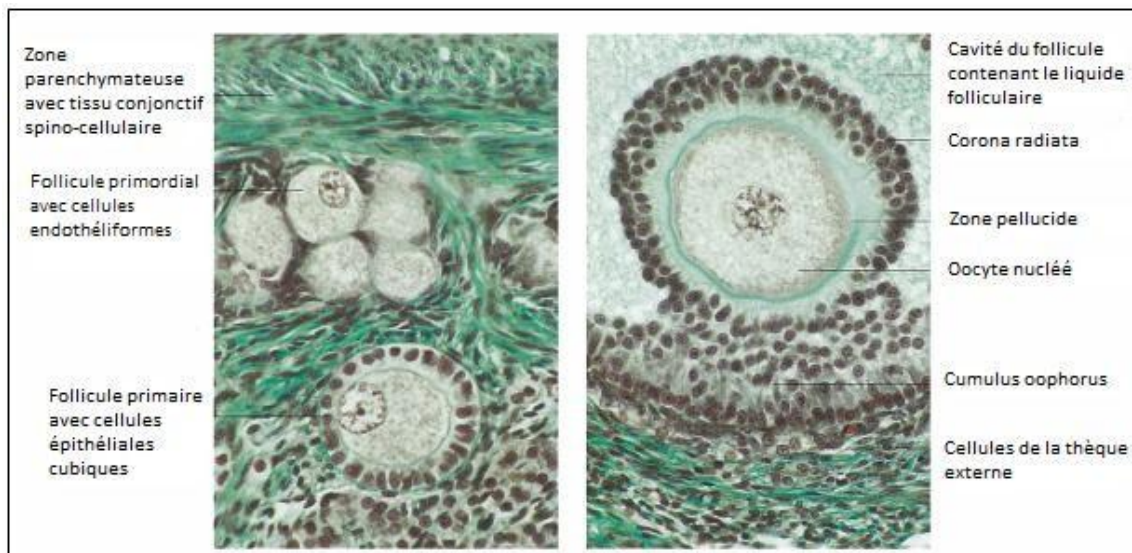


Figure 1: Coupes histologiques de la zone parenchymateuse d'un ovaire de vache (photo de gauche) et d'un follicule tertiaire (photo de droite) (König et Liebich, 2004)

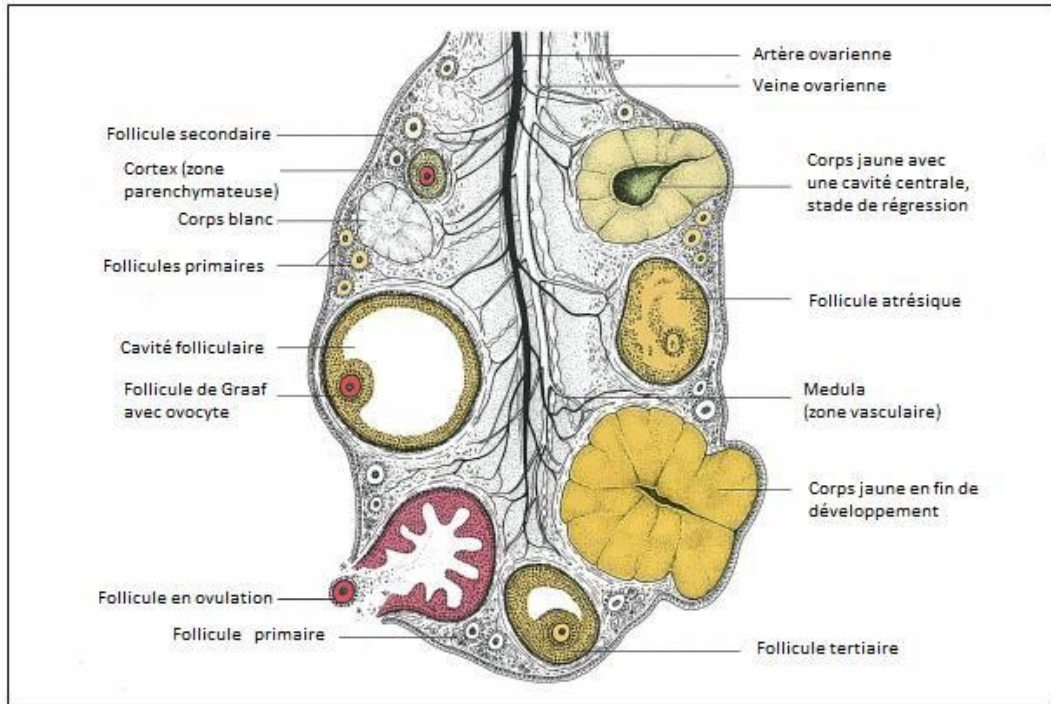


Figure 2: Stades fonctionnels de l'ovaire de la vache, schéma (König et Liebich, 2004)

2. VAGUES FOLLICULAIRES

Le développement folliculaire se fait sous forme de croissances et de régressions successives de plusieurs follicules, appelées vagues folliculaires (Picard-Hagen *et al.*, 2008a) (figure 4). Chaque vague dure 7 à 10 jours et est constituée de trois phases successives :

- Le recrutement : il concerne 8 à 41 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, on pourrait donc considérer que la phase de recrutement commence dès ce stade) (Picard-Hagen *et al.*, 2008a ; Adams *et al.*, 2008).
- La sélection : 1 à 3 follicules continuent leur croissance parmi les follicules recrutés (Mialot *et al.*, 2001).
- La dominance : le plus gros des follicules sélectionnés (8,5 à 10 mm) est le seul à continuer sa croissance, et inhibe les autres qui subissent l'atresie (Mialot *et al.*, 2001).

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 (Driancourt, 2001). Pour certains auteurs, elle s'arrêteraient durant les 21 derniers jours de la la gestation (Driancourt, 2001), pour d'autres, elles pourraient continuer tout au long de la gestation (Chastant-Maillard *et al.*, 2005) (figure 5). Cependant, pendant la période pré-pubertaire, la gestation et et l'anoestrus post-partum, les follicules n'atteignent pas le stade pré-ovulatoire.

Durant le cycle œstral, deux à trois vagues folliculaires sont généralement détectées. 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. 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 ; Townson *et al.*, 2002). Cependant, aucune étude récente ne rapporte la fréquences des cycles à 2 ou 3 vagues en France. La durée du cycle oestral 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 (Chastant-Maillard *et al.*, 2005, cf. figure 6).

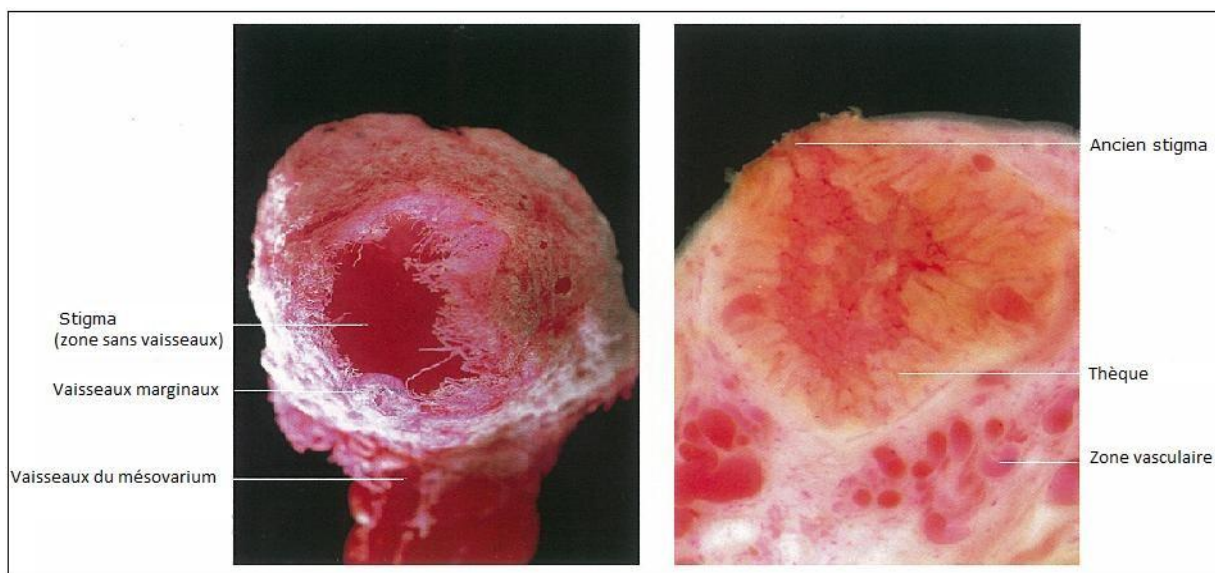


Figure 3 : Vaisseaux sanguin d'un ovaire bovin avant (à gauche) et après (à droite) ovulation (König et Liebich, 2004)

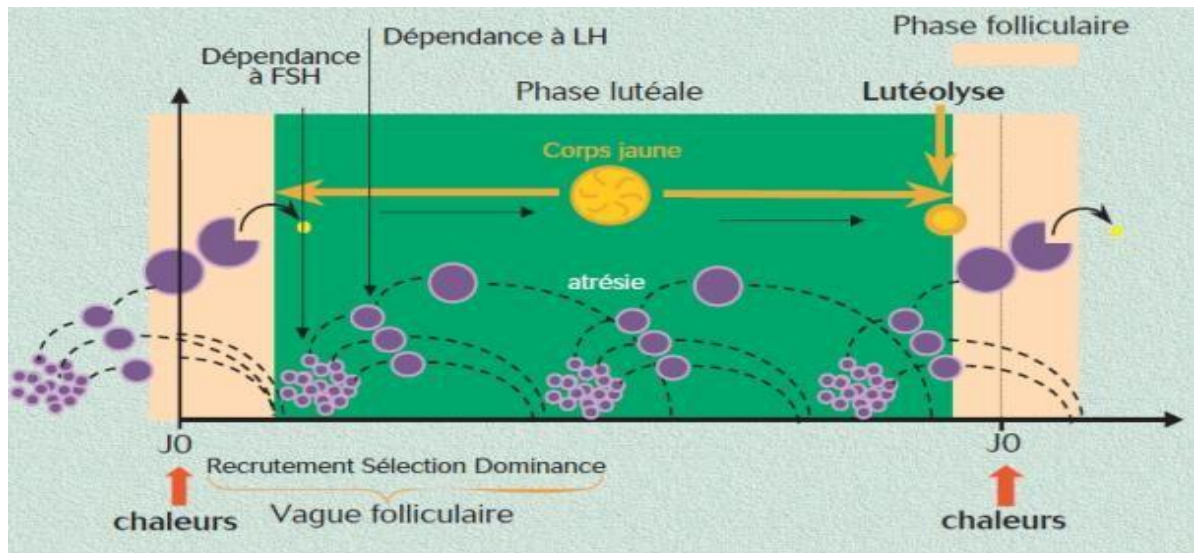


Figure 4: Les vagues folliculaires au cours du cycle oestral de la vache (Chastant-Maillard, 2005)

3. MECANISMES DE REGULATION AU COURS DU CYCLE

a) Acteurs de la régulation hormonale du cycle œstral

La régulation du cycle œstral implique de nombreux acteurs interagissant entre eux, notamment des hormones, dont nous allons citer brièvement l'origine et le rôle, avant de détailler plus précisément chaque phase du cycle dans les paragraphes suivants.

La gonadolibérine (GnRH) est libérée de manière pulsatile par l'hypothalamus, et agit sur l'hypophyse en induisant la libération de follitropine ou hormone folliculostimulante (FSH), et de lutropine ou hormone lutéinisante (LH). La FSH stimule la croissance folliculaire. La LH est, comme la GnRH, libérée de manière pulsatile, et agit sur la fin de la croissance folliculaire, l'ovulation et la formation du corps jaune.

Les follicules de grande taille produisent des œstrogènes, qui exercent un rétrocontrôle positif sur l'hypothalamus, stimulant la libération de FSH et au-delà d'un certain seuil, de LH. L'inhibine est également produite par les follicules. Accompagnée d'une forte sécrétion d'œstrogènes en phases de sélection et dominance, elle exerce un rétrocontrôle négatif sur l'hypophyse, inhibant la libération de FSH. Le corps jaune produit de la progestérone, qui exerce un rétrocontrôle négatif sur l'hypothalamus, inhibant la croissance folliculaire. La prostaglandine F2 α (PGF2 α) est produite par l'utérus et provoque la régression du corps jaune (Picard-Hagen *et al.*, 2005). La figure 7 représente schématiquement l'action des différentes hormones précédemment citées.

La première phase de la croissance folliculaire, dite « gonadotrope-indépendante », se déroule sous le contrôle de facteurs de croissance ou endocriniens produits localement par les follicules, dont l'activine. 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'après une étude récente (Adams *et al.*, 2008), il a été montré que les follicules seraient sensibles à la FSH dès la taille d'1 mm de diamètre.

La phase de la croissance folliculaire « gonadotrope-dépendante » est sous le contrôle des hormones hypophysaire gonadotropes (FSH et LH), mais également de facteurs intra-ovariens (inhibine, IGF (Insulin like Growth Factor) et certaines IGFBP (Insulin like Growth Factor Binding Proteins)) (Drion *et al.*, 2000). Elle est composée de 3 étapes : le recrutement, la sélection et la dominance.

i Recrutement

Tous les 7 à 10 jours, le recrutement est initié par une augmentation de FSH (figure 8). 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).

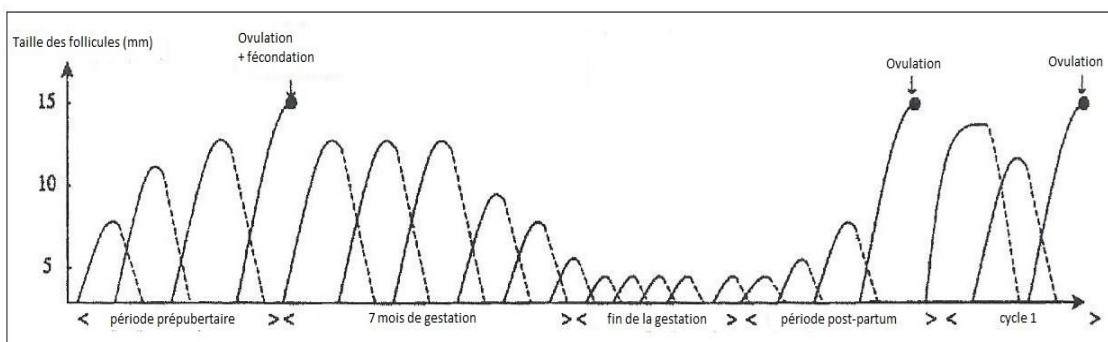


Figure 5 : Croissance folliculaire à différents stades de la vie de la vache (Driancourt, 2001) Les follicules en croissance sont représentés par des lignes continues, tandis que les follicules atrophiques sont représentés par des lignes en pointillé.

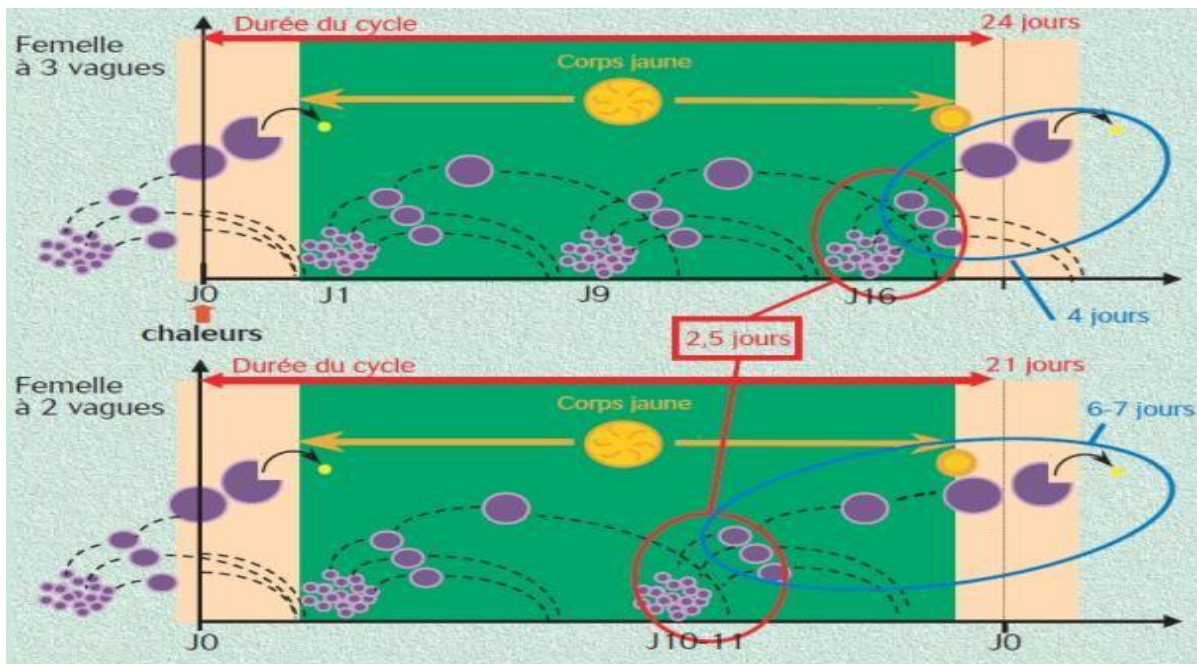


Figure 6 : Les deux types de cycle chez la vache (Chastant-Maillard, 2005)

b) Croissance folliculaire

i *Sélection et dominance*

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. Ceci conduit à une chute du taux de FSH circulant, empêchant le développement de tous les follicules, excepté le follicule dominant (figure 8). Celui-ci est en effet le seul à avoir acquis suffisamment de récepteurs à LH, et à produire suffisamment de facteurs de croissance (en particulier l'IGF1 qui stimule l'aromatase des androgènes en œstrogènes) pour lui permettre de subsister (Drion *et al.*, 2000). Par ailleurs, le follicule dominant agirait directement sur la croissance des autres follicules 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) (Driancourt *et al.*, 2001). Les autres follicules sont alors voués à l'atrésie.

ii *Croissance du follicule dominant*

La croissance du follicule dominant se poursuit grâce à la LH, la libération de FSH étant alors faible (figure 8).

a) Evolution du follicule dominant

Le follicule dominant subit ensuite l'atréxie ou ovule selon le stade du cycle.

En l'absence de corps jaune (phase folliculaire), l'œstradiol en forte concentration exerce un rétrocontrôle positif sur l'hypothalamus. L'augmentation de la concentration de FSH puis de la fréquence des décharges de LH provoque l'ovulation (Thibault et Levasseur, 1991).

Pendant la phase lutéale, les cellules du corps jaune, grandes et petites, 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). La sécrétion de progestérone est maximale entre le 10^{ème} et le 14^{ème} jour du cycle (Picard-Hagen *et al.*, 2008a). Le follicule dominant connaît alors l'atréxie.

Lutéolyse

En fin de phase lutéale, les petites cellules du corps jaune continuent à produire de la progestérone, tandis que les grandes se mettent à produire de l'ocytocine. Cette dernière se fixe sur les récepteurs utérins, provoquant la synthèse et la libération de prostaglandine, aboutissant à la lutéolyse (Fieni *et al.*, 1995). Vingt-quatre heures après la lutéolyse (environ entre J16 et J18), le corps jaune ne sécrète plus de progestérone (Picard-Hagen *et al.*, 2008a).

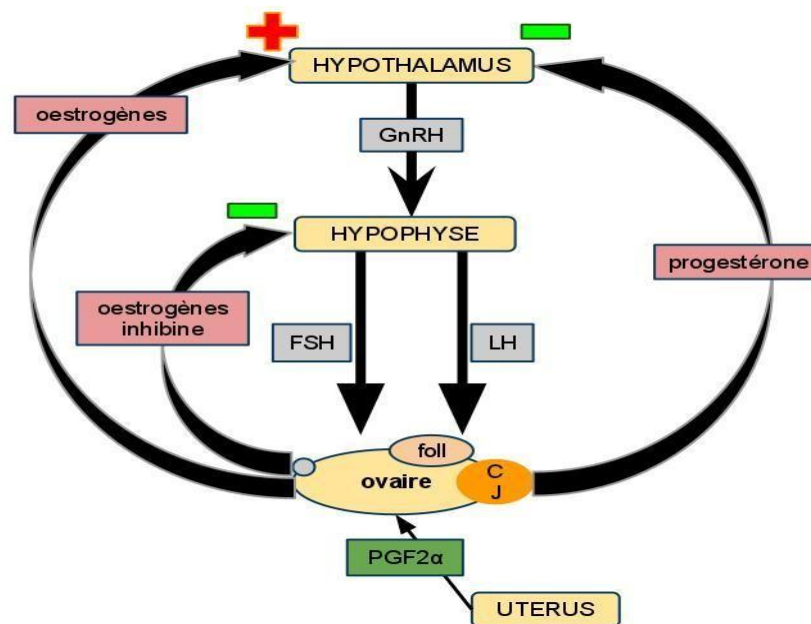


Figure 7 : Régulation hormonale du cycle œstral (modifié d'après Picard-Hagen *et al.*, 2005)

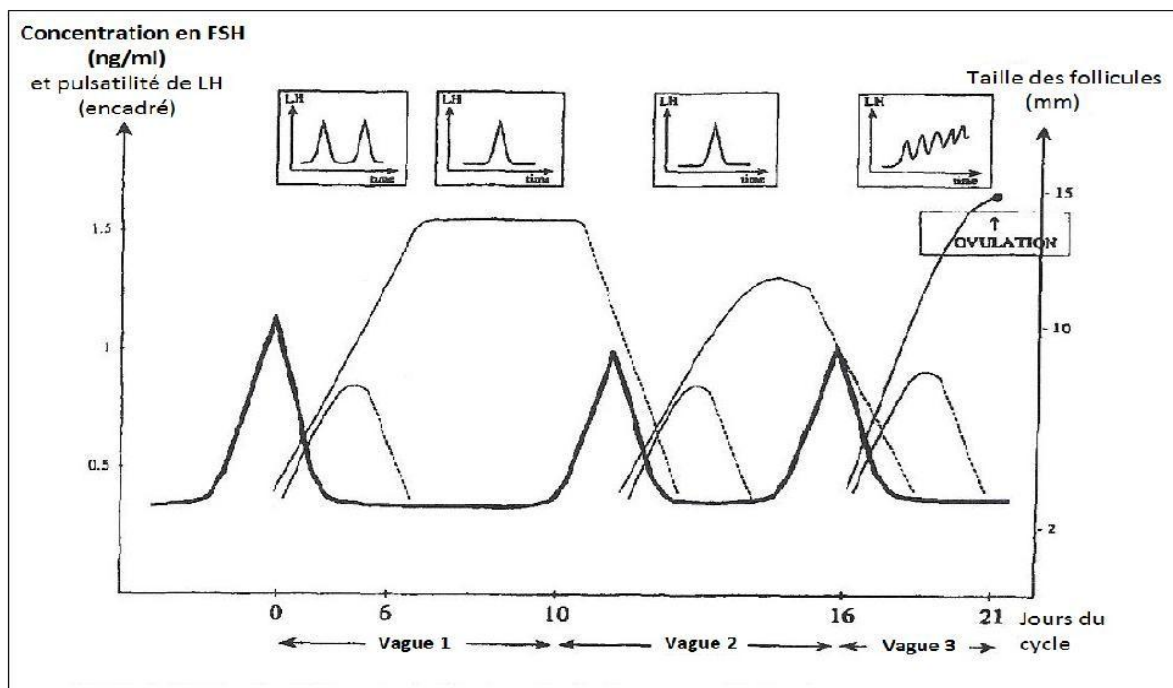


Figure 8 : Concentration en FSH, pulsativité de LH et croissance folliculaire au cours du cycle œstral chez la vache (Driancourt, 2001)

Chapitre II : Mise A La Reproduction Et Cyclicité Post-Partum

A/ CRITERES DE MISE A LA REPRODUCTION

1. POUR LES GÉNISSES

La puberté est le moment où la femelle devient apte à produire des ovocytes fécondables. Elle apparaît généralement lorsque la génisse atteint 40 à 50% du poids adulte, soit vers l'âge de 9-10 mois chez la plupart des génisses de race Prim'Holstein (Le Cozler *et al.*, 2009). 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 de type Prim'Holstein) (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 (Le Cozler *et al.*, 2009).

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 9). 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, quitte à 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).

D'après l'étude de Le Mézec *et al.* (2010), sur les 10 dernières années, la mise à la reproduction est de plus en plus tardive dans les races Montbéliarde, Normande et Prim'Holstein. Cette tendance est surtout marquée en race Prim'Holstein : en 2008,

l'intervalle vêlage-première IA moyen était de 95 jours (figure 10).

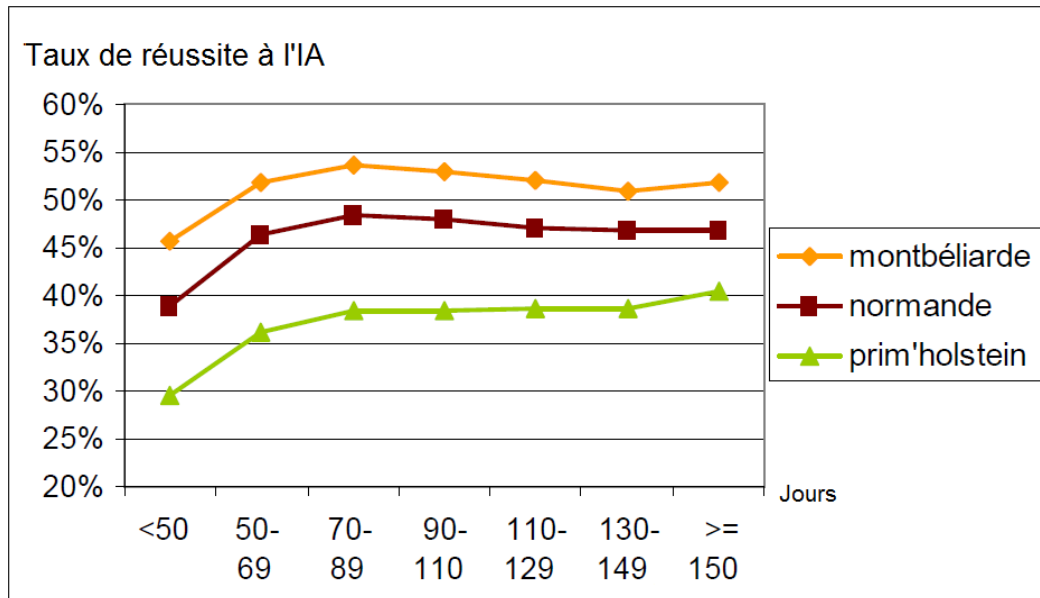


Figure 9 : Taux de réussite à l'IA selon la classe d'intervalle vêlage-1^{ère} IA dans les races Montbéliarde, Normande et Prim'Holstein, campagne 2008 (Le Mézec et al., 2010)

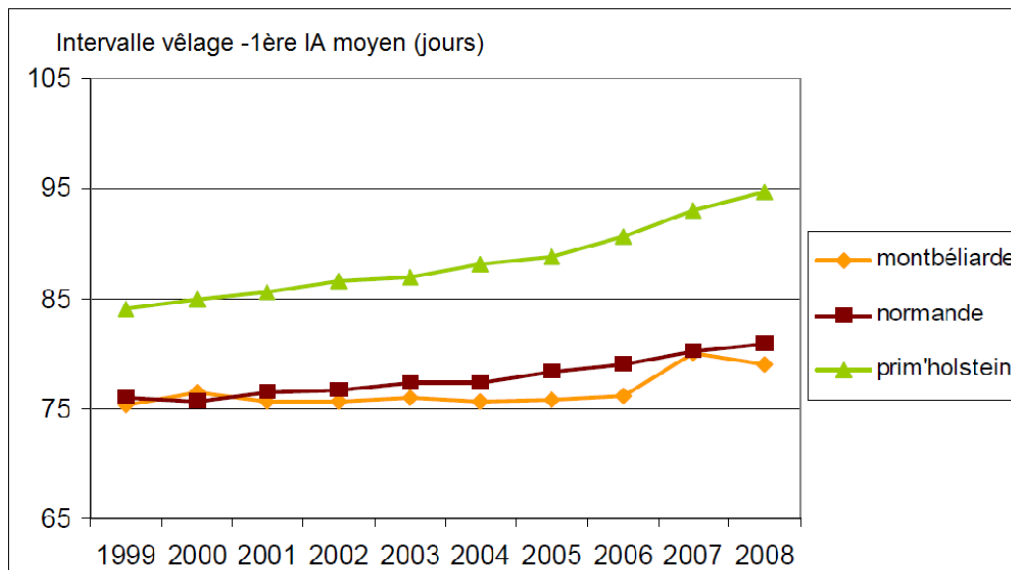


Figure 10 : Evolution de l'intervalle vêlage-première IA moyen (Le Mézec et al., 2010)

B/ DETECTION DES CHALEURS

1. LA DETECTION DES CHALEURS : UN PREREQUIS A L'INSEMINATION ARTIFICIELLE

L'insémination artificielle est pratiquée dans la majorité des élevages laitiers.

En 2008, 85% des vaches laitières étaient inséminées artificiellement (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 ».

Le comportement le plus spécifique des chaleurs est l'acceptation du chevauchement. Cependant, 50% des vaches n'expriment plus ce comportement pendant leurs chaleurs (Dransfield *et al.*, 1998 ; Kerbrat et Disenhaus, 2004). C'est pourquoi les comportements sexuels secondaires : chevauchement ou tentative de chevauchement, pose de menton sur la croupe, reniflement de la vulve, cajolement, sont également à prendre en compte. Aucun de ces comportement n'est spécifique, mais l'augmentation de leur fréquence est significative pendant l'oestrus (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 (14 publications revues par Cutullic, 2010, cité dans l'article de 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).

2. AIDE A LA DETECTION DES CHALEURS

Différentes méthodes ont été développées afin de faciliter la détection des chaleurs par les éleveurs.

a) Les systèmes de détection des comportements de l'oestrus

• *Marqueurs du chevauchement*

Plusieurs dispositifs adhésifs se placent sur la croupe de la vache, à la base de la queue, et témoignent d'une acceptation du chevauchement (Hanzen, 1981 ; Saint-Dizier, 2005).

- Le système Kamar® contient une capsule de peinture rouge libérant son contenu dans un compartiment visible par l'observateur à la suite d'une pression suffisante (figure 11).
- Le système Oestruflash® libère un liquide qui devient phosphorescent après un chevauchement, et le reste pendant 12 heures seulement. L'observation de la phosphorescence indique donc que le chevauchement a eu lieu moins de 12 heures auparavant.
- La vignette autocollante Estrus alert® a une surface argentée dont la couleur change à chaque frottement pour laisser peu à peu apparaître une surface fluorescente, permettant d'évaluer le nombre de chevauchements.
- Autrement, le simple marquage à la peinture, à l'encre ou à la craie, peu onéreux, peut être utilisé. La marque est modifiée ou effacée lorsque la vache a été chevauchée.



Figure 11 : Système de détection Kamar® (cliché : Chastant-Maillard, dans l'article de Saint-Dizier, 2005)

Tableau 1 : Principaux avantages et inconvénients des systèmes de détection des comportements d'oestrus (Saint-Dizier, 2005)

<i>Système de détection</i>	<i>Avantage</i>	<i>Inconvénients</i>
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'oestrus non connu - Peu spécifique - Chaleurs silencieuses non détectées
Vignettes semi-quantitatives à usage unique (Estruflash®, Estrusalert®)	- Prix - Début de l'oestrus connu approximativement - Détection continue	- Peu spécifique - Perte du dispositif possible - Chaleurs silencieuses non détectées
Détecteurs électroniques de chevauchement (Mouncount®, Heatwatch®)	- Début de l'oestrus connu approximativement - Détection continue - Bonne spécificité	- Dispositif lourd et couteux - Sensibilité assez faible (chevauchements > 2 secondes) - Perte du dispositif possible - Chaleurs silencieuses non détectées
Activité-mètre, podomètre	- Début de l'oestrus connu - Détection continue	- Dispositif lourd et couteux - Peu spécifique - Chaleurs silencieuses non détectées

- *Détecteurs de chevauchement électronique*

Il existe des détecteurs de chevauchement électroniques dotés d'un capteur de pression qui se placent également sur la croupe de l'animal. Lorsque ce capteur enregistre une pression d'une intensité et d'une durée minimales, définies par le fabricant, il envoie les informations (numéro du capteur, moment et durée du chevauchement) à une unité centrale (Heatwatch®), ou traduit l'information par des signaux lumineux indiquant un oestrus possible (détection d'un chevauchement), un oestrus avec immobilisation (3 chevauchements en 4 heures) (MountCount®). En indiquant le moment du premier chevauchement, ces systèmes permettent une meilleure précision dans le moment de

l'insémination (Saint-Dizier, 2005 ; Saumande, 2000).

- *Dispositifs se plaçant sur un animal détecteur*

Ces dispositifs témoignent également des chevauchements survenus, mais à la différence des précédents, se placent sur un « animal détecteur », qui chevauche les femelles en chaleurs. Ils se présentent sous la forme de harnais marqueurs (Chin ball®, Sire-Sine®, crayons marqueurs). L'animal détecteur peut être un mâle ayant subi une intervention le rendant stérile mais permettant la conservation de l'instinct sexuel (vasectomie ou une épидидymectomie) ou rendant l'intromission pénienne impossible (fixation du pénis, amputation du pénis, déviation latérale du pénis) (Hanzen, 1981). Il était auparavant possible d'utiliser un mâle castré ou une vache chez qui on induit un comportement de mâle par injection de stéroïdes à activité œstrogénique ou androgénique, mais l'interdiction de ces hormones dans l'union européenne depuis 2006 empêche le recours à cette technique (Saint-Dizier, 2005).

- *Les systèmes d'enregistrement de l'activité motrice :*

Les vaches en chaleurs marchent 3 à 4 fois plus qu'en temps ordinaire. Des activité-mètres peuvent être fixé autour du cou ou du pied (podomètre) et permettent de détecter cette augmentation d'activité. (Saint-Dizier, 2005 ; Hanzen, 1981 ; Saumande, 2000)

Les différents avantages et inconvénients des différents systèmes de détections des comportements de l'œstrus sont présentés dans le tableau 1.

b) Détection des modifications non comportementales

- *Les systèmes de détection adaptés au système de traite*

- Dosage de la progestérone :

La concentration en progestérone, mesurable dans le lait, diminue au début de la phase folliculaire pour rester basse jusqu'à l'ovulation. Cependant une concentration basse peut également refléter un état d'anœstrus ou un début de phase lutéale. Pour avoir des résultats fiables, les dosages doivent être fréquents afin de suivre l'évolution de la concentration de l'hormone. Des capteurs associés aux robots de traites permettent

d'obtenir deux dosages par jour (Saint Dizier, 2005).

- Mesure de la variation de la conductivité, de la quantité et de la température du lait :

Chacune de ces méthodes ne donne actuellement pas de résultats satisfaisants, mais une utilisation simultanée de ces différents paramètres pondérés pourrait être intéressante (Saint-Dizier, 2005 ; Saumande, 2000).

- *Mesure de la résistance électrique vaginale*

La résistance électrique vaginale diminue pendant la phase folliculaire, atteignant sa valeur la plus basse au moment du pic de LH, quelques heures avant le début de l'œstrus. Une sonde (Ovatec®) permet de mesurer cette résistance. La mesure doit être effectuée deux fois par jour, quelques jours avant l'œstrus. Les variations pour une même vache et entre les vaches nuisent à la fiabilité des résultats. En outre, le rapport efficacité/coût de cette technique est mauvais (Saint-Dizier, 2005).

- *Mesure de la température corporelle*

La température corporelle de la vache baisse quelques jours avant l'œstrus, pour remonter de 0,3 à 1 degré au début de l'œstrus. Des capteurs de températures implantés au niveau du vagin ou de l'oreille, ou placés dans le réseau ont été testés expérimentalement, mais aucun dispositif n'est actuellement commercialisé (Saint-Dizier, 2005 ; Saumande, 2000).

De nombreux outils sont donc disponibles pour aider à la détection des chaleurs. Cependant, ils ne permettent pas de s'affranchir de l'observation des animaux, qui reste indispensable. Les protocoles de synchronisation des chaleurs avec insémination sur chaleurs observées peuvent être considérés comme un autre type d'aide à la détection des chaleurs, puisqu'ils diminuent la période d'observation. Les protocoles avec insémination à l'aveugle, eux, permettent même de s'affranchir totalement de cette tâche.

3. DEF AUT DE DETECTION DES CHALEURS

a) 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 *et al.*, 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'oestrus (Van Eerdenburg *et al.*, 1996 ; Kerbart et Disenhaus, 2004 ; Roelofs *et al.*, 2005).

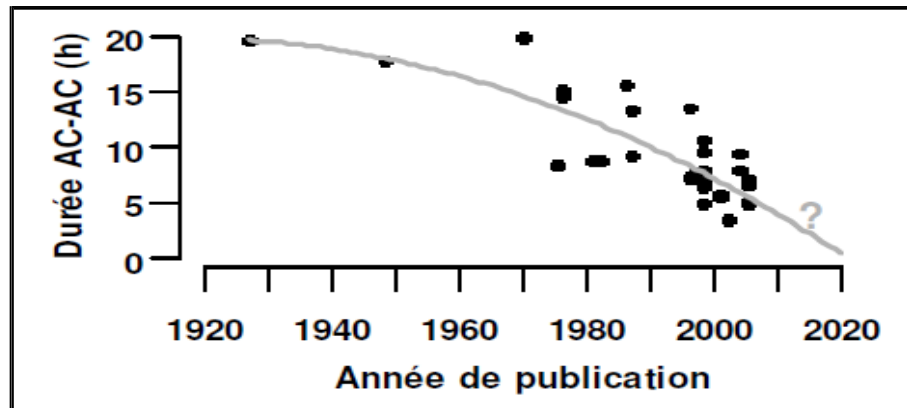


Figure 12 : Revue de l'évolution de la durée des chaleurs chez la vache (Cuttilic, 2010, n=39, dans l'article de Disenhaus *et al.*, 2010)

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

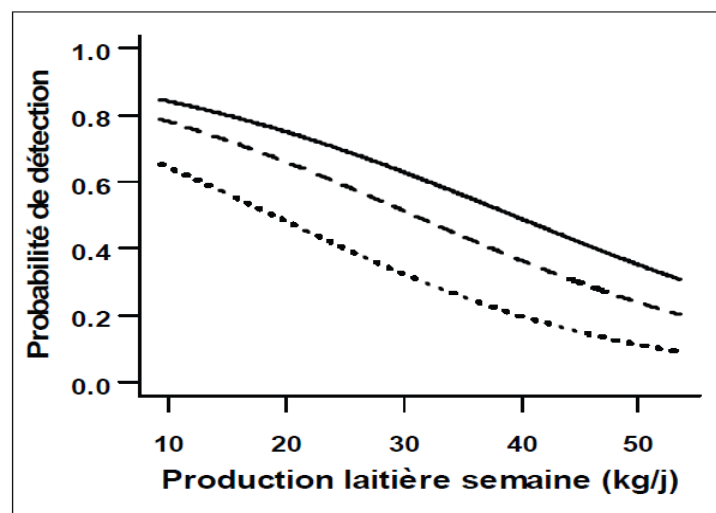


Figure 13 : Probabilité de détection de l'ovulation en fonction du niveau de production laitière sur la semaine de l'ovulation, selon que l'observateur utilise l'ensemble des signes sexuels pour caractériser les chaleurs (-), exige au moins un chevauchement (--), exige au moins une acceptation du chevauchement(...)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

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

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

- *Nombre de vaches simultanément en chaleur*

Le premier facteur influant sur l'expression des chaleurs (tous facteurs environnementaux et animaux confondus) 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).

- *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)

- *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.

- *Etat corporel/déficit énergétique en début de lactation*

Les vaches à faible note d'état corporel (NEC)¹ 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.

- *Logement*

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 sortie en pâture multiplie les chances de détecter les chaleurs par acceptation du chevauchement ou chevauchement plutôt que par signes discrets par 2,4 et 2 respectivement. Or, la réussite à l'IA est meilleure lorsque la détection se fait sur des comportements de chaleurs nets plutôt que sur des signes discrets, les vaches exprimant peu leurs chaleurs étant moins fertiles, et 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, Britt *et al.*, 1986).

- *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 ou chevauchement plutôt que par signes discrets sont multipliés par 2,1 et 2,4 respectivement par rapport aux vaches de race Prim'Holstein.

- *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 (figure 14) : 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).

a) Diminution du temps passé à la détection des chaleurs

Outre la dégradation de l'expression des chaleurs, le temps consacré à l'obser

vation 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...

C/ LA REUSSITE DE L'IA

1. FERTILITÉ DES VACHES LAITIÈRES

La réussite de l'IA dépend des bonnes pratiques de détection des chaleurs et d'insémination, mais également de la fertilité de la vache inséminée (et du taureau utilisé pour l'IA).

D'après une étude récente sur l'évolution du taux de réussite à la première IA (TRIA1), la fertilité des vaches et génisses des trois principales laitières (Prim'Holstein, Normandes et Montbéliardes) s'est dégradée entre 2000 et 2004, pour ensuite s'améliorer légèrement chez les Montbéliardes, se stabiliser chez les Prim'Holstein et se dégrader légèrement chez les Normandes (*Le Mézec et al.*, 2010, figure 15).

Cependant, c'est dans la race Prim'Holstein que la fertilité est la moins bonne : dans cette race, chez les vaches en lactation, 2 inséminations sur 3 se soldent par un échec (*Le Mézec et al.*, 2010).

2. FACTEURS INFLUENÇANT LA FERTILITE DES VACHES LAITIERES

a/ 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).

La chute d'un point de la note d'état corporel pendant le premier mois de lactation multiplie ainsi le risque de mortalité embryonnaire tardive par 2,4 (Lopez-Gatius *et al.*, 2002).

Le TP (taux protéique) du lait est un indicateur de déficit énergétique de la ration. Un TP bas est associé à une dégradation de la fertilité (Mayer, 1978 ; Opsomer, 2000). Plusieurs études utilisent le TP minimal des trois premiers résultats du contrôle laitier (TP_{min}), et montrent une baisse de fertilité en dessous de différents seuils : 26 g/kg de lait (Espinasse *et al.*, 1998), 30 g/kg de lait (Pinto *et al.*, 2000), 28 g/kg de lait (enquête FERTILIA menée par l'UNCEIA entre septembre 2004 et juin 2005 dans 135 élevages Prim'Holsetin, données non publiées, Ponsart *et al.*, 2007).

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 ; Heuer *et al.*, 1999). Un rapport TB/TP>1,5, associé à un risque de cétose subclinique, diminue la fertilité dans l'étude de Heuer *et al.*(1999). Seegers *et al.* (2005) notent une diminution de la fertilité pour un rapport TP/TB<0,64 (soit un rapport TB/TP>1,56).

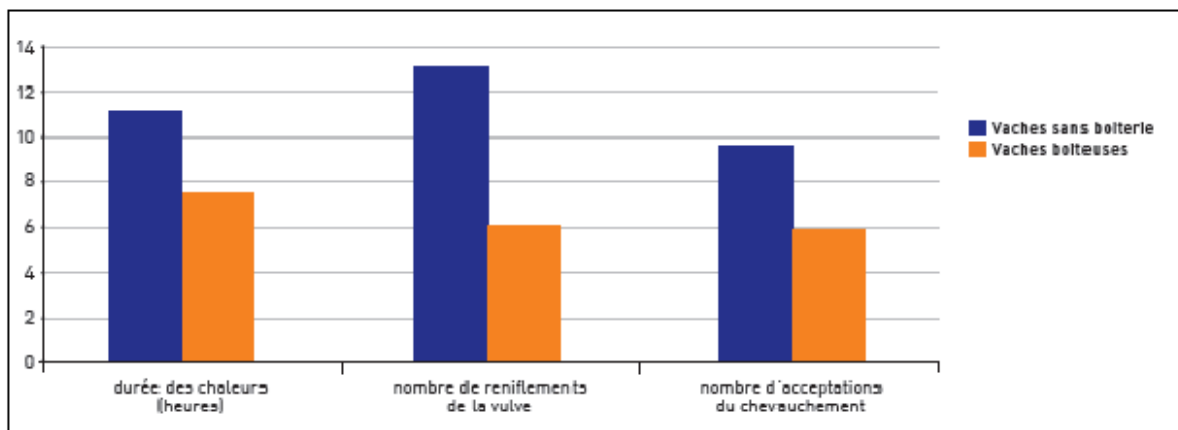


Figure 14 : Conséquences de la boiterie sur la durée et l'intensité des chaleurs (Dobson *et al.* 2007)

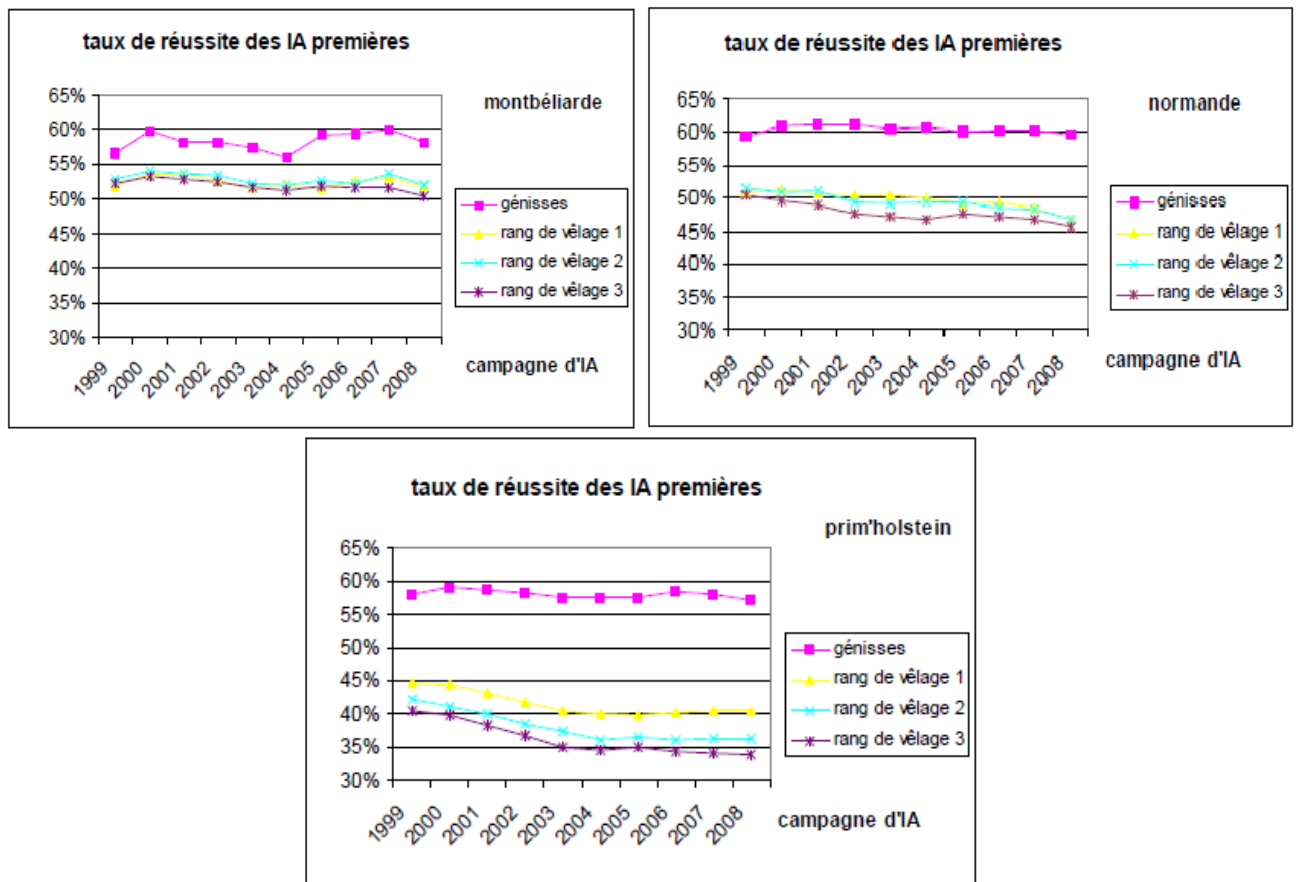


Figure 15 : Evolution des taux de réussite des IA premières dans les races Normande, Montbéliarde et Prim'Holstein (Le Mézec et al., 2010)

b) Production laitière

La sélection génétique sur la production laitière, négativement corrélée à la fertilité, est en partie responsable de la baisse de la fertilité, du moins jusqu'en 2004. Les premières femelles issues d'accouplement pour lesquelles la fertilité a commencé à être prise en compte sont alors entrées dans les troupeaux (Ponsart *et al.*, 2007).

Une forte production laitière favorise un bilan énergétique négatif, diminuant la fertilité. Cet effet est mis en évidence surtout si la production laitière considérée est celle réalisée avant la mise à la reproduction. Ainsi, c'est souvent la production maximale des trois premiers résultats du contrôle laitier (correspondant approximativement à la production laitière au pic de lactation) qui est associée à une baisse de la fertilité (Pinto *et al.*, 2000, Philipot *et al.*, 1994). Dans une étude réalisée à Méjusse (station expérimentale de l'INRA de St Gilles) entre 2000 et 2004, 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).

c) 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 (figure 9).

d) 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, dépassant les 55% dans les trois principales races (Prim'Holstein, Normandes, Montbeliardes) (figure 13). 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'oestradiol autour de l'oestrus, 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 13). On peut expliquer ceci par une production laitière plus élevée et des problèmes métaboliques plus fréquents chez les multipares que chez les primipares (Tenhagen *et al.*, 2001), et probablement un vieillissement de l'appareil génital d'année en année.

e) Nombre de vagues par cycle

Il n'y a actuellement pas de certitude quant à la relation entre nombre de vagues folliculaires et fertilité. Pour Bleach *et al.* (2004), le nombre de vagues folliculaires par cycle n'influerait pas sur la fertilité. Dans l'étude de Ahmad *et al.* (1997), le taux de gestation des génisses n'était pas affecté par le nombre de vagues folliculaires tandis que chez les vaches, la fertilité était meilleure chez les vaches avec des cycles à 3 vagues, comme dans l'étude de Towson *et al.* (2002).

f) lésions 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.

g) res affections

Les boiteries diminuent significativement la fertilité à la 1^{ère} IA dans l'étude de 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). Comme les affections de l'appareil génital, leur influence 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, 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).

h) Stress thermique

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

i) Déroulement du vêlage précédent

Les vêlages dystociques altèrent la fertilité à l'insémination suivante, surtout lorsqu'une extraction forcée ou une césarienne sont pratiquées : la fertilité diminue alors de 15 à 30 points (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.

D/ CYCLICITE POST-PARTUM

1. RETOUR A UNE CYCLICITE NORMALE

a) Premier follicule dominant, première ovulation

Une période d'anœstrus 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), et dépend notamment de la parité et de la saison (intervalle plus court à l'automne qu'au printemps, et chez les multipares que chez les primipares) (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 (Mialot *et al.*, 2001). Selon le devenir du premier follicule dominant,

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 (Grimard *et al.*, 2005). Elle 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).

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).

b) 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. Entre 3 et 7 jours post-partum, 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). Ainsi, on assiste à la reprise de la libération de GnRH, puis de FSH (entre 5 et 10 jours après vêlage), et enfin de la LH (10 à 20 jours après vêlage) (Grimard *et al.*, 2005).

La croissance des follicules recrutés peut alors se poursuivre suite à l'augmentation du taux de FSH. La dominance d'un follicule pourra ensuite s'exercer grâce à l'augmentation de la fréquence et de l'amplitude des pics de LH (Drion *et al.*, 2000). La 1^{ère} 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).

2. REPRISE DE CYCLICITE POST-PARTUM ANORMALE

Seulement 50 à 70% des vaches présentent des profils de reprise d'activité cyclique normaux après vêlage (Disenhaus *et al.*, 2005). Cinq types d'anomalie de cyclicité post-partum ont été identifiés par mesures répétées de la progestéronémie : reprise d'activité différée, cessation d'activité après une première ovulation, phase lutéale courte, phase lutéale prolongée, profils irréguliers (Kerbrat et Disenhaus, 2000). Les deux anomalies les plus fréquentes sont les phases lutéales prolongées et l'inactivité prolongée. La première concerne majoritairement les vaches qui ovulent précocement après vêlage, qui produisent le plus de lait et qui maigrissent le plus. La seconde affecte surtout les primipares qui vêlent avec un état d'engraissement insuffisant (<2,5), mais également les vaches fortes productrices maigrissant beaucoup après vêlage (Disenhaus *et al.*, 2

Deuxième Partie

***Traitements De Synchronisation
Des chaleurs Chez La Vache Laitière***

Chapitre I : Matériels et Méthodes

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).

A l'issue d'un traitement, l'insémination se fait soit sur chaleurs observées, soit à l'aveugle, à un moment donné après la fin du traitement (Grimard *et al.*, 2003).

I.1/ Interets 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, 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», sans se soucier des signes extérieurs d'oestrus, à une date post traitement bien précis.

* La programmation des naissances permet à l'éleveur de conduire son troupeau en lots homogènes et d'obtenir ainsi une meilleure rationalisation de son travail.

* De même, dans un souci de rentabilité optimale il peut espérer commercialiser ses produits au moment où les cours sont les plus soutenus.

* Il devient plus facile de coïncider les besoins du troupeau et les ressources alimentaires disponibles.

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

d'obtenir une amélioration génétique, source de meilleurs performances. La garantie et le maintien d'un bon état sanitaire si souvent perturbé par l'apport extérieur de reproducteurs.

I.2/ Interets 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, d'une part, à une meilleure détection des chaleurs et , d'autres part à la synchronisation des œstrus qui permet de pratiquer l'insémination artificielle de façon systématique à un moment bien déterminé.

II. LES PROTOCOLES DE SYNCHRONISATION DES CHALEURS

II.1/ A BASE DE PROSTAGLANDINE

On distingue la PGF2 α naturelle et les analogues de synthèse (exemple : le cloprosténol).

La PGF2 α est naturellement synthétisée par l'utérus dans 2 situations :

A la fin du cycle œstral s'il n'y pas de gestation et à l'approche de la mise bas s'il ya gestation

Elle a une action lutéolytique, cette dernière est connu depuis 1972/1973 (Lauderdale et al.,1974) et utilisée dans les traitements de maîtrise des cycles, et une action uterotonique en agissant sur les fibres musculaires lisses de l'utérus.

Les analogues ont essentiellement un rôle luteolytique (Gipoulou et al., 2003), mais uniquement après le cinquième jour de développement du corps jaune, lorsque celui-ci est mature.

La forme disponible actuellement en Algérie est :

ESTRUMATE® Le **cloprosténol** (Schering Plough).

ENZAPROST® (2.5 mg de **Dinoprost**,Ceva).

PROSTVAT ® (5mg d'**Etioproston** ,Virbac).

Pour Laverdière et al., (1994), le cloprosténol possède un plus grand potentiel de synchronisation.

Le protocole de prostaglandine n'agit que sur la durée de la phase lutéale. Il consiste en une ou deux injections de prostaglandine F2 α à 11 à 14 jours d'intervalle (figure 16).

II.1.1/ Principe:

La prostaglandine provoque une lutéolyse du corps jaune entre J5 et J17 (avant J5, le corps jaune n'est pas réceptif, après J17, il régresse). 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 du follicule dominant (figure 17).

II.2/ A BASE DE PROGESTAGENE OU DE PROGESTERONE

Les progestagènes sont des molécules de synthèse apparues dans les années cinquante. Il en existe de nombreuses formes dont la structure de base est le noyau

cycloperhydrophénantrène : acétate de mélangestrol, acétate de médroxyprogestérone, chlormadinone...

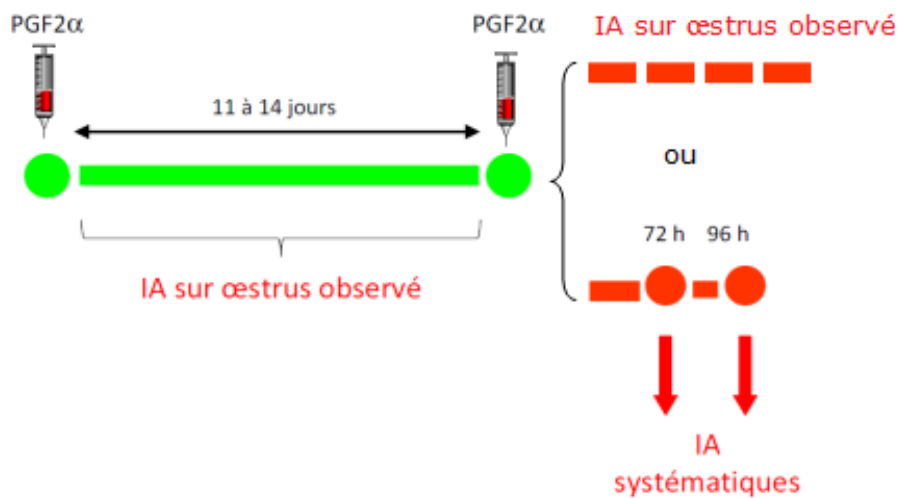


Figure 16 : Schéma du protocole à base de prostaglandine (modifié d'après Chastant- Maillard, source personnelle)

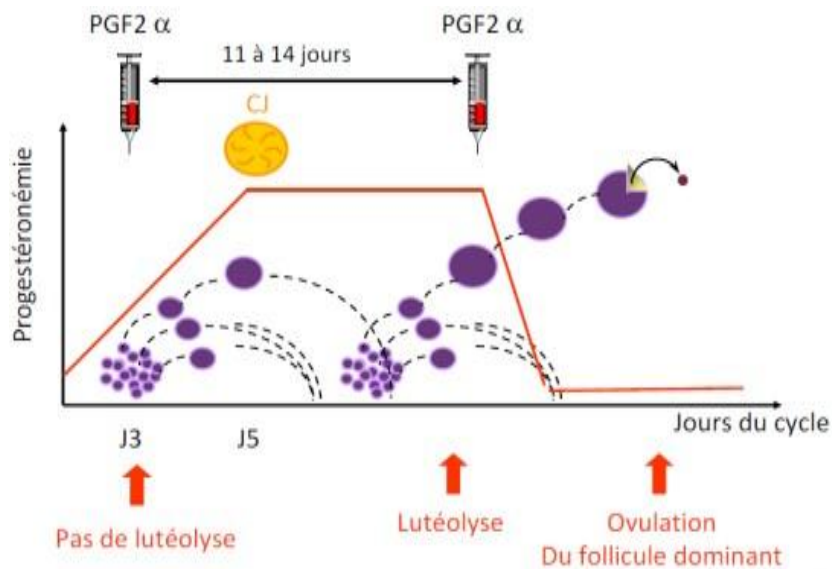


Figure 17 : Schéma de l'effet du protocole à base de prostaglandine sur le cycle œstral de la vache, lorsque la 1^{ère} injection de prostaglandine est effectuée au 3^{ème} jour du cycle (Chastant- Maillard, source personnelle)

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-cutanée (implant), voie vaginale sous forme d'éponge ou de spirale.

Dans les pays où le CIDR® et le CIDR-E® sont commercialisés, les indications sont les suivantes :

-Synchronisation et induction de l'œstrus en vue d'inséminer les femelles, d'opérer des groupements de chaleurs, de préparer une transplantation embryonnaire ou de faciliter la détection des chaleurs.

-Traitement de certaines formes d'infertilité : anoestrus post-partum ou d'allaitement.

Ces dispositifs sont utilisés chez les bovins mais il en existe d'autres de taille différente pour les ovins et les cervidés (Mialot et al., 1998b).

En 2006, avant l'interdiction des œstrogènes, deux dispositifs reléguant progressivement des progestagènes ou de la progestérone étaient disponibles en France : l'implant CRESTAR® (Intervet, Angers, 3 mg de norgestomét que l'on administre par voie sous-cutanée) et la spirale vaginale PRIDOESTROL® (CEVA, Libourne, 1,55 g de progestérone). Ces deux 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. Nous nous limiterons à l'étude du protocole CRESTAR® et de son remplaçant CRESTAR SO®.

II.2.1/ LE DISPOSITIF INTRA-VAGINAL CIDR®(La spirale vaginale):

a/ Description

La progestérone est administrée par voie vaginale au moyen d'une spirale appelée PRID® (Progesterone Releasing Intravaginal Device) est 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). L'épaisseur finale de la spirale est de 3 mm (figure 3).

Le CIDR® est un dispositif intra-vaginal relargant de la progestérone naturelle. Il est constitué d'une couche de silicone contenant 1,38g de progestérone, moulé sur un corps en nylon en forme de T. Une cordelette est accrochée à l'extrémité du T. Il est indiqué pour la synchronisation des chaleurs chez les bovins cyclés.

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. 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.

b/ Mode d'application :

Sa pose se fait à l'aide d'un pistolet applicateur adapté (figure) 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. 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.

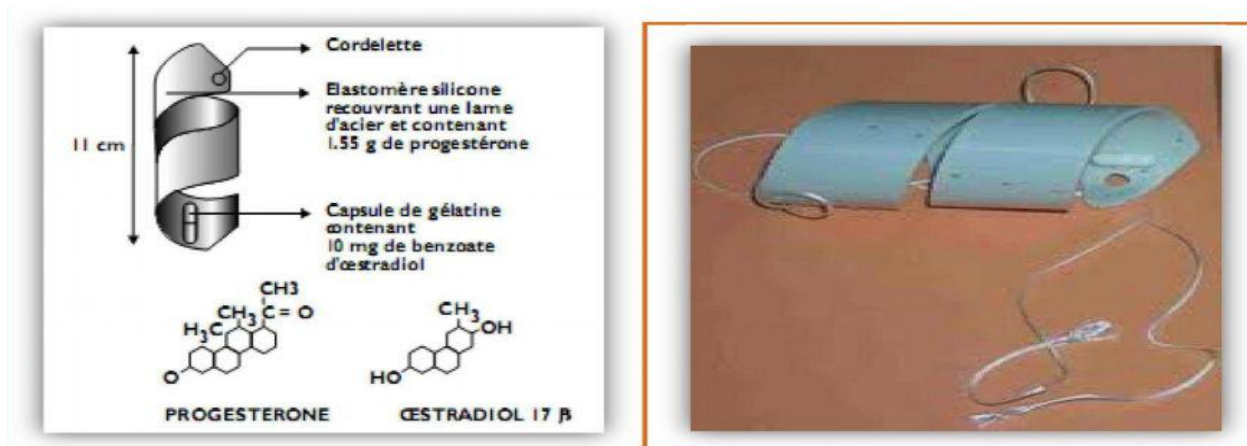


Figure 18. PRID® : spirale vaginale imprégnée de progestérone et présentant une capsule de benzoate d'oestradiol (flèche)

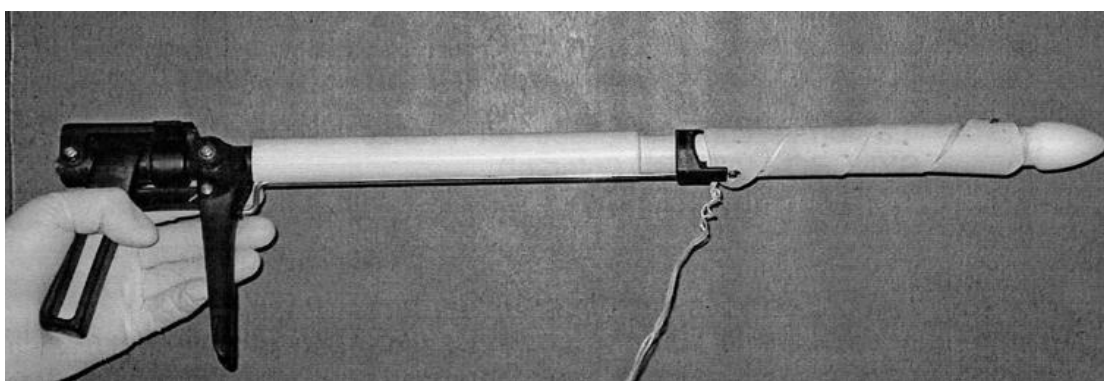


Figure 19 : Spirale vaginale (PRID®) positionnée sur le pistolet applicateur et prête à être introduite dans le vagin.



Figure 20 : Installation du dispositif dans l'applicateur



Figure 21:Le dispositif intra-vaginal CIDR® et son applicateur (www. Iowabeef center. com)



Figure 22 : Mise en place d'un implant sous-cutané.(photo H. Marichatou)



Figure 23 : Mise en place d'une spirale vaginale. (photo H. Marichatou)

II.2.2/ L'implant sous-cutané

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.

Celui-ci contient 3 mg de Norgestomet, qu'il libère de façon régulière. Au moment de l'implant, 3 mg de Norgestomet et 3,8 mg de valérate d'oestradiol sont injectés par voie sous cutanée.

Ce médicament est une association de progestagènes et d'œstrogène : Il s'agit d'abord d'un implant sous-cutané imprégné de Norgestomet (3mg). chaque implant Crestar mesure environ 0.5cm de diamètre pour une longueur de 3cm et contient :

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

* Un flacon de 2 ml injectable, contenant une solution huileuse de 3mg de Norgestomet et 5 mg de valérate d'oestradiol.

Les deux éléments ainsi composés sont placés sur une plaque de carton, séparés et protégés par un léger film de plastique transparent.

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).



Figure 24 : Le dispositif intra-vaginal CIDR® et son applicateur (source :, www.pfizeranimalhealth.com)



Figure 25 : Implant sous-cutané et l'implanteur (trocart).

a/ Mode d'action

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. L'implant est laissé en place pendant 9-10 jours, pendant toute cette durée, le principe actif contenu dans l'implant diffuse régulièrement maintenant un taux sanguin constant.

Au moment du retrait chez des vaches à haut potentiel laitier en état corporel insuffisant au vêlage, chez des vaches allaitantes en mauvais état corporel ou à moins de 50 jours du vêlage, une administration de 400 à 600 UI par voie intramusculaire de PMSG doit être réalisée (Ennuyer,2000). 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 f2 qui sera effectuée 48 heures avant le retrait de l'implant celle-ci a pour mission d'assurer une lutéolyse complète. Après le retrait de l'implant, les chaleurs apparaissent en moyenne 48h après, et on insémine 56h après le retrait de l'implant. Celle-ci a pour mission d'assurer une lutéolyse complète. Ce dispositif est commercialisé sous le nom de CRESTAR

Selon le type de femelle auquel il administré, 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

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 progestagene

(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 (Wishart et al ., 1977, Kastelic et al.,1999).



Figure 26: Schéma du protocole à base de progestagène ou de progestérone (Chastant- Maillard, source personnelle)

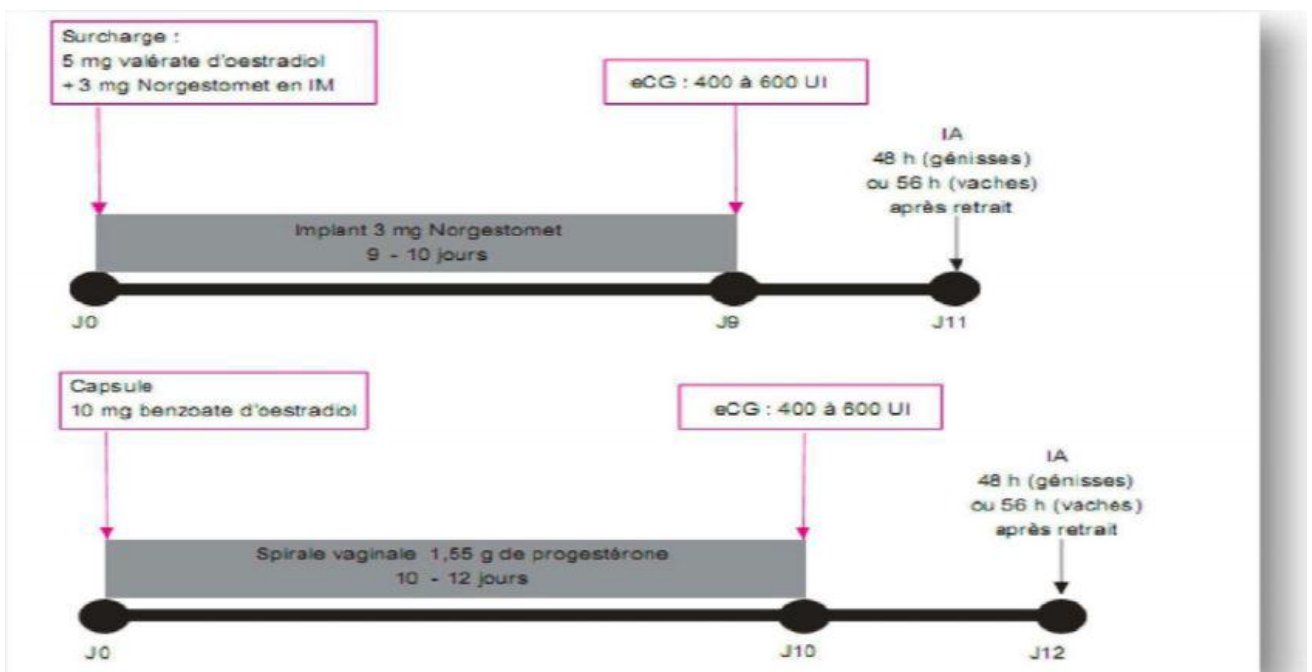


Figure 27: Protocoles de synchronisation à base de progestagènes (Grimard et al., 2003)

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 et 48 heures après le retrait chez la génisse (Tregaskes et al., 1994)(Petit.,2005).

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).

b/ Principe :

La mise en place d'un dispositif à base de progestagène ou de progestérone mime la présence d'un corps jaune, (figure 20). Les progestagènes ont une activité inhibitrice centrale : 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. Le follicule dominant de la vague en cours devient atresique. La levée de cette imprégnation entraîne le redémarrage du cycle. 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 de l'implant, la concentration de FSH passe de 60 à 150 ng/mL.

Une injection de gonadotrophine « PMSG » (Prégnant Mare sérum gonadotropin) ou (Equine chorionic gonadotropin eCG) est conseillée au moment du retrait du dispositif, surtout si les vaches sont en aneostus avant traitement (400-600UI selon l'âge). 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 si gestation il y a.

II.2.3/ Les progestagènes associés à l'oestradiol

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

-1^{er} **sur la croissance lutéale** : l'oestradiol administré en début de protocole présente une activité antilutéotrope sur les corps jaunes en début d'évolution, lutéolytique sur les corps jaunes fonctionnels. 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).

2^{ème} 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 dégénèrent 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 + progestagènes injecté en début du traitement. Il en résulte la mise en place synchronisée d'une nouvelle vague de croissance folliculaire chez toutes les femelles traitées (au bout de 4 jours en moyenne, BO et al, 1994).

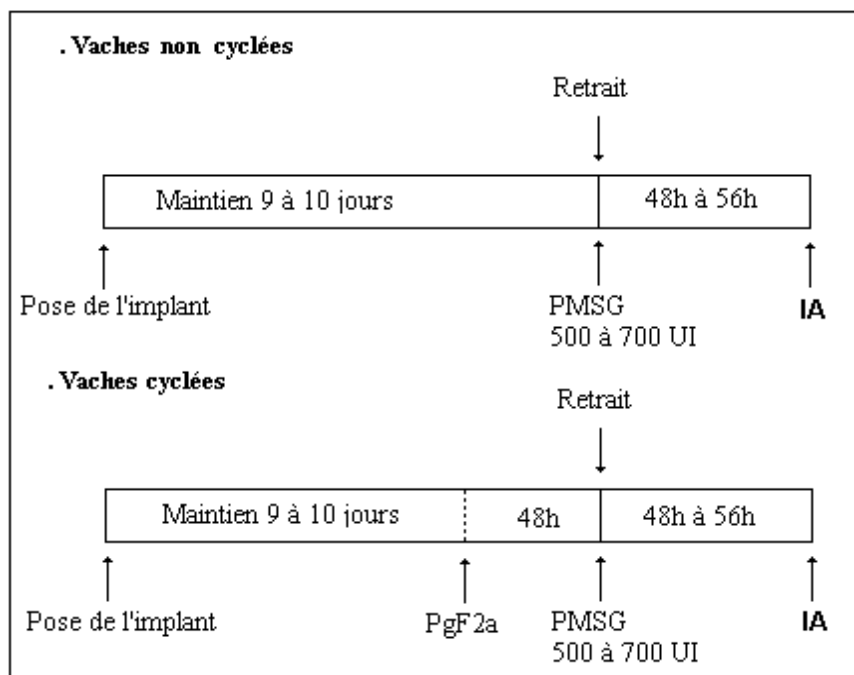


FIGURE 28 : Traitement à base d'implants sous-cutanés pour l'induction et la synchronisation de l'œstrus (modifié d'après Aguer, 1981)

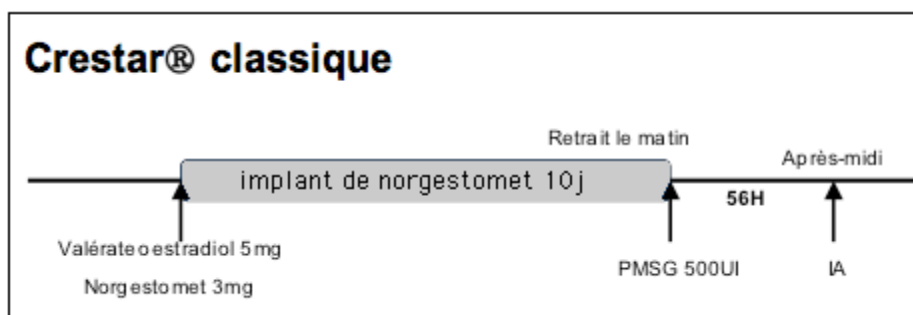


Figure 29: Protocole CRESTAR®: Valérate d'œstradiol, implant de norgestomet et eCG

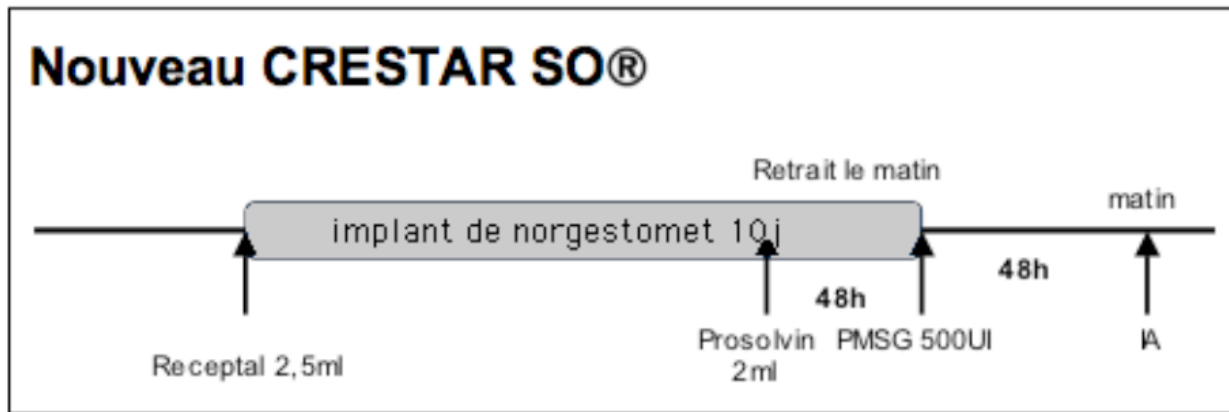


Figure 30: Nouveau protocole CRESTAR SO®.

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.

II.2.4/ Le nouveau protocole CRESTAR SO® : progestagène sans œstrogène

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. Quarante-huit heures avant le retrait de l'implant, on réalise une injection de PROSOLVIN® (PGF2α), 2 mL en L'implant est laissé en place 9 à 11 jours. Le jour du retrait de l'implant, s'il s'agit de vaches laitières, on réalise une injection intramusculaire de 400 UI à 600 UI d'eCG (gonadotropine sérique, CHRONO-GEST® PMSG). L'insémination a lieu 48 heures après le retrait de l'implant, sans détection des chaleurs (figure 10).

III/ A BASE DE PROSTAGLANDINE ET DE GNRH

A/ LE PROTOCOLE GPG

Le protocole GPG, mis au point aux Etats-Unis en 1995 par Pursley *et al.* chez les vaches laitières, consiste en une 1^{ère} injection de GnRH (J0), suivie d'une injection de PGF2α 7 jours plus tard (J7), puis d'une 2^{ème} injection de GnRH 48 heures après l'injection de PGF2α (J9). L'insémination est ensuite réalisée dans la majorité des cas 16 à 20

heures plus tard (Hanzen *et al.*, 2003c) (figure 21). Ce protocole, appelé aussi « Ovsynch », combine à la fois une action sur le corps jaune avec la prostaglandine, et sur la croissance folliculaire avec la GnRH.

Le lot « GPG » a reçu le protocole « GPG », selon la séquence d'évènements suivante (figure 21) :

- Injection de 2,5 mL de buséreline (analogue de la GnRH) par la voie intramusculaire à J0, par le vétérinaire (ou par l'éleveur à la date indiquée par le vétérinaire si l'IA doit être différée pour éviter une IA le weekend).
- Injection de 2 mL de cloprosténol (analogue de la prostaglandine F2 α) par la voie intramusculaire à J7, par l'éleveur.

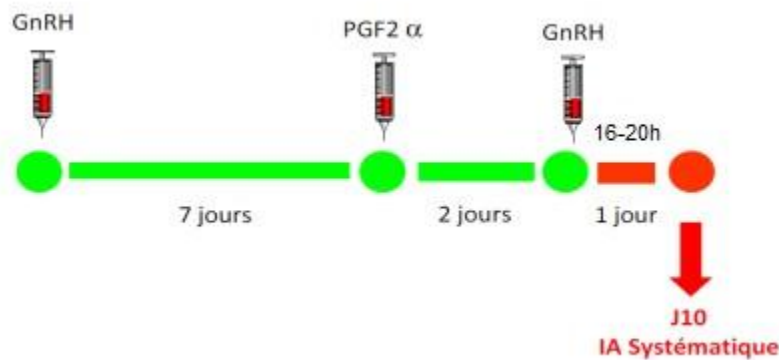


Figure 31: Schéma du protocole GPG (Chastant-Maillard, source personnelle)

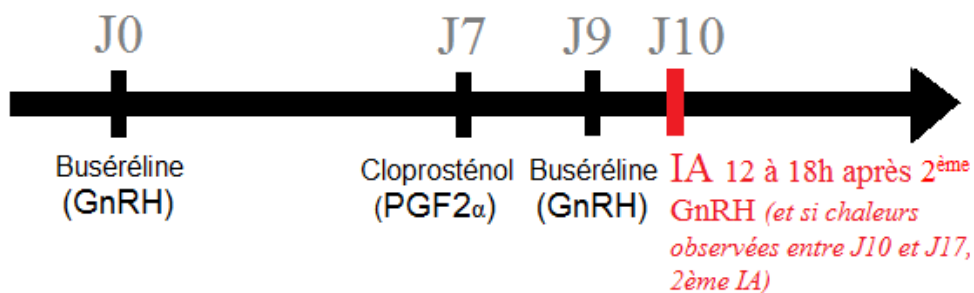


Figure 32: Schéma du protocole GPG utilisé dans l'essai clinique

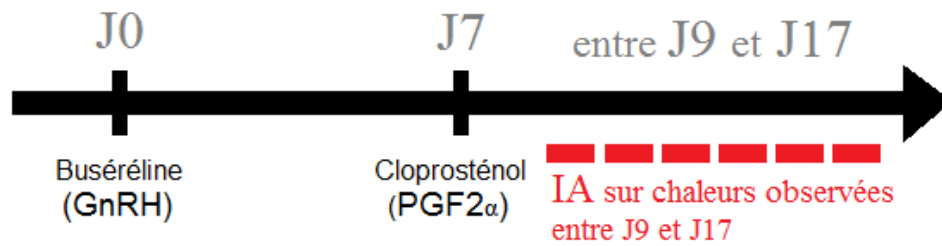


Figure 33: Schéma du protocole GP utilisé dans l'essai clinique

- Injection de 2,5 mL de buséréline par la voie intramusculaire à J9, dans l'après-midi ou le début de soirée par l'éleveur.
- 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.

a/ MOLECULES UTILISEES

Les molécules utilisées dans ce protocole sont les suivantes :

- un analogue de l'hormone de libération des gonadostimulines (GnRH), la buséréline, commercialisé sous le nom de RECEPTAL®.
- un analogue de la prostaglandine F2 alpha, le cloprosténoL, commercialisé sous le nom d'ESTRUMATE®.

b/ Principe

La 1^{ère} injection de GnRH permet selon le stade du cycle une stimulation de la croissance folliculaire, l'induction d'une ovulation suivie de la formation d'un corps jaune, ou la lutéinisation éventuelle du follicule cavitaire présent (Hanzen *et al.*, 2003b), suivie de l'apparition d'une nouvelle vague de croissance folliculaire, environ 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 2ème 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 21). L'IA est ensuite généralement programmée 16 à 20 heures plus tard (Hanzen *et al.*, 2003c).

B/ LE PROTOCOLE GP

Le protocole GP, appelé aussi « Selectsynch » est seulement composé des deux premières injections du protocole GPG : Ce protocole 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.

Le lot « GP » a reçu le protocole « GP », de la manière suivante (figure 29) :

- Injection de 2,5 mL de buséréline par la voie intramusculaire à J0 par le vétérinaire (ou par l'éleveur à la date indiquée par le vétérinaire si l'IA doit être différée pour éviter une IA le weekend).
- Injection de 2 mL de cloprosténol par la voie intramusculaire à J7, par l'éleveur

IA1 sur chaleurs observées, entre J9 et J17 (délai d'1/2 journée entre observation de l'œstrus et IA).

a/ 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).

Chapitre II : Résultats Et Discussion

I. Traitements à base de prostaglandines

Les traitements de maîtrise de l'œstrus à l'aide des PGF2 α ont été développés il y a 50 ans. Ce protocole de synchronisation des chaleurs est le plus utilisé et le moins coûteux, mais il nécessite une bonne détection des chaleurs par l'éleveur. Il ne peut être utilisé que sur des vaches cyclées, et le temps de venue en chaleur après la première injection est très variable : Il dépend du stade de croissance du follicule au moment du traitement.

La PGF2 α ou ses analogues n'étant efficace qu'entre j5 et j17, seuls 60% des individus d'un lots d'animaux cyclés sont susceptible de répondre correctement à une injection. De ce fait, les femelles seront synchronisées et inséminées sur chaleur observées à la première injection de prostaglandine. Alors qu'une double injection de prostaglandine permet de synchroniser les chaleurs des femelles traitées a savoir un intervalle de 14 jours pour les vaches et de 11 jours pour les génisses est habituellement conseillé (Grimard et al.,2003 ; Hanzen et al.,2003).

Le choix de l'intervalle entre les deux injections doit permettre qu'au moins une des deux injections soit réalisée pendant la phase lutéale (Hanzen et al.,2003a). Malgré la lutéolyse rapide (24heures) ; l'intervalle entre l'injection et les chaleurs est variable, 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. Le reste des vaches devra être inséminé sur chaleurs observées ou à 72 heures et 96 heures, après la 2^{ème} injection de prostaglandine (Grimard *et al.*, 2003). En effet l'efficacité de ce protocole est fondée sur l'effet lutéolytique des prostaglandines.

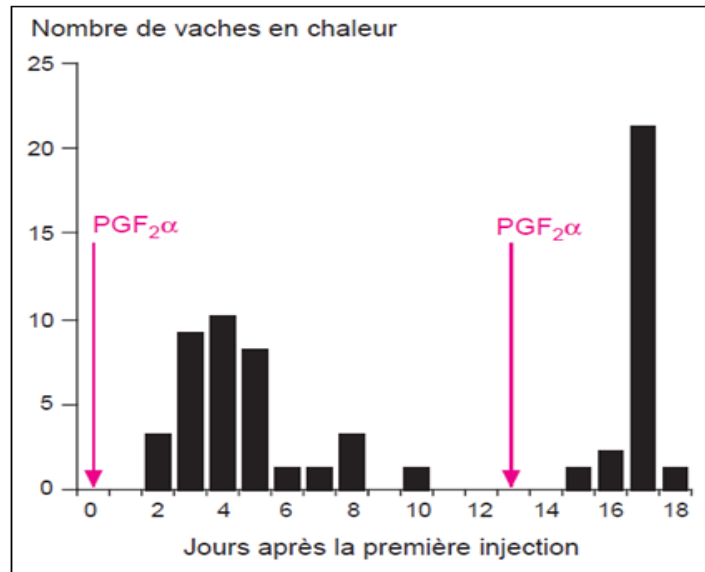


Figure 34: Répartition des chaleurs après traitement à base de $PGF_{2\alpha}$ et IA sur chaleurs observées chez des vaches laitières en subœstrus avant traitement (73,5% de vaches détectées) (Mialot et al., 1999)

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).

J0 J11 à J14 IA sur chaleurs observées IA 72 à, 96h après la 2^e injection .

Ainsi, on conseille de réaliser une insémination sur chaleurs observées après la première injection de $PGF_{2\alpha}$. 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 72et 96 h après la deuxième injection s'il n'est de nouveau pas vu en chaleurs .Ceci permet de réduire le cout du traitement et des inséminations (Gipoulou et al., 2003 ; Grimard et al.,2003).

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 cyclés, 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 conséquence 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 , les insémination ne peuvent pas , le plus souvent ,être regroupés 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 PGF2 α n'est pas une méthode bien adoptée à la production laitière.

L'association œstrogène / progestagènes/ PMSG est alors susceptible d'induire l'ovulation chez les animaux non cyclés avant le traitement. L'injection de PMSG n'est pas indispensable si les animaux sont cyclés avant le traitement comme c'est le cas du plupart du temps chez les génisses et les vaches laitières (Grimard et al., 2003).

Après le traitement de synchronisation, 85% environ des vaches qui expriment des chaleurs le font entre 36et 60 heures (Diskin et al.,2001). Il est alors possible d'inséminer en aveugle une fois à 56 heures après retrait ou deux fois 48et 72 heures après retrait.

Chez les génisses, cet intervalle est plus court (Beal et al., 1984) et moins variable : on conseille de les inséminer une seule fois, 48heures après le retrait. Les taux de gestation observés sur les génisses et les vaches laitières vont 40.3 à 70% selon l'étude.

Le protocole de synchronisation des chaleurs à base de prostaglandine est le plus utilisé et le moins couteux, mais il nécessite une bonne détection des chaleurs par l'éleveur, ne peut être utilisé que sur des vaches cyclées, et le temps de venue en chaleur après la première injection est très variable : il dépend du stade de croissance du follicule au moment du traitement. C'est pour cette raison que de meilleurs résultats sont obtenus en inséminant sur chaleurs observées plutôt qu'à 72 et 96 heures après la 2^{ème} injection de PGF2 α .) (Grimard *et al.*, 2003 ; Mialot *et al.*, 1999, figure 18).

Les chaleurs apparaissent dans un délai de trois à cinq jours, chez 88 à 90% des femelles ayant reçu une spirale vaginale et chez 76 à 98% des femelles ayant reçu un implant sous-cutané (Hanzen, 1991). Lorsque ces traitements sont associés à une injection de PgF2 α , 24 à 48 heures avant ou lors du retrait du dispositif, la synchronisation des chaleurs et la fertilité sont meilleures que celles des témoins (variation de 63 à 98% du taux de synchronisation et de 42 à 66% du taux de fertilité) (Hanzen, 1991).

Le traitement progestagène peut être associé à une administration de GnRH (250 mg), 30 heures après le retrait de l'implant (Troxel et al., 1993). Il en résulte une augmentation de la fertilité à l'œstrus induit lorsqu'une seule insémination artificielle est réalisée 48 à 56

heures après le retrait de l'implant (Hanzen et Laurent, 1991).

Les traitements à base de progestatifs peuvent être utilisés sans administration d'œstrogènes. Cependant, Beal (1996) montre que la fertilité est diminuée quand le traitement progestatif est commencé après le 14^{ème} jour du cycle œstral. Cette diminution est associée à l'apparition d'un follicule dominant persistant pendant le traitement progestatif sur 80 % des vaches. C'est ce follicule qui ovule après l'arrêt du traitement.

La croissance du follicule dominant est due à une augmentation de la pulsativité de LH au cours du cycle, quand le corps jaune a régressé. Dans ces traitements, les progestagènes exogènes inhibent l'œstrus et l'ovulation mais ils ne sont pas capables, en l'absence de progestérone endogène, de supprimer complètement la pulsativité de LH.

Le traitement progestatif classique sans œstrogènes ne maîtrise donc que la phase lutéale, la croissance des follicules au moment où débute le traitement n'est pas contrôlée. L'administration initiale d'œstrogène permet une reprise d'une nouvelle vague de croissance folliculaire de façon très précise, 4,3 jours en moyenne après le début du traitement ; cela est un élément essentiel pour obtenir une bonne synchronisation de l'ovulation (Bo et al., 1995).

L'utilisation des œstrogènes a été remise en cause (Berg., 2001), sa suppression risquait de diminuer l'efficacité des traitements à base de progestagènes. La suppression de l'injection d'œstrogènes en début de traitement entraîne en effet une diminution de la fertilité à l'œstrus induit (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 les 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 (Kinder et al., 1990, 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 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.

Dans les conditions d'élevage ou l'alimentation n'est pas libitum, un simple traitement de synchronisation (prostaglandines seules) n'est pas souvent suffisant car les vaches sont presque toujours en anoestrus, il faut donc une méthode capable d'induire puis de synchroniser les chaleurs. Par rapport aux protocoles à base de PGF2 α , les traitements à base de progestérone apparaissent plus complexes. D'une part ils consistent en la mise en place puis le retrait d'un dispositif, d'autre part ils sont complétés par une ou plusieurs injections afin d'améliorer leurs résultats en terme de synchronisation. Les injections qui peuvent les compléter sont : les œstrogènes (Benzoate ou valérate d'œstradiol), la GnRh, la PGF2 α et l'eCG.

Or l'utilisation des progestagènes seuls conduit à une altération de la fertilité chez les femelles cyclés ou non cyclés en phase folliculaire (Ryan et al., 1995 ; Xu et al., 2000); la dépression des résultats en l'absence d'œstrogène est plus importante chez les femelles allaitantes (Paris et al., 2006). En effet en absence de corps jaune physiologique, l'imprégnation par un progestagène exogène entraîne une inhibition de la LH insuffisante pour faire dégénérer les follicules de grande taille (Kojima et al., 1992, Kinder et al., 1996); il en résulte l'émergence de follicules persistants contenant des ovocytes âgés.

Inconvénients de l'implant

La pose et le retrait de l'implant nécessitent donc la manipulation des animaux (figure 11).

Les pertes existent, mais elles sont faibles : le taux de perte oscille entre 0.6 et 2% selon les études, mais elles peuvent être beaucoup plus importantes si l'implant est posé à un endroit

inadapté de l'oreille [59 ; 92]. Ainsi, Spitzer et al. (1978) constatent des pertes variant beaucoup en fonction de la localisation de l'implantation : de 5% si l'implant est posé à la base ou au milieu de l'oreille à 36% s'il est posé à l'extrémité de l'oreille [92]. Il peut parfois se développer une infection au lieu d'implantation chez 18 % des animaux traités (Tregaskes et al., 1994).

Pour limiter les complications il faut réaliser la pose de l'implant de manière rigoureusement aseptique. Dans un premier temps, on utilisait les implants sur de longue durée : 18-21 jours. Le pourcentage de chaleurs induites était très important et les œstrus bien synchronisés (Chupin et al., 1974).Cependant le taux de fertilité était faible avec ce type de protocole (Chupin et al.,1974, Roche et Ireland.,1981). La durée de la pose de l'implant a été réduite (7à lieu de 12jours) grâce à l'ajout d'autres hormones, cette diminution a permis une optimisation du taux de fertilité mais le taux de chaleurs induites a baissé (Roche et al., 1978).

Inconvénients de la spirale

Durant sa présence dans le vagin, la spirale est considérée par l'animal comme un corps étranger. Il entraîne une légère irritation qui se traduit par une desquamation et une sécrétion muqueuse bénigne. Ces sécrétions plus ou moins importantes peuvent être observées au retrait de la spirale, elles sont liées à grande surface de contact entre dispositif et la muqueuse vaginale.

Mais l'avantage de ce dispositif est que le mucus présent lors de la vaginite a tendance à être retiré en même temps que le dispositif ce qui limite les conséquences de la vaginite

(Broadben et al.,1993). Différent auteurs ont testé l'influence de ces sécrétions sur la fertilité et recherché la présence éventuelle de bactéries. Les germes que l'on peut trouver au retrait de la spirale sont typiques de ceux que l'on trouve normalement sur la peau ou dans les fèces des bovins ; ils ont pu être introduits dans le vagin à l'insertion du dispositif et se développer dans les sécrétions vaginales, d'où l'intérêt de respecter de bonne condition d'hygiène de pose Néanmoins ,ces sécrétions disparaissent rapidement et à l'insémination , 2 jour après retrait aucun phénomène suppuratif, inflammatoire ou autre n'est observé dans le tractus génital. Ceci a été vérifié par Bulman et al (1978) : certaines génisses ont présenté au retrait de la spirale des sécrétions malodorantes mais la glaire cervicale émise 48 heures plus tard lors de l'œstrus avait un aspect normal : autoépuration est donc rapide. Lors de la pose de la spirale ainsi que le CIDR, il faut bien veiller à laisser dépasser la cordelette en la positionnant entre les lèvres

de la vulve pour faciliter le retrait du dispositif, mais il ne faut pas hésiter à la couper à une dizaine de centimètres du vagin car si elle est trop longue cela augmente la probabilité de perte du dispositif : vache qui se couche dessus ou congénère qui marche sur la cordelette. Pour Broadbent et al., (1993), le taux de perte du CIDR-E® est faible (0.75%) alors que celui de la spirale est élevé. Pour Tregaskes et al., (1994), le taux de perte de la spirale est également élevé (12%).

On constate ainsi que les pertes des spirales sont assez importantes, cela pourrait amener à penser que les résultats de reproduction sont diminués d'autant puisque les animaux perdant leur dispositif ne peuvent pas être correctement synchronisés. En fait on constate que l'impact de ces pertes n'est pas aussi élevé car une partie des animaux sont synchronisés malgré la perte du dispositif. Ainsi sur 20 génisses ayant perdu leur spirale avant le retrait, 12 ont manifesté un comportement d'œstrus, 10 ont donc été utilisées pour transfert d'embryon et 08 ont été pleines suite à ce traitement de synchronisation pourtant écourté (Tregaskes et al., 1994), il en est de même pour Broadbent et al., (1993) : sur 14 génisses ayant perdu leur spirale, 8 ont été pleines.

II.1 Les progestagènes avec œstradiol

Auparavant, le traitement à base de progestagènes était associé à une injection d'œstradiol à la mise en place du dispositif à base de progestagène ou de progestérone,

L'addition d'une injection d'œstradiol en début de traitement permettait de limiter le risque de follicule persistant en faisant dégénérer les follicules présents (Kinder et al., 1996, Yelich et al., 1997). Certaines études préconisent de réaliser l'injection d'œstrogènes au moment de l'insémination et non lors de la pose. Mais Bo et al (1995) ont démontré qu'il y a davantage d'ovulation lorsque l'injection est réalisée au moment de la pose plutôt qu'au retrait cité par de même, l'activité antilutéotrope semble plus importante avec les fortes concentrations plasmatiques d'œstradiol obtenues avec les injections intramusculaires par rapport aux gélules intra vaginales (Gyawu et al. 1991). Les œstrogènes ont en plus une activité lutéolytique sur les corps jaunes fonctionnels, et antilutéotrope, provoquant la disparition d'un corps jaune en formation (Grimard *et al.*, 2003).

De plus ; dans le cas de la spirale vaginale, les œstrogènes améliorent l'absorption vaginales des progestagènes (Gipoulou et al., 2003), de plus ils permettent au tractus génital de mieux

se défendre en cas d'agression extérieure ainsi l'ajout de l'œstradiol dans les spirales et les dispositifs vaginaux(CIDR) permettrait de limiter la vaginite entraînée par leur implantation.

II.2 Les progestagènes sans œstradiol :

L'utilisation des œstrogènes dans la thérapeutique des animaux destinés à la consommation humaine a été interdite par la commission européenne à partir du 14 octobre 2006, suite à une évaluation des risques de certaines hormones, a considéré l'œstradiol 17beta et ses dérivés comme cancérogènes. Suite à cette interdiction, l'ancien implant a été remplacé par un nouveau implant en remplaçant l'œstradiol par la GnRh .Tandis que la spirale+E2 a été remplacé à son tour par la spirale-E2 avec une injection PGF2 α . Pour permettre la lyse d'un éventuel corps jaune sur l'ovaire, on injecte désormais une prostaglandine 24 heures ou 48 heures avant ou le jour du retrait du dispositif. 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

Les protocoles à base de progestagène sont utilisés en cas de mauvaise détection des chaleurs, sur des primipares ou multipares. Associés à une injection d'eCG au retrait du dispositif, ils sont particulièrement adaptés pour les femelles non cyclées. Leur coût est supérieur au protocole « double injection de prostaglandine », mais comparable à celui du protocole GPG (Picard-Hagen *et al.*, 2008b). Les progestatifs peuvent être utilisés chez les femelles cyclées ou non cyclées. Leurs indications principales sont l'induction et la synchronisation de l'œstrus, le traitement de l'anoestrus post-partum, du subœstrus, mais aussi plus accessoirement le traitement de kystes folliculaires.

Donc deux stratégies sont possibles pour synchroniser des chaleurs à l'aide de traitements progestagènes sans avoir recours aux œstrogènes :

a/-Remplacer l'œstradiol par une molécule capable d'éliminer le follicule dominant comme

GnRH ou un analogue (buséréline). Son administration est généralement réalisée au moment de la mise en place du dispositif progestagène. Elle entraîne l'ovulation et la lutéinisation du follicule de plus de 10mm de diamètre (atréisie du follicule dominant).Ce protocole est composé de l'implant sous cutané classique, d'une injection de buséréline à la pose de l'implant, d'une injection de PGF2 α 48 heures avant le retrait de l'implant et une autre d'eCG le jour du retrait.

b/-Raccourcir la durée du traitement progestagène à 7 - 9 jour. Il faut alors associer une injection de PGF2 α la veille du retrait du dispositif pour lyser éventuellement corps jaune présent à la fin du traitement progestagéne.

L'utilisation des prostaglandines est indispensable chez les animaux cyclés sur lesquels on utilise les progestagènes sans œstrogènes: elles remplacent alors l'action antilutéotrope / lutéolytique de l'œstradiol 17B c'est le cas de la nouvelle spirale.

II.3 Les progestagènes associés à l'eCG

Une injection d'eCG (equine Chorionic Gonadotropin, hormone gonadotrope sérique de jument gravide 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). L'eCG était autrefois appelée PMSG est dotée d'une activité à la fois LH et FSH, en favorisant l'ovulation et en stimulant la croissance folliculaire et la synthèse d'œstrogènes. On l'utilise à la fin du traitement de progestagènes, chez les femelles en anoestrus post-partum compte tenu de la faible activité de leur axe hypothalamo-hypophysaire. L'eCG stimule la reprise de la cyclicité et augmente les chances d'avoir une ovulation au moment souhaité (Petitet *al.*, 1979). Les dose préconisées varient selon la parité des femelles, selon leurs race et la saison, ne doivent pas être dépassées sous peine d'induire une augmentation du nombre d'ovulation .ceci est un facteur de risque d'avortement et surtout de dystocie avec toutes leurs conséquences défavorable post –partum (rétention placentaire, métrite aigue et chronique). La posologie de l'eCG varie en fin selon le type d'élevage : de 400 à 600 UI en élevage allaitant et de 300 à 500UI en élevage laitier (Gipoulou *et al.*, 2003). Cette dose sera augmenter de 100 UI dans le cas ou le traitement est effectué en hiver par rapport à celui réalisé au delà du 15 Mai (Paccard *et Grimard.*,1988). Cependant en cas d'animaux non cyclés, les doses doivent être augmentées suivant le cas selon la notice du médicament, c'est-à-dire au delà de 800UI/ Vache.

III. A BASE DE PROSTAGLANDINE ET DE GNRH

A/ Protocole : GPG

1. PRINCIPE ET INTERET DU PROTOCOLE GPG

L'étude de Peters *et al.* (1999) dans laquelle les vaches présynchronisées reçoivent la première injection de GnRH du protocole GPG au 5^{ème} jour de leur cycle, attesté par suivi échographique de la disparition du follicule le plus gros en 48h suivie de l'émergence d'un nouveau follicule dominant. Ce phénomène est accompagné d'une hausse de la concentration en œstradiol en 24 heures (Figure 22).

Le principal intérêt du protocole GPG est qu'il permet de s'affranchir totalement de la détection des chaleurs. L'ovulation a lieu en effet sur une fenêtre de temps très réduite, permettant une insémination artificielle unique 16 à 20 heures après la dernière injection de GnRH. Il est donc particulièrement intéressant dans les troupeaux où la détection des chaleurs est médiocre et/ou les vaches expriment peu leurs chaleurs.

En outre, ce protocole de synchronisation n'étant composé que d'injections, il est facilement réalisable par l'éleveur, après recommandations du vétérinaire.

Dans l'étude de Pursley *et al.* (1998), les meilleurs taux de gestation et de vêlage sont obtenus lorsque l'IA est réalisée 16 heures après la dernière injection de GnRH, mais les résultats sont comparables lorsque l'IA est réalisée en même temps, 8 heures ou 24 heures après. En revanche, lorsque l'IA est réalisée 32 heures après la dernière injection de GnRH, soit 0 à 8 heures après l'ovulation, les taux de gestation et de vêlage diminuent significativement, et la mortalité embryonnaire augmente. Une maturation excessive de l'ovocyte au moment de l'IA serait à l'origine de ces résultats. L'adjonction d'une GnRh (ou analogue tel que la buséréline) à PGF2 α permet d'agir à la fois sur la croissance folliculaire et sur la croissance lutéale ; de ce fait la synchronisation de l'œstrus est meilleure qu'avec les seules prostaglandines et les femelles peuvent être inséminées sans détection de chaleurs.

La première injection de GnRh à j0, provoque l'ovulation ou la lutéinisation des follicules ovariens d'un diamètre supérieure à 10 mm ; il s'en suit l'émergence d'une nouvelle vague folliculaire au bout de 48heures environs, et la mise en place d'un corps jaune. Une injection de PGF2 α à j7 détruit le corps jaune mis en place suite à l'action de laG nRh à J0 (ainsi le

corps jaune physiologique éventuellement présent selon le stade du cycle au moment de l'initiation du protocole). La lutéolyse supprime l'inhibition exercée par la progestérone sur la LH, permettant ainsi la croissance terminale du follicule dominant. Une seconde injection de GnRh provoque un pic de LH, en déclenchant ainsi l'ovulation au bout de 20 à 24 heures en général.

Par contre, le protocole 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} GnRh.

Au final 30% des femelles soumises au GPG peuvent présenter des progestéronémies élevées à j 10, 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., 1998).

Pour limiter ce risque et s'assurer de la présence d'un follicule de taille suffisante à j10, une présynchronisation 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 anoestrus, 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., 2003).

Au global, la méthode GPG donne de meilleurs résultats sur les vaches cyclées.

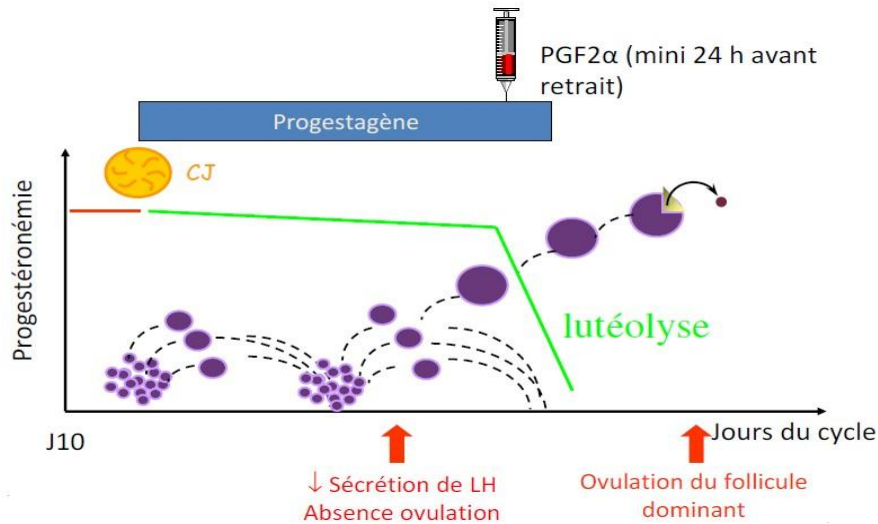


Figure 35: Schéma de l'effet du protocole à base de progestagène sur le cycle œstral de la vache (Chastant-Maillard, source personnelle)

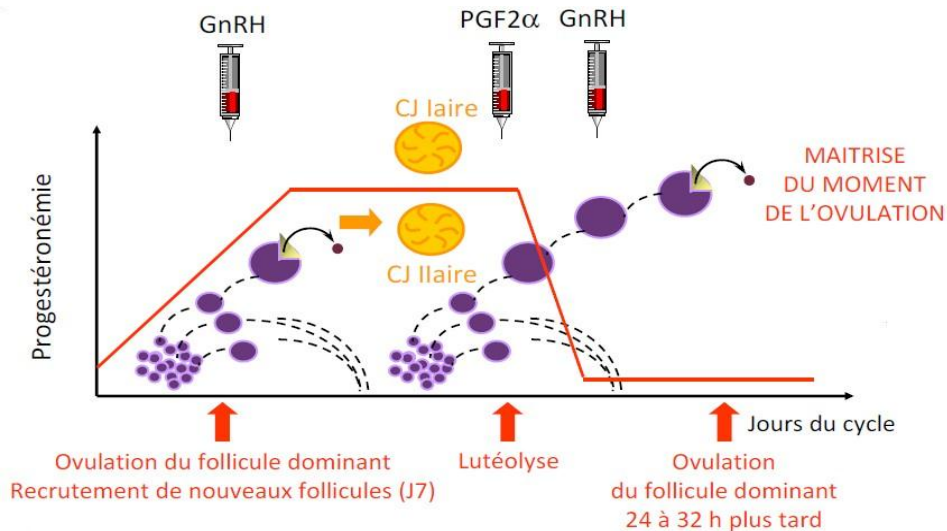


Figure 36: Schéma de l'effet du protocole GPG sur le cycle œstral de la vache (Chastant-Maillard, source personnelle)

2. LES PERFORMANCES DE REPRODUCTION

a/ Synchronisation de l'ovulation

Le taux de synchronisation, correspondant aux taux de vaches chez qui il y a eu lutéolyse après l'injection de PGF2 α , et ovulation du follicule dominant après la 2 $^{\text{e}}$ injection de GnRH, varie selon les études entre 70 et 100% (Navanukraw *et al.*, 2003 ; Fricke et Wiltbank, 1999 ; Vasconcelos *et al.*, 1999 ; Pusley *et al.* 1995, 2001 ; Gümen *et al.*, 2003).

b/ Expression des chaleurs

Bien que le pourcentage de vaches synchronisées soit élevé, peu de vaches expriment leurs chaleurs après le protocole GPG : dans l'étude de Mialot *et al.* (1999), moins de 37% des vaches sont vues en chaleurs au moment de l'insémination systématique à J10, contre 85% après un protocole avec une ou deux injections de prostagandines. Dans les études de Stevenson *et al.* (1996, 1999), les pourcentages de détection des chaleurs des vaches ayant reçu le protocole GPG sont encore plus faibles : entre 3,5% et 9%.

Certaines vaches montrent des comportements d'oestrus avant la fin du protocole :

3,5 à 5% des vaches viennent en chaleurs entre la 1^{ère} injection de GnRH et l'injection de PGF2 α , et 10 à 20% avant la 2^{ème} injection de GnRH (De Jarnette *et al.*, 2001 ; Burke *et al.*, 1996). Dans les deux études, ces vaches sont inséminées 8 à 12 heures après l'observation des chaleurs. La détection des chaleurs ne doit donc pas être délaissée si on veut augmenter les chances de succès de l'IA (Hanzen *et al.*, 2003c), et diminuer le nombre d'injections d'hormones nécessaires et le coût de la synchronisation (De Jarnette *et al.*, 2001).

c/ Fertilité à l'oestrus induit

Les études réalisées sur la fertilité à l'oestrus induit par le protocole GPG sur des vaches laitières en lactation montrent des taux de gestation allant de 11,3 à 53,7% pour des lots de plus de 30 vaches laitières en lactation, pour une moyenne de 32% (n=4427), d'après Hanzen (2003c). Ces taux de gestation varient légèrement selon que le diagnostic a été réalisé par palpation manuelle (généralement après le 35^{ème} jour ; 29%) ou par échographie (généralement avant le 35^{ème} jour de gestation ; 36%) (Hanzen *et al.*, 2003c).

Une méta-analyse (Rabiee *et al.*, 2005) compare les taux de gestation de vaches laitières en lactation après insémination sur chaleurs observées, sans traitement de synchronisation préalable, et après insémination « à l'aveugle » après induction de l'ovulation par protocole GPG dans 9 études. Les taux de gestation des vaches des deux groupes ne diffèrent pas significativement, mais les résultats sont hétérogènes. Deux études (Cordoba et Fricke 2002, Jobst *et al.*, 2000), dans lesquelles la détection des chaleurs se fait essentiellement avec des dispositifs d'aide à la détection (« Tail-paint removal » et « Heatwatch ») présentent en effet des taux de gestation plus faibles après le protocole

GPG qu'après insémination sur chaleurs naturelles, contrairement aux autres études. Lorsque ces deux études ne sont plus prises en compte, les résultats sont homogènes et le taux de gestation des vaches ayant reçu le protocole GPG est significativement meilleur que celui des vaches inséminées sur chaleurs naturelles.

La méta-analyse ne compare pas les taux de fécondation, qui souvent ne sont pas rapportés dans les études prises en compte. Lorsqu'ils sont rapportés, les résultats sont également hétérogènes. Par rapport aux taux de fécondation obtenus après insémination sur chaleurs naturelles, les taux de fécondation obtenu après synchronisation par le protocole GPG sont selon les études soit moins bon (Cordoba et Fricke, 2002 ; Jobst *et al.* 2000), soit similaires (Pursley *et al.*, 1997a).

d/ Fécondité

La fécondité des vaches traitées par le protocole GPG est améliorée par rapport aux vaches non synchronisées inséminées sur chaleurs observées (Hanzen *et al.*, 2003c). En effet, plusieurs études montrent une diminution de l'intervalle vêlage-première IA : 54 jours contre 83 jours pour une mise à la reproduction à 50 jours (Pursley *et al.*, 1997a), 77 contre 86 jours pour une mise à la reproduction à 60 jours (Jobst *et al.*, 2000).

De ce fait, l'intervalle vêlage- IA fécondante est également réduit (de 19 jours en moyenne dans l'étude de Pursley *et al.*, 1997a), et le taux de vaches gestantes à 120 jours post-partum augmenté (27% contre 16,5% dans l'étude de De la Sota *et al.*, 1998). Cette amélioration de la fécondité est encore plus marquée dans les troupeaux où la détection des chaleurs est de mauvaise qualité.

e/ Mortalité embryonnaire

La mortalité embryonnaire précoce (avant 16 jours) est difficilement mesurable. En pratique, elle n'est pas différenciée de la non fécondation (Ledoux *et al.*, 2006). Dans les études, c'est souvent la mortalité embryonnaire tardive qui est évaluée, par la différence entre les taux de gestations obtenus à deux stades différents. Les chiffres de taux de mortalité embryonnaire tardive sont très variables selon les études. Mais de manière générale, la fréquence de la mortalité embryonnaire tardive est plus élevée chez les vaches ayant été synchronisées par le protocole GPG que chez les vaches n'ayant pas reçu de traitement de maîtrise des cycles, d'après Hanzen *et al.* (2003c). L'auteur ne donne pas d'explication à ce phénomène. D'après Hanzen *et al.* (2003c), la mortalité embryonnaire

tardive est de 11% entre le 25^{ème} et le 50^{ème} jour de gestation, sans protocole de synchronisation des chaleurs. Pour Ledoux *et al.* (2006), 15% des inséminations seraient concernées.

Chez les vaches ayant été synchronisées par le protocole GPG, elle serait de 32% entre le 27^{ème} et le 45^{ème} jour de gestation (Moreira *et al.*, 2000b), 27% entre le 27^{ème} et le 58^{ème} jour de gestation (Cartmill *et al.*, 2001b), 50,7% entre le 30^{ème} et le 50^{ème} jour de gestation (Cartmill *et al.*, 2001a).

3. FACTEURS DE VARIATION DE LA REUSSITE DU PROTOCOLE GPG

a/ Etat corporel

Une étude de Moreira *et al.* (2000a), réalisée sur des vaches laitières synchronisées à environ 63 jours post-partum par le protocole GPG, montre une baisse du taux de gestation de plus de 14 points chez les vaches dont la note d'état corporel est faible (taux de gestation de 11,1% chez les vaches ayant une note d'état corporel inférieure à 2,5 contre 25,6% chez les vaches ayant une note d'état corporel supérieure à 2,5). La note d'état corporel n'avait en revanche pas d'effet sur la fertilité chez les vaches diagnostiquées non gestantes et réinséminées une deuxième fois : elle n'avait d'influence que dans les trois 1^{ers} mois post-partum. Au-delà de ce stade, les vaches non cyclées auparavant retrouvent une cyclicité normale. Dans une étude (Sara Patricia, 2011), le taux de gestation 20 jours après l'IA (diagnostic par dosage de la progestérone) était identiques chez les vaches ayant une note d'état corporel supérieure ou inférieure à 2,5.

La différence entre les deux groupes n'apparaissait qu'à partir du 27^{ème} jour après IA (diagnostic par échographie), où les vaches à faible note d'état corporel présentaient un taux de gestation bien plus faible. Ceci laisse penser que la mortalité embryonnaire interviendrait surtout au moment de la reconnaissance maternelle de la gestation, entre 20 et 27 jours. L'étude de Burke *et al.* (1996) rapporte une augmentation du taux de gestation de 16% par point de note d'état corporel (pour des notes d'état corporel entre 1,7 et 4,3). En pratique, une note d'état corporel minimale de 2,5 pour les génisses et les multipares, 3 pour les primipares est conseillée avant l'initiation d'un protocole de synchronisation des chaleurs. En dessous de ces notes, il est conseillé de repousser le début du traitement 10 jours plus tard ou de pratiquer un « flushing », c'est-à-dire augmenter

l'apport énergétique de 2 UFL par jour pendant le traitement de synchronisation et jusqu'à trois semaines après IA (Grimard *et al.*, 2003).

b/ Production laitière

Il a été montré que le taux de gestation n'est pas diminué par le niveau de production laitière pour des vaches synchronisées par le protocole GPG, au même stade de lactation (Tenhagen *et al.*, 2003, 2004 ; Jobst *et al.*, 2000). Le taux de gestation était même meilleur chez les vaches ayant une production laitière supérieure à la moyenne dans l'étude de Peters *et al.* (2002). Ces résultats sont surprenants, puisqu'une production laitière élevée est généralement associée à de moins bonnes performances de reproduction, comme évoqué précédemment. Ces mauvaises performances de reproduction seraient donc davantage associés à un mauvais taux de détection des chaleurs qu'à un mauvais taux de fécondation. D'après Tenhagen *et al.* (2003), une production laitière élevée serait associée à une expression des chaleurs plus discrète, conduisant à une mauvaise détection (pas de détection, ou détection de chaleurs qui ne le sont pas). L'insémination se faisant

« à l'aveugle » avec le protocole GPG, l'expression des chaleurs n'a pas d'influence sur le taux de gestation. En outre, le protocole GPG réduirait le pourcentage de vaches ayant une cyclicité irrégulière ou une première ovulation tardive, troubles plus fréquents chez les vaches hautes productrices.

c/ Intervalle vêlage - Induction du protocole de synchronisation

D'une manière générale, la mise à la reproduction peut se faire dès 50 jours après vêlage, mais la fertilité est meilleure si on attend 70 jours, comme nous l'avons vu précédemment. De même, le taux de gestation après synchronisation des chaleurs par

le protocole GPG est meilleur lorsque le protocole est administré de façon à ce que la première insémination soit réalisée après le 75^{ème} jour plutôt qu'avant cette date, d'après l'étude de Pursley *et al.* (1998) : 47% après le 75^{ème} jour contre 36% entre 50 et 75 jours post-partum.

d/ Rang de vêlage

Chez les vaches en lactation, les taux de gestation après synchronisation des chaleurs par le protocole GPG sont comparables à ceux obtenus avec un protocole de prostaglandine ou

sans protocole de synchronisation. Chez les génisses, le taux de gestation moyen est supérieur à celui des vaches en lactation (38 contre 32%) (Hanzen *et al.*, 2003c). Cependant, le protocole GPG donne chez elles de bien moins bon résultats qu'un protocole à base de prostaglandine ou après insémination sur chaleurs naturelles (non induites par un protocole de synchronisation). Les génisses sont en effet beaucoup moins bien synchronisées par le protocole à cause d'un faible taux d'ovulation en réponse à l'injection de GnRH (Pursley *et al.*, 1995, 1997b). Dans l'étude de Pursley *et al.* (1995), seulement 75% des génisses sont synchronisées par le protocole GPG, contre 100% des vaches en lactation. Le protocole GPG induirait en plus chez les génisses non fécondées à la 1^{ère} insémination un raccourcissement de la durée du cycle : dans l'étude de Schmitt *et al.* (1996), 15,5% (29/187) des génisses (recevant la GnRH 48h après la PGF2 α) reviennent en chaleurs dans les 16 jours suivant l'IA. Dans l'étude de Moreira *et al.* (2000c), cela concerne 20,8% des génisses (5/24). D'après l'auteur, ce retour précoce en chaleur serait dû à l'absence d'ovulation après la 2^{ème} injection de GnRH, ou à une régression incomplète du corps jaune après l'injection de prostaglandine, ou à une régression prématurée du corps jaune issu de l'ovulation du follicule à la deuxième injection de GnRH. Le protocole GPG n'est donc pas recommandé chez les génisses (Pursley *et al.*, 1997b). Pour les vaches en lactation, les résultats concernant la fertilité en fonction du rang de lactation obtenus dans les études sont contradictoires. Pour Pursley *et al.* (1998) les taux de gestation sont meilleurs chez les vaches laitières en 2^{ème} lactation (48%) que sur les primipares (37%) ou les vaches en 3^{ème} lactation et plus (35%). Dans l'étude de Jobst *et al.* (2000), la parité n'avait pas d'influence sur le pourcentage de gestation et le pourcentage de gestation à 120 jours.

Dans les études de Tenhagen *et al.* (2001, 2004), le taux de gestation était meilleur chez les primipares que chez les multipares. L'auteur explique ce résultat par une production laitière moins élevée et des problèmes métaboliques moins fréquents chez les primipares. Cependant, d'après l'auteur, d'autres arguments pourraient expliquer les taux de fécondation identiques ou moins élevés chez les primipares dans les autres études.

Les primipares présentent théoriquement un déficit énergétique plus grand en début de lactation : leur besoin de croissance doit être assuré en plus de leur besoin de lactation, et leur capacité d'ingestion est moins grande que chez les multipares.

e/ Cyclicité post-partum

Le protocole GPG donne de bons résultats de fertilité sur les vaches cyclées, mais les données concernant les vaches en anœstrus sont contradictoires. D'après l'étude de Cordoba et Fricke (2001), la fertilité à l'œstrus induit est aussi bonne chez les vache cyclées que chez les vaches en anœstrus avant traitement. A l'inverse, la fertilité est moins bonne chez les vaches non cyclées que chez les vaches cyclées dans les études de Cartmill *et al.* (2001a, 2001b) et Gümen *et al.* (2003), différentes raisons expliquant ces résultats.

Dans l'étude de Cartmill *et al.* (2001b), le taux de gestation à 28 jours plus élevé chez les vaches cyclées que chez les vaches non cyclées avant traitement (36 % contre 22 %) serait lié aux faible taux de synchronisation des vaches non cyclées par rapport aux vaches cyclées (51% contre 68%). Dans l'étude de Gümen *et al.* (2003), le taux de gestation moins élevés chez les vaches en anoestrus par rapport aux vaches cyclées (9% contre 32%) s'expliquerait par une régression lutéale précoce plus fréquente dans ce groupe (23% contre 6%). (Les taux de synchronisation obtenus à la fin du protocole étaient dans cette étude élevés et similaires pour les deux groupes (91 et 92%)). Dans l'étude de Cartmill *et al.* (2001a), dans des conditions de stress thermique, les vaches non cyclées seraient moins capables de maintenir une gestation au-delà de 27 à 30 jours : le taux de mortalité embryonnaire entre 27 à 30 jours et 40 à 50 jours est nettement plus important chez les vaches non cyclées (80%) que chez les vaches cyclées (47%).

f/ Température ambiante élevée

Dans l'étude de De la Sota *et al.* (1998), le protocole GPG est comparé à une injection unique de prostaglandine avec insémination sur chaleurs observées, dans des conditions

de température ambiante élevée (en Floride, entre le mois de mai et le mois de septembre). Le taux de détection des chaleurs a été dans ces conditions très faible pour le groupe recevant uniquement l'injection de prostaglandine (18%). Le taux de gestation, bien que très faible, a été ainsi significativement meilleur avec le protocole GPG (14% contre 5%). Il en a été de même pour le taux de gestation à 120 jours (27% contre 16,5%), grâce à un intervalle vêlage- première IA nettement diminué (59 contre 91 jours). Le protocole GPG semble donc améliorer les performances de reproduction dans des conditions de température élevée, ne favorisant pas l'expression des chaleurs.

g/ Déroulement du vêlage précédent

L'effet des vêlages dystociques sur le taux de gestation après traitement de synchronisation par le protocole GPG n'a pas été mis en évidence, mais les vaches ayant eu un vêlage difficile sont parfois exclues des études (Grimard *et al.*, 2003).

h/ Endométrites

Les endométrites sont en général associées à une diminution de la fertilité. Mais peu d'études sur leur influence sur la fertilité des vaches synchronisées par le protocole GPG ont été réalisées. L'étude de Tenhagen *et al.* (2001) rapporte un taux de gestation des vaches présentant une endométrite à l'examen post-partum (14 à 20 jours après le vêlage) et saines le jour de l'IA identique à celui des vaches saines dès l'examen post-partum. Les vaches présentant une endométrite le jour de l'IA n'étaient pas inséminés et étaient exclues de l'étude.

i/ Stade du cycle au moment de l'initiation du protocole

Le stade du cycle auquel le protocole GPG est initié influe sur le taux de synchronisation et sur le taux de gestation d'après plusieurs auteurs (voir paragraphes suivants). Différents paramètres varient au cours du cycle et expliqueraient en partie les différences de réponse au protocole GPG selon les individus.

- **Ovulation après la première injection de GnRH**

Selon plusieurs études, (Navanukraw *et al.*, 2004, Moreira *et al.* 2000c, Vasconcelos *et al.*, 1999), les vaches ayant ovulé à la 1^{ère} injection de GnRH ont plus de chances d'être synchronisées à la fin du protocole. En effet, l'injection de PGF2 α a plus de chance de déclencher la lutéolyse chez ces vaches, et le follicule dominant de la nouvelle vague déclenchée a plus de chance d'ovuler à la 2^{ème} injection de GnRH.

L'ovulation n'est possible que si un follicule sensible à l'action de la LH est présent. En phase de développement, soit jusqu'à 2,8 jours après l'émergence d'une vague folliculaire, le follicule n'a pas de récepteur à LH et est insensible à son action. Après la phase de sélection, soit à partir de 4-5 jours, le follicule a acquis suffisamment de récepteurs à la LH pour y être pleinement sensible. L'ovulation a alors lieu dans 96% des cas. (Vasconcelos *et al.*, 1999). D'après Silcox *et al.* (1993), l'ovulation après une injection de GnRH apparaît dans 100% des cas lorsque le follicule est en phase de

croissance et de diamètre supérieur à 10 mm, dans 33% des cas lorsqu'il est en phase de plateau et dans seulement 1% des cas lorsqu'il est en phase de régression.

- **Lutéolyse avant l'injection de PGF2 α**

Si la première injection de GnRH a lieu entre J15 et J17, dans le cas de cycles à deux vagues, le cycle se poursuit normalement : la lutéolyse survient quelques jours plus tard, avant d'être déclenchée artificiellement par l'injection de PGF2 α , et l'ovulation se produit avant la fin du protocole (Hanzen *et al.*, 2003a).

- **Taille du follicule**

La taille du follicule au moment de l'ovulation déclenchée par la 2^{ème} injection de GnRH influe également sur la fertilité. Dans l'étude de Vasconcelos *et al.* (1999), la taille du follicule au moment de la 2^{ème} injection de GnRH est négativement corrélée avec le taux de gestation. Ainsi, le taux de gestation des vaches ayant un follicule plus petit que la moyenne (18,2 mm) le jour de l'injection de GnRH est de 42% à 28 jours, contre 32% chez les vaches présentant un follicule plus gros que la moyenne. Dans une autre étude (Perry *et al.*, 2007) une diminution de la fertilité associée à une induction de l'ovulation par la GnRH de follicules d'une taille inférieure à 11,3 mm a été observée. Cette baisse de la fertilité serait due à une sécrétion de progestérone plus faible et augmentant plus lentement par le petit corps jaune résultant de l'ovulation du follicule de petite taille (Vasconcelos *et al.*, 2001), ou à une maturation incomplète du follicule préovulatoire. D'après Bello *et al.*, (2006), la probabilité de gestation augmente avec la taille du follicule pour atteindre sa valeur maximale lorsque le follicule mesure 16 mm. Au-delà de cette taille, la probabilité de gestation diminue progressivement (figure 23). Il existerait donc une taille optimale du follicule associée à une meilleure fertilité. Par ailleurs, la variabilité dans la taille du follicule serait diminuée chez les vaches ayant ovulé à la première injection de GnRH.

- **Progestéronémie**

La progestéronémie lors des différentes injections influe également sur la fertilité.

Dans des conditions physiologiques, l'ovulation n'est possible qu'en l'absence de corps jaune. Lorsqu'on injecte la GnRH, l'ovulation est possible même en phase lutéale et s'observe dans 40 à 85 % des cas selon les études (Hanzen *et al.*, 2003b). Cependant

une concentration en progestérone trop élevée réduit le pourcentage d'ovulation en réponse à la 1^{ère} injection de GnRH. C'est le cas à partir du 12^{ème} jour du cycle, où le nombre de gros follicules (>10 mm) susceptibles d'ovuler diminue. Ce phénomène aurait pour origine une plus grande fréquence d'atrésies folliculaires dues à une diminution de la pulsativité de LH et du nombre de récepteurs folliculaires à la LH (Hanzen *et al.*, 2003b).

Par ailleurs, une progestéronémie élevée au moment de l'injection de PGF2 α augmente la probabilité de gestation (figure 24) (Bello *et al.*, 2006).

D'après Cordoba et Fricke (2002), Moreira *et al.* (2000b) et Burke *et al.* (1996), la progestéronémie doit impérativement être élevée au moment de l'injection de la prostaglandine, traduisant la présence d'un corps jaune fonctionnel, et basse lors de la seconde injection de GnRH. Une progestéronémie élevée après l'injection de PGF2 α , traduisant l'absence de lutéolyse ou une lutéolyse incomplète, compromet le développement du follicule pré-ovulatoire, puis le développement et la survie de l'embryon (Moreira *et al.* 2000a).

- **Oestradiolémie**

D'après Bello *et al.* (2006), la probabilité de gestation augmente avec l'oestradiolémie au moment de la dernière injection de GnRH (figure 25). De plus, l'oestradiolémie est corrélée positivement avec la taille du follicule au moment de la dernière injection de GnRH, et ce d'autant plus chez les vaches diagnostiquées gestantes après 35 jours. Ainsi, la réussite de l'IA après un protocole GPG serait en partie dépendante du stade du cycle auquel le protocole est initié, différents mécanismes pouvant expliquer ce phénomène. Cependant le stade optimal d'initiation du protocole n'est pas le même selon les auteurs : entre J5 et J12 ou entre J18 et J20 pour Thatcher *et al.* (2001), entre J5 et J9 pour Vascencelos *et al.* (1999), entre J5 et J10 pour Moreira *et al.* (2000c).

Pour Wittke *et al.* (2001), le stade auquel est initié le protocole n'aurait même pas d'influence sur le taux de gestation.

Quoi qu'il en soit, lorsque le but est de synchroniser les chaleurs, le protocole GPG est en pratique initié sur tout un lot de vaches, et le stade du cycle œstral de chaque femelle est variable et inconnu. Il serait possible de présynchroniser les vaches avant le

protocole GPG pour obtenir de meilleurs résultats (Bello *et al.*, 2006), mais cette solution complique le protocole et représente un coût supplémentaire.

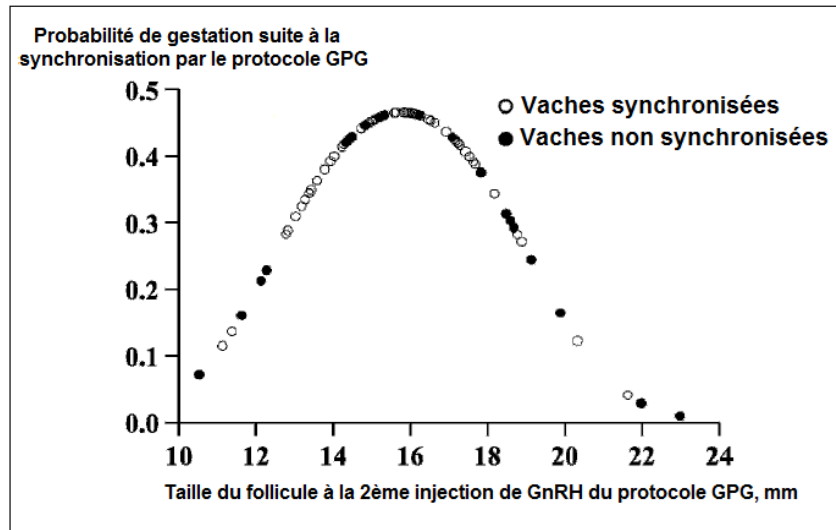


Figure 37 : Association entre la taille du follicule à la dernière injection de GnRH du protocole GPG et la probabilité de gestation 35 jours après IA chez des vaches Prim'Holstein en lactation (Bello *et al.*, 2006)

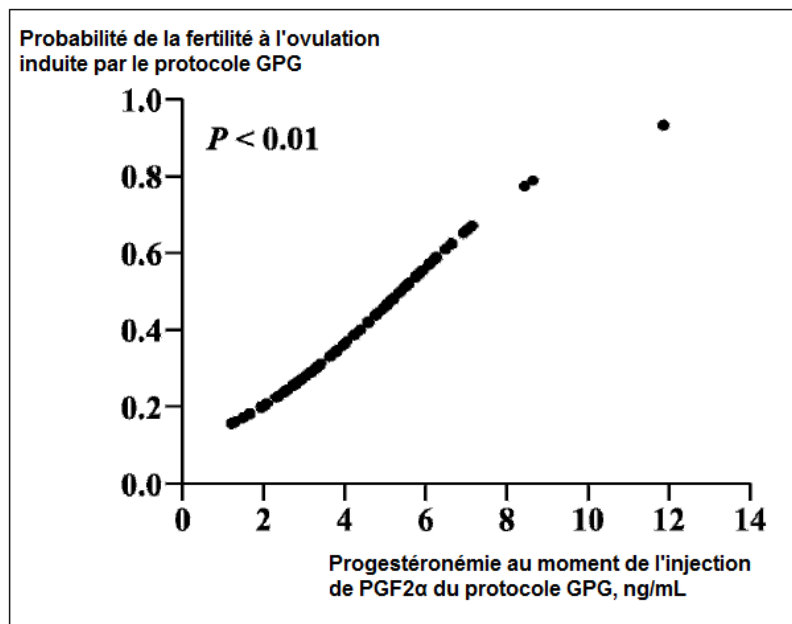


Figure 38: Association entre progestéronémie au moment de l'injection de PGF2α et probabilité de gestation chez les vaches synchronisées par le protocole GPG (Bello *et al.*, 2006)

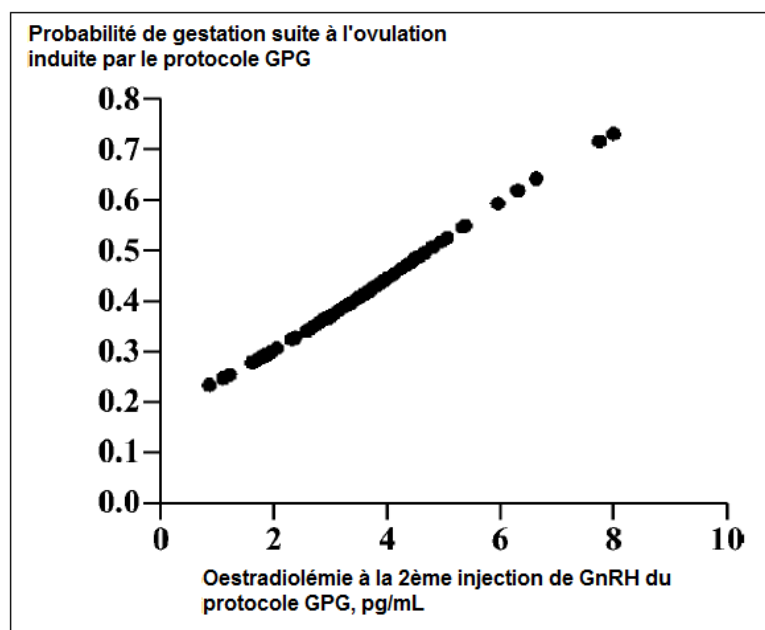


Figure 39: Association entre oestradiolémie au moment de la 2^{ème} injection de GnRH et probabilité de gestation chez les vaches synchronisées par le protocole GPG (Bello et al., 2006)

B/ LE PROTOCOLE GP

1. PERFORMANCES DE REPRODUCTION

a/Synchronisation des chaleurs

A l'issue du protocole GP, seules les vaches détectées en chaleurs sont inséminées, contrairement au protocole GPG où toutes les vaches traitées sont inséminées.

Chez les vaches en lactation, les taux de synchronisation après le protocole GP varient entre 66% et 82,3% selon les études (Jobst *et al.*, 2000 ; Burke *et al.*, 1996 ; Stevenson *et al.*, 1999). Chez les génisses, le taux de synchronisation était de 85% dans l'étude de Schmitt *et al.* (1996). Dans l'étude de Stevenson *et al.* (1999), une plus grande proportion de vaches sont détectées en chaleurs parmi les vaches ayant reçu le protocole GP que parmi celles ayant été traitées par le protocole GPG, ou par 2 injection de PGF2 α à 14 jours d'intervalle (82,3% contre 7% et 55,5% respectivement). Les chaleurs apparaissent en moyenne 64 (+/-3,7) heures après l'injection de PGF2 α chez les vaches ayant reçu le protocole GP. Le pourcentage de vaches détectées en chaleurs à l'issue du protocole GP est relativement élevé dans ces études, mais ce pourcentage correspond aussi au pourcentage de vaches inséminées à l'issue du protocole.

Ce dernier est donc plus faible que celui des vaches ayant reçu le protocole GPG (100%).

Comme dans le protocole GPG, il arrive que des vaches soient observées en chaleurs avant l'injection de PGF2 α : dans l'étude de Burke *et al.* (1996), 10% des vaches viennent en chaleurs avant l'injection de PGF2 α .

b/ Fertilité à l'œstrus induit

Les taux de gestation après traitement de synchronisation des chaleurs par le protocole GP chez les vaches en lactation varient de 17,9 à 30,5% selon les études (Burke *et al.*, 1996, Stevenson *et al.*, 1999 (2 expériences), Jobst *et al.*, 2000, Cartmill *et al.*, 2001a).

Les taux de fécondation sont compris entre 32 et 44%, dans les mêmes études.

Rabiee *et al.* (2005) ont comparé dans une méta-analyse des résultats de ces 4 études les taux de gestation et de fécondation de vaches laitières en lactation après induction de l'ovulation par le protocole GPG, et après insémination sur chaleurs observées après synchronisation des chaleurs par le protocole GP. Les taux de fécondation et de gestations obtenus après traitement par le protocole GP sont comparables à ceux obtenus après traitement par le protocole GPG, bien que les résultats des études soient hétérogènes.

c/ Fécondité

L'intervalle vêlage-1^{ère} IA est plus long pour le protocole GP que pour le protocole GPG ou l'insémination sur chaleurs naturelles (89,5 jours pour le protocole GP contre 77,1 jours pour le protocole GPG et 86,1 jours après insémination sur chaleurs naturelles dans l'étude de Jobst *et al.* (2000) ; 73 jours pour le protocole GP contre 68 jours pour le protocole GPG dans l'étude de Stevenson *et al.* (2009)).

L'intervalle vêlage-IA fécondante est plus long pour le protocole GP que pour le protocole GPG (83,6 jours contre 79,2 jours) d'après Burke *et al.* (1996) ou comparable pour les deux protocoles (101 jours contre 100 jours) d'après Stevenson *et al.* (1999).

Enfin, les taux de gestation à 120 jours sont similaires chez des vaches inséminées sur chaleurs naturelles ou après synchronisation par les protocoles GP et GPG (Jobst *et al.*, 2000 ; Burke *et al.*, 1996). En effet, même si l'IA est plus précoce après synchronisation par le protocole GPG qu'après synchronisation par le protocole GP ou l'insémination sur chaleurs naturelles, les taux de fécondation sont plus faibles (30,1% contre 44% et 45,6% respectivement) dans l'étude de Jobst *et al.* (2000).

d/ Mortalité embryonnaire

Les taux de mortalité embryonnaire sont plus élevés après un protocole GPG (environ 51%) qu'un protocole GP (environ 29%) dans des conditions de température ambiante élevée (Cartmill *et al.*, 2001a). Dans des conditions de température ambiante normale (THI (Température Humidity Index) <72), le taux de mortalité embryonnaire est toujours plus élevé avec le protocole GPG (environ 39%) qu'avec le protocole GP (environ 29%) , mais la différence entre les deux taux est moins importante (figure 26).

2.PRINCIPAUX FACTEURS DE VARIATION DE LA REUSSITE

Par rapport au protocole GPG, peu d'études ont été réalisées sur le protocole GP et les facteurs de variation de sa réussite. Les facteurs influençant la fertilité à l'œstrus induit par le protocole GP évoqués dans les articles sont la note d'état corporel à 65 jours post-partum (Burke *et al.*, 1996) et la cyclicité post-partum (Cartmill *et al.*, 2001a ; Burke *et al.*, 1996).

Ces facteurs influent sur la fertilité de la même façon qu'après une synchronisation par le protocole GPG : les vaches à faible note d'état corporel et les vaches non cyclées sont moins fertiles. En revanche, une température élevée, corrélée négativement avec la fertilité à l'oestrus induit par le protocole GP, n'agit pas de la même façon sur les vaches synchronisées par les protocoles GPG ou GP. L'étude de Cartmill *et al.* (2001a) compare la réussite de l'IA après le protocole GPG d'une part, et le protocole GP d'autre part, dans des conditions de stress thermique (température ambiante et humidité relative élevées). Le taux de gestation entre 27 et 30 jours des vaches traitées par le protocole GP, habituellement comparable à celui des vaches traitées par le protocole GPG, est dans les conditions de cette étude moins bon, l'expression des chaleurs étant diminuée lorsque la température ambiante est élevée. Cependant, les taux de gestation entre 40 et 50 jours post-partum sont tout de même identiques pour les deux groupes, et ce à cause d'une mortalité embryonnaire plus élevée avec le protocole GPG, comme nous l'avons expliqué précédemment (figure 24).

La fertilité des génisses semble meilleure chez les femelles synchronisées par le protocole GP que par le protocole GPG. D'après les résultats de plusieurs expériences issue de deux études (Pursley *et al.*, 1997b ; Schmitt *et al.*, 1996) le taux de gestation moyen des génisses obtenu après synchronisation avec le protocole GP est meilleur que celui obtenu

avec le protocole GPG (50,4%, n=355 contre 38,2%, n=353) (Hanzen *et al.*, 2003c).

D'après Schmitt *et al.* (1996), 15,5 % des génisses synchronisées par le protocole GPG non fécondées à la 1^{ère} IA ont un retour en chaleur précoce (<16 jours) contre seulement 4,3% des génisse synchronisées par le protocole GP. La 2^{ème} injection de GnRH du protocole GPG serait donc majoritairement responsable de ce phénomène. L'auteur l'explique par une réponse différente à la LH suite à l'injection de GnRH chez certaines génisses : il n'y aurait pas d'ovulation, ou la formation d'un corps jaune dont la durée de vie est anormalement courte. Ce phénomène serait d'après l'auteur à l'origine d'un taux de fécondation moins bon chez les génisses synchronisées par le protocole GPG que par le protocole GP (45,5% contre 61,2%). Mais les principaux facteurs de variation de la réussite du protocole GP semblent être l'expression et la détection des chaleurs. Quand l'expression et la détection des chaleurs diminuent, (par exemple lorsque la température est élevée, comme expliqué précédemment), le taux de gestation diminue également.

Tous les facteurs d'altération de l'expression ou de la détection des chaleurs, sont ainsi des facteurs potentiels d'altération des performances de reproduction obtenues après synchronisation par le protocole GP.

L'étude de Burke *et al.* (1996), réalisée en Floride, rapporte une variabilité très importante selon les mois des taux de gestation et de fécondation obtenus après synchronisation par le protocole GP par rapport au protocole GPG : le taux de gestation pour le protocole GP atteint une valeur maximale de 62% en janvier, et une valeur minimale d'environ 12 % en avril et mai, tandis que le taux de gestation avec le protocole GPG reste stable autour de 30% jusqu'en avril, et descend légèrement en mai autour de 22% (figure 27). L'auteur rapporte que le taux de détection des chaleurs dans le groupe de vaches synchronisées par le protocole GP n'a pourtant pas varié selon les mois, restant autour de 67,2%. Le déclin des taux de gestation et de fécondation durant certains mois serait dû à un défaut de précision dans la détection des chaleurs, un moment de l'IA inapproprié, ou l'insémination de vaches qui n'étaient pas vraiment en chaleurs. En plus du taux de détection des chaleurs, la qualité de la détection des chaleurs semble donc primordiale pour éviter les IA au mauvais moment.

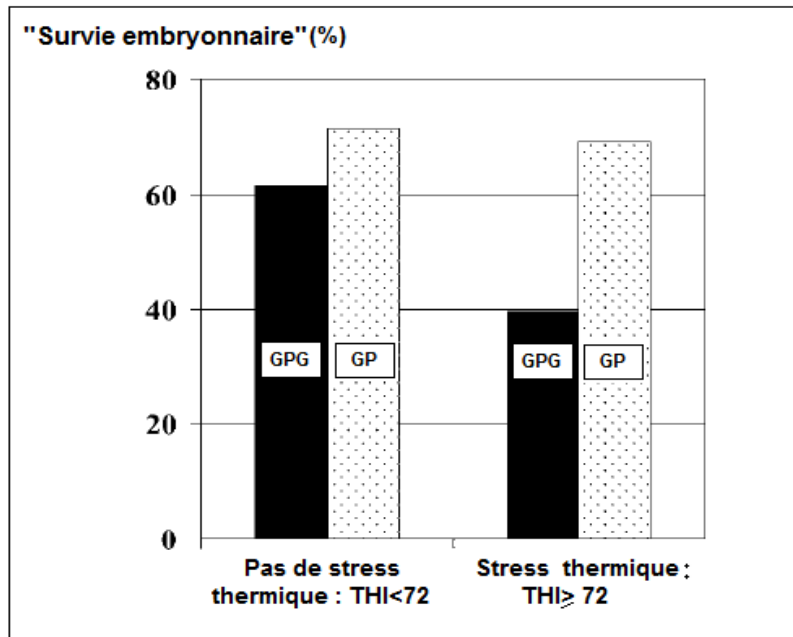


Figure 40: Taux de « survie embryonnaire » (pourcentage de vaches diagnostiquées gestantes entre 40 et 50 jours parmi les vaches diagnostiquées gestantes entre 27 et 30 jours) pendant une période de température ambiante normale (pas de stress thermique, $THI < 72$) et une période de température ambiante élevée (stress thermique, $THI \geq 72$), après synchronisation par le protocole GPG (barres noires) ou par le protocole GP (barres blanches à poids noirs) (Cartmill et al., 2001a)

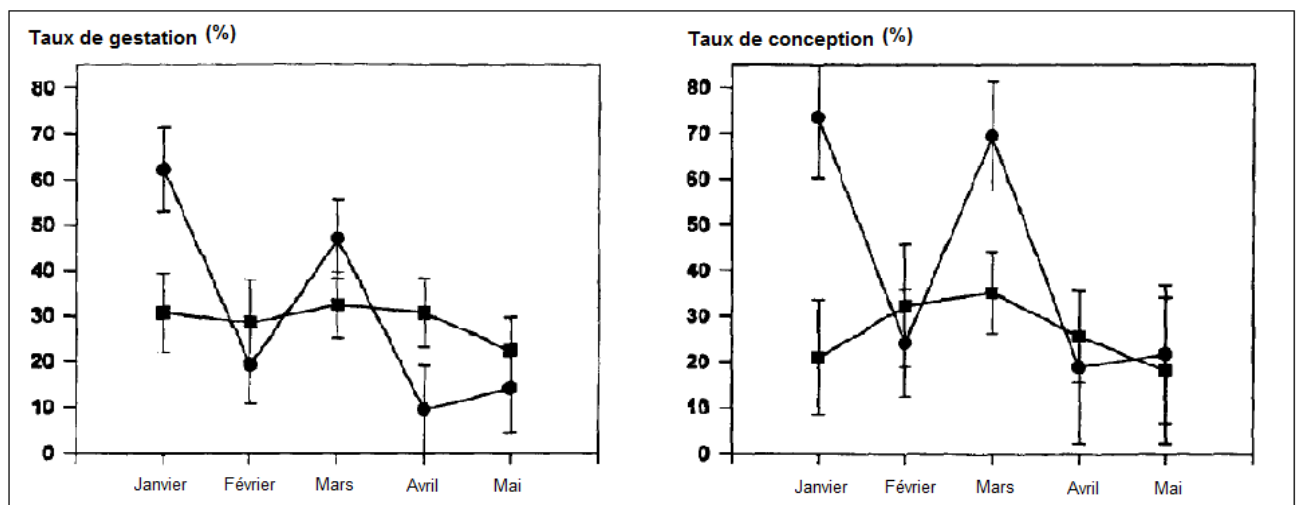


Figure 41: Taux de gestation et de fécondation à la première IA selon le mois après synchronisation par le protocole GP (● ; n=128) ou le protocole GPG (■ ; n=171) (Burke et al., 1996)

Comparabilité des protocoles GPG et GP

Les protocoles GPG et GP sont comparables pour toutes les variables étudiées: Il n'existe pas de différence significative au seuil de 5 % pour chacune des variables considérées (tab 2 et 3).

Tableau 2 : Comparabilité des deux lots pour les variables qualitatives

Variable	Classes	Pourcentage (effectif)			P ²⁰
		GPG	GP	Total	
Race	Prim'holstein	78,0 (64)	78,0 (64)	78,0 (128)	1
	Normandes	12,2 (10)	12,2 (10)	12,2 (20)	
	Non renseignée	9,8 (8)	9,8 (8)	9,8 (16)	
PL _{max}	Production haute	35,6 (26)	38,4 (28)	37,0 (54)	0,78
	Production moyenne	37,0 (27)	31,5 (23)	34,2 (50)	
	Production basse	27,4 (20)	30,1 (22)	28,8 (42)	
TB/TP	>1,5	12,5 (10)	17,3 (14)	14,9 (24)	0,51
	<1,5	87,5 (70)	82,7 (67)	85,1(137)	
TP _{min}	TP _{min} bas	28,0 (27)	32,9 (23)	30,5 (50)	0,5
	TP _{min} normal à élevée	72,0 (55)	67,1 (59)	69,5 (114)	
Période d'initiation du traitement	Septembre-octobre	30,5 (25)	30,5 (25)	30,5 (50)	1
	Novembre-décembre	48,8 (40)	48,8 (40)	48,8 (80)	
	Janvier-février-mars	20,7 (17)	20,7 (17)	20,7 (34)	
Rang de vêlage	1	45,1 (37)	42,7 (35)	43,9 (72)	0,76
	2	20,7 (17)	25,6 (21)	23,2 (38)	
	≥3	34,2 (28)	31,7 (26)	32,9 (54)	
NEC à J0	2	17,1 (13)	17,1 (13)	17,1 (26)	0,65
	]2;2,5]	35,5 (27)	36,8 (28)	36,2 (55)
	]2,5;3]	31,6 (24)	36,8 (28)	34,2 (52)
	>3	15,8 (12)	9,2 (7)	12,5 (19)	
Intervalle vêlage-J0 (en jours)	[55 ;75[50 (41)	43,9 (36)	47,0 (77)	0,43
	[75 ;95]	50 (41)	56,1 (46)	53,0 (87)	

²⁰ Le « p » correspond à la « valeur p » (« p-value » en anglais), risque de rejeter à tort l'hypothèse H0.

Tableau 3 : Comparabilité des deux lots pour la PL_{max} des vaches de race Prim'Holstein (variable quantitative)

	Lot GPG	Lot GP	Total	P
PL_{max} Prim'Holsteins (en kg) Moyenne +/- écart type	41,9 +/- 5,8	42,2 +/- 5,5	42,1 +/- 5,6	0,79

Tableau 4 : Analyse descriptive des variables qualitatives propres au lot GPG

Variable	Classes	Pourcentage	Effectif
Signes de chaleurs observées entre J10 et J17	Non	89	73
	Oui	11	9
Jour d'apparition des chaleurs entre J10 et J17	J10	88,9	8
	J11	11,1	1
Chaleurs non observées ou chaleurs observées en dehors de l'intervalle J10-J17	Chaleurs observées à J9	8,2	6
	Chaleurs observées à J0	1,4	1
	Chaleurs non observées ou observation non rapportée	90,4	66

2. TAUX DE VACHES OBSERVEES EN CHALEURS

C) Lot GPG

L'IA était réalisée dans ce lot à J10, qu'il y ait observation de chaleurs ou pas. Une 2^{ème} IA pouvait être réalisée si des chaleurs étaient observées entre J10 et J17.

Seuls 11% des vaches ont été observés en chaleurs entre J10 et J17. Parmi ces vaches, seule une vache à exprimé ses chaleurs à J11 et a été inséminée une nouvelle fois à J12 (tableau 8). Les autres ont exprimé leurs chaleurs à J10 et ont été inséminées le même jour, en suivant le protocole. Au total, seuls 10% (8/82) des vaches ont été notées en chaleurs le jour de l'insémination. Sur les fiches cliniques, il était demandé si les femelles du lot GPG étaient observées en chaleurs, mais entre J10 et J17

uniquement. Cependant, certains vétérinaires ont noté la venue en chaleurs à des dates en dehors de cet intervalle. Ainsi, 6 vaches du lot GPG ont été observées en chaleurs à J9, et une vache a été observée en chaleurs à J0 (tableau 3). Sur les 6 vaches observées en chaleurs à J9, seule une a été observée en chaleurs le matin, et n'a pas reçu la deuxième injection de GnRH le soir. Les autres ont présenté des chaleurs au moment de l'injection de GnRH ou après celle-ci.

D) Lot GP

Environ 74 % des vaches du lot GP ont été observés en chaleurs entre J9 et J17. Toutes ces vaches ont été inséminées. Les vaches ayant exprimé des chaleurs en dehors de cette période ont été classées dans le groupe « échec ». Une vache a exprimé des chaleurs à J11 et à J12, et a été inséminée deux fois à J11 et à J13. Parmi les vaches observées en chaleurs entre J9 et J17, la majorité (92%) a été observée sur une période restreinte, entre J9 et J11 (tableau 4, figure 32). Sur les fiches cliniques, il était demandé si des chaleurs étaient observées entre J9 et J17, mais pas en dehors de cette période. Cependant, certains vétérinaires ont noté la date d'apparition de chaleurs en dehors de cette période. Ainsi, 5 vaches ont été observées en chaleurs avant J9, et 6 vaches ont été observées en chaleurs après J17 (tableau 4). Parmi les vaches du lot GP, 74,4% ont été observées en chaleurs entre J9 et J17. Parmi ces vaches, 91,8% ont été observées en chaleurs entre J9 et J11. Le taux de vaches observé en chaleurs entre J9 et J17 est comparable à ceux cités dans la bibliographie (entre 66% et 82,3% selon les études (Jobst *et al.* (2000), Burke *et al.* (1996), Stevenson *et al.* (1999)) bien que les périodes d'observation des chaleurs soient un peu différentes dans ces études (entre J7 et J14 ou entre J7 et J17).

Dans le lot GPG, seuls 12% des vaches ont été observées en chaleurs entre J10 et J17, et seuls 11 % des vaches ont été observées en chaleurs le jour de l'insémination. Ce dernier pourcentage est compris dans la fourchette des taux cités dans la bibliographie : entre 3,5 et 37% des vaches sont vues en chaleurs le jour de l'insémination dans les études de Stevenson *et al.* (1996, 1999) et Mialot *et al.* (1999).

Dans l'étude de Sara Patricia, (2011), il n'était pas demandé si des chaleurs étaient observées avant J9 pour le protocole GP, ou avant J10 pour le protocole GPG. En effet, pour simplifier le protocole et le travail de l'éleveur, l'observation des chaleurs devait être réalisée sur une période restreinte (entre J9 et J17 pour le protocole

GP, et entre J10 et J17 pour le protocole GPG). Cependant, quelques cas ont été rapportés. Deux vaches du lot GPG (2,4%) ont été observées en chaleurs avant la 2^{ème} injection de GnRH, et 5 vaches du lot GP (6,1%) sont venues en chaleurs avant J9, dont 2 (2,4%) avant l'injection de prostaglandine à J7. Ces vaches ont été inséminées une demi-journée après l'observation des chaleurs, mais ont été classées d'office dans le groupe « échec », pour cause de venue en chaleur trop précoce.

Les venue en chaleurs avant la fin du traitement sont évoquées dans d'autres études : 3,5 à 5% des vaches viennent en chaleurs entre la 1^{ère} injection de GnRH et l'injection de PGF2 α , et 10 à 20% avant la 2^{ème} injection de GnRH (De Jarnette *et al.*, 2001 ; Burke *et al.*, 1996). Dans ces deux études, les vaches venant en chaleurs avant la fin du protocole sont inséminées sur chaleurs observées.

Enfin, la thèse de Sara Patricia, 2011, l'étude n'était pas réalisée « en aveugle » : les vétérinaires et éleveurs savaient de quel lot faisait partie chaque vache. Ceci n'a pas certainement pas influencé les résultats des diagnostics de gestation, mais a pu influencer l'observation des chaleurs. En effet, les éleveurs ont pu porter moins d'attention à l'observation des vaches du lot GPG pour détecter d'éventuelles chaleurs, sachant qu'elles étaient de toute façon inséminées à J10. Ainsi, le pourcentage de vaches observées en chaleurs dans le lot GPG a pu être sous-estimé.

Par ailleurs, la qualité de l'observation des chaleurs a pu varier d'un élevage à l'autre, même s'il était demandé aux vétérinaires de choisir des éleveurs « proches de leurs animaux » n'ayant pas de problèmes de détection des chaleurs. Pour moins de biais, il aurait fallu préconiser des périodes d'observation de même durée, et au même moment de la journée pour tous les éleveurs. Cela est difficilement réalisable, sachant que chaque éleveur a des habitudes et un emploi du temps différents.

Tableau 5 : Analyse descriptive des variables qualitatives propres au lot GP

Variable	Classes	Pourcentage	Effectif
Expression des chaleurs entre J9 et J17	Oui	74,4	61
	Non	25,6	21
Moment d'apparition des chaleurs entre J9 et J17	Entre J9 et J11	91,8	56
	Entre J12 et J17	9,8	6
Chaleurs non observées, ou observation des chaleurs en dehors de l'intervalle J9-J17	Avant J9	23,8	5
	Au-delà de J17	28,6	6
	Pas de chaleurs observées, ou observation non rapportée	47,6	10

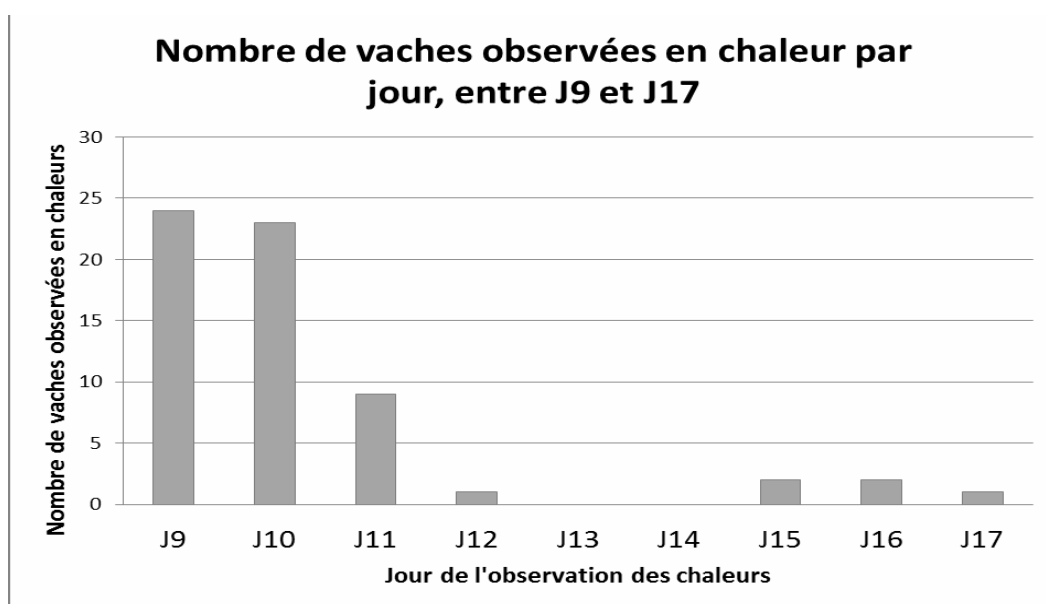


Figure 42 : Nombre de vaches observées en chaleur par jour, entre J9 et J17

3. PERFORMANCES DE REPRODUCTION OBTENUES A L'ISSUE DES PROTOCOLES GPG ET GP

a) Taux de réussite des protocoles

Les taux de réussite des protocoles de synchronisation des chaleurs, correspondant aux taux de vaches gestantes sont d'environ 35,4% pour le lot GPG, contre 36,6% pour le lot GP. La différence de pourcentage n'est cependant pas significative entre les deux lots (tableau 5).

Les taux de réussite des protocoles étaient d'environ 35,4% pour le lot GPG contre 36,6% pour le lot GP. Le taux de réussite du protocole GPG est comparable aux taux de gestation cités dans la bibliographie : entre 11,3 et 53,7%, pour une moyenne de 32% (Hanzen 2003c), tandis que celui du protocole GP est légèrement supérieur (entre 17,9 et 30,5% dans la bibliographie) (Burke *et al.*, 1996, Stevenson *et al.*, 1999, Jobst *et al.*, 2000, Cartmill *et al.*, 2001a).

b) Taux de gestation des vaches inséminées

Le taux de gestation des vaches inséminées à la suite du traitement de synchronisation des chaleurs (à J10 et après observation des chaleurs entre J10 et J17 pour le lot GPG, et après observation des chaleurs entre J9 et J17 pour le lot GP), est environ de 35,8% pour le lot GPG contre 49,2% pour le lot GP. La différence de pourcentage n'est cependant pas significative entre les deux lots (tableau 6).

Le taux de gestation des vaches inséminées était de 35,8% pour le lot GPG. Ce taux devrait normalement être égal au taux de réussite du protocole. Il diffère légèrement dans notre étude à cause de la vache non inséminée à J10 en raison de la présence de sang dans les glaires utérines. Le taux de gestation des vaches inséminées est, comme le taux de gestation, comparable à ceux cités dans la littérature. Le taux de gestation des vaches inséminées était de 49,2% pour le lot GP. Ce taux est supérieur à ceux cités dans la littérature (entre 32 et 44% avec des diagnostics de gestation réalisés entre 27 et 65 jours, dans les études de Burke *et al.*, 1996, Stevenson *et al.*, 1999, Jobst *et al.*, 2000, Cartmill *et al.*, 2001a).

Tableau 6 : Taux de réussite du protocole de synchronisation des chaleurs pour chacun des lots GP et GPG

	Classes	Pourcentage (effectif)			P
		Lot GPG	Lot GP	Total	
Réussite/échec du protocole	Réussite	35,4 (29)	36,6 (30)	36,0 (59)	0,87
	Echec	64,6 (53)	63,4 (52)	64,0 (105)	

Tableau 7 : Taux de gestation des vaches inséminées pour chacun des lots GP et GPG

	Classes	Pourcentage (effectif)			P
		Lot GPG	Lot GP	Total	
Taux de gestation des vaches inséminées	Gestantes	35,8 (29)	49,2 (30)	41,5 (59)	0,11
	Non gestantes	64,2 (52)	51,7 (31)	58,5 (83)	

4. FACTEURS DE VARIATION DE LA REUSSITE DU PROTOCOLE DE SYNCHRONISATION DES CHALEURS

Aucune variable n'a d'effet significatif au seuil de 5 % sur l'échec ou la réussite du protocole de synchronisation des chaleurs (tableaux 8 et 9).

5. FACTEURS DE VARIATION DU TAUX DE GESTATION DES VACHES INSEMINÉES

Aucune variable n'a d'effet significatif au seuil de 5 % sur le taux de gestation des vaches inséminées (tableaux 10 et 11).

6. FACTEURS DE VARIATION DE L'OBSERVATION DES CHALEURS DES VACHES TRAITÉES PAR LE PROTOCOLE GP

Aucune variable n'a d'effet significatif au seuil de 5 % sur l'observation des chaleurs entre J9 et J17 des vaches traitées par le protocole GP (tableaux 12 et 13).

De même, quel que soit le nombre de vaches traitées en même temps, la proportion de vaches vues en chaleurs entre J9 et J11 est comparable (tableau 14).

Tableau 8: Effet de différentes variables qualitatives sur la réussite du protocole de synchronisation des chaleurs

Variable	Classes	Pourcentage (effectif)		P
		Réussite	Echec	
Lot	GP	63,4 (52)	36,6 (30)	0,87
	GPG	64,6 (53)	35,4 (29)	
Race	Prim'Holstein	36,7 (47)	63,3 (81)	0,78
	Normandes	40 (8)	60 (12)	
PL _{max}	Haute	17,8 (15)	72,2 (39)	0,22
	Moyenne	44 (22)	56 (28)	
	Basse	38,1 (16)	61,9 (26)	
TP _{min}	Normal à haut	39,5 (45)	60,5 (69)	0,16
	Bas	28 (14)	72 (36)	
TB/TP	Normal à bas	35 (48)	65 (89)	0,93
	Haut	36 (9)	64 (16)	
Période d'initiation du traitement	Septembre-octobre	34 (17)	66 (33)	0,15
	Novembre-décembre	42,5 (34)	57,5 (46)	
	Janvier-février-mars	23,5 (8)	76,5 (26)	

Tableau 8 (suite) : Effet de différentes variables qualitatives sur la réussite du protocole de synchronisation des chaleurs

Variable	classes	Pourcentage (effectif)		P
		Réussite	Echec	
Rang de vêlage	1	30,6 (22)	69,4 (50)	0,44
	2	39,5 (15)	60,5 (23)	
	≥3	40,7 (22)	59,3 (32)	
NEC à J0	2	30,8 (8)	69,2 (18)	0,90
	]2;2,5]	36,4 (20)	63,6 (35)
	]2,5;3]	38,5 (20)	61,5 (32)
	>3	31,6 (6)	68,4 (13)	
Intervalle vêlage-J0	[55 ;75[29,9 (23)	70,1 (54)	0,12
	[75 ;95]	41,4 (36)	58,6 (51)	
Intervalle 2 ^{ème} GnRH- IA1 (en jours, lot GPG)	[12 ; 18[34,4 (22)	65,6 (42)	0,66
	≥18	20 (1)	80 (4)	
Intervalle signes de chaleurs observés-IA1 (en jours, lot GP)	[0 ; 6]	60 (6)	40 (4)	0,53
	[6 ; 12[	53,8 (7)	46,2 (6)
	[12 ; 18[	40 (10)	60 (15)
	≥18	71,4 (5)	28,6 (2)	

Tableau 9 : Effet de la PL_{max} (variable quantitative) sur la réussite du protocole de synchronisation des chaleurs (Prim'Holsteins)

	Réussite	Echec	Total	P
PL _{max} Prim'Holsteins (en kg) Moyenne +/- écart type	41,3 +/- 5,6	42,5 +/- 5,6	42,1 +/- 5,6	0,26

Tableau 10: Effet de différentes variables qualitatives sur le taux de gestation des vaches inséminées

Variable	Classes	Pourcentage (effectif)		P
		Gestante	Non gestante	
Lot	GPG	36,7 (29)	63,3 (50)	0,14
	GP	49,2 (30)	50,8 (31)	
Race	Prim'Holstein	43,1 (47)	56,9 (62)	0,76
	Normandes	47,1 (8)	52,9 (9)	
PL _{max}	Haute	34,9 (15)	65,1 (28)	0,36
	Moyenne	50 (22)	50 (22)	
	Basse	43,2 (16)	56,8 (21)	
TP	Normal à haut	44,6 (45)	55,4 (56)	0,35
	Bas	35,9 (14)	64,1 (25)	
TB/TP	Normal à bas	40,7 (48)	59,3 (70)	0,72
	Haut	45 (9)	55 (11)	
Période d'initiation du traitement	Septembre-octobre	39,5 (17)	60,5 (26)	0,38
	novembre-décembre	47,2 (34)	52,8 (38)	
	janvier-février-mars	32 (8)	68 (17)	
Rang de vêlage	1	37,3 (22)	62,7 (37)	0,60
	2	46,9 (15)	53,1 (17)	
	≥3	44,9 (22)	55,1 (27)	

Tableau 10 (suite) : Effet de différentes variables qualitatives sur le taux de gestation des vaches inséminées

Variable	Classes	Pourcentage (effectif)		P
		Gestante	Non gestante	
NEC à J0	2	36,4 (8)	63,6 (14)	0,89
	]2 ; 2,5]	42,6 (20)	57,4 (27)
	]2,5 ; 3]	45,5 (20)	54,5 (24)
	>3	37,5 (6)	62,5 (10)	
Intervalle vêlage-J0	[55 ; 75[36,5 (23)	63,5 (40)	0,22
	[75 ; 95]	46,8 (36)	53,2 (41)	
Intervalle 2 ^{ème} GnRH- IA1 (en jours - let GPG)	[12 ; 18[34,4 (22)	65,6 (42)	0,66
	≥18	20 (1)	80 (4)	
Intervalle signes de chaleurs observés- IA1	[0 ; 6[66,7 (6)	33,3 (3)	0,55
	[6 ; 12[	58,3 (7)	41,7 (5)
	[12 ; 18[	43,5 (10)	56,5 (13)
	≥18	33,3 (2)	66,7 (4)	

Tableau 11 : Effet de la PL_{max} (variable quantitative) sur le taux de gestation des vaches inséminées (Prim'Hosteins)

	Gestantes	Non gestantes	Total	P
PL_{max} Prim'Holsteins (en kg) Moyenne +/- écart type	41,3 +/- 5,6	42,2 +/- 5,4	41,9 +/- 5,5	0,40

Tableau 12 : Effet de différentes variables qualitatives sur l'observation des chaleurs des vaches du lot GP entre J9 et J17

Variable	Classes	Observation des chaleurs entre J9 et J17		P
		Oui	Non	
Race	Prim'Holstein	75 (48)	25 (16)	0,71
	Normandes	70 (7)	30 (3)	
PL _{max}	Haute	67,9 (19)	32,1 (9)	0,64
	Moyenne	78,3 (18)	21,7 (5)	
	Basse	77,3 (17)	22,7 (5)	
TP	Normal à haut	80 (44)	20 (11)	0,10
	Bas	63 (17)	37 (10)	
TB/TP	Normal à bas	76,1 (51)	23,9 (16)	0,50
	Haut	64,3 (9)	35,7 (5)	
Période d'initiation du traitement	Septembre-octobre	72 (18)	28 (7)	0,18
	Novembre-décembre	82,5 (33)	17,5 (7)	
	Janvier-février-mars	58,8 (10)	41,2 (7)	
Rang de vêlage	1	71,4 (25)	28,6 (10)	0,67
	2	71,4 (15)	28,6 (6)	
	≥3	80,8 (21)	19,2 (5)	

Tableau 12 (suite) : Effet de différentes variables qualitatives sur l'observation des chaleurs des vaches du lot GP entre J9 et J17

Variable	Classes	Observation des chaleurs entre J9 et J17		p
		Oui	Non	
NEC à J0	2	76,9 (10)	23,1 (3)	0,78
	]2 ; 2,5]	75 (21)	25 (7)
	]2,5 ; 3]	75 (21)	25 (7)
	>3	57,1 (4)	42,9 (3)	
Intervalle vêlage-J0 (en jours)	[55 ; 75[69,4 (25)	30,6 (11)	0,36
	[75 ; 95]	78,3 (36)	21,7 (10)	

Tableau 13 : Effet de la PL_{max} (variable quantitative) des vaches de race Prim'Holstein du lot GP sur leur venue en chaleurs entre J9 et J17

	Observation des chaleurs entre J9 et J17		Effectif total	P
	Oui	Non		
PL_{max} Prim'Holsteins (en kg) Moyenne +/- écart type	41,9 +/- 5,1	43,2 +/- 6,5	42,2 +/- 5,5	0,45

Tableau 14 : Effet du nombre de vaches recevant la première injection du protocole de synchronisation le même jour sur le taux d'observation des chaleurs J9 et J11

Variable	Classes	Observation des chaleurs entre J9 et J11		p
		oui	Non	
Nombre de vaches recevant la première injection du protocole de synchronisation le même jour	[2 ; 6]	69,1 (38)	30,9 (17)	0,82
	[8 ; 14]	66,7 (18)	33,3 (9)	

Au vue de ces résultats, on aurait tendance à penser que le taux de gestation des vaches inséminées est meilleur dans le lot GP que dans le lot GPG.

Cependant, la différence entre les deux lots n'est pas significative au seuil de 5%. On peut néanmoins noter une valeur-p relativement faible ($p=0,11$), qui laisse penser que la différence pourrait être significative si on avait un échantillon un peu plus grand.

Une simulation a permis d'estimer qu'il aurait fallu un minimum de 130 vaches dans chaque lot, en considérant que toutes les vaches sont inséminées dans le lot GPG, et qu'environ 75% des vaches sont inséminées dans le lot GP, pour que la valeur-p soit inférieure à 0,05. Dans ce cas, on aurait pu conclure que la fertilité était meilleure après insémination sur chaleurs observées (protocole GP) que sur ovulation induite par la GnRH (protocole GPG). Les diagnostics de gestation ont été réalisés entre 32 et 62 jours dans notre étude. Cet intervalle de temps est assez large, de manière à ce que les diagnostics puissent être réalisés au cours d'une visite de suivi (qui est généralement programmée tous les mois) par les vétérinaires. Cependant, cela peut influencer les résultats obtenus, puisqu'entre 32 et 62 jours, il est possible d'avoir des mortalités embryonnaires. En effet, plusieurs auteurs mettent en évidence une mortalité embryonnaire importante à cette période, en particulier chez les vaches ayant reçu le protocole GPG : 32% entre le 27^{ème} et le 45^{ème} jour de gestation (Moreira *et al.*, 2000b), 27% entre le 27^{ème} et le 58^{ème} jour de gestation (Cartmill *et al.*, 2001b), 50,7% entre le 30^{ème} et le 50^{ème} jour de gestation (Cartmill *et al.*, 2001a).

Contrairement à certaines études citées dans la bibliographie, aucune des variables étudiées n'a eu d'effet significatif sur le taux de réussite du protocole et sur le taux de gestation des vaches inséminées, ni sur la venue en chaleurs des vaches du lot GP. Ceci peut s'expliquer par différentes raisons :

- La population d'étude ne comporte que 82 vaches par lot de traitement. Plusieurs études nord-américaines comparant les protocoles GPG et GP comptent entre 128 et 212 vaches par lot de traitement (Burke *et al.*, (1996), Jobst *et al.* (2000), Cartmill *et al.* (2001a)). Or, la puissance des tests diminue avec la taille de l'échantillon.
- Les conditions d'élevage dans les troupeaux de notre étude sont sans doute très différentes de celles des troupeaux nord-américains, et la production laitière

moyenne des troupeaux sélectionnés est probablement plus basse (données non renseignées dans notre étude) ce qui pourrait expliquer une sensibilité des vaches de notre étude aux facteurs de variation de la fertilité moins marquée.

L'influence de l'élevage sur les résultats de reproduction n'a malheureusement pas pu être étudiée, les effectifs dans chaque élevage étant trop faibles.

Cependant l'appariement des vaches dans chaque élevage a permis de limiter l'influence de l'élevage sur les résultats de reproduction de chacun des deux lots. De même, l'influence des maladies du post-partum n'a pas pu être étudiée en raison du faible nombre de cas concernés.

Conclusion

Conclusion

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. Or la maîtrise de la reproduction est la clef de l'élevage moderne. Pour respecter les objectifs des éleveurs par le fait d'avoir un veau par vache et par an, trois conditions sont nécessaires. Il faut tout d'abord que les vaches reviennent bien en chaleurs (absence d'anœstrus prolongé, bon état au vêlage, absence de métrite...), 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.

Les protocoles de synchronisation des chaleurs permettent de maîtriser le cycle œstral des femelles traitées afin de les inséminer à la même période. Certains permettent une insémination « à l'aveugle », d'autre nécessitent l'observation des chaleurs avant insémination. Plusieurs protocoles d'induction de chaleurs sont utilisés chez la vache laitière. Or l'utilisation des hormones sur des animaux destinés à la consommation humaine, en réponse à l'inquiétude des consommateurs, est depuis une dizaine d'année montrée du doigt par la Communauté Européenne. Ainsi l'œstradiol 17 β , qui entraine dans les deux protocoles de synchronisation commercialisés en France (PRID[®], laboratoire CEVA, Libourne, France, et CRESTAR[®], laboratoire Intervet, Angers, France), déclarée, dans un rapport commandé par la Commission Européenne, « comme totalement cancérigène, est interdite à compter du 14 octobre 2006 par une directive européenne appliquée en France.

Le protocole GPG permet de synchroniser les chaleurs d'un troupeau de vaches laitières et de les inséminer à l'aveugle. Il permet ainsi d'améliorer la fécondité du troupeau, en particulier dans les élevages où la détection des chaleurs n'est pas optimale. Cependant, son utilisation doit se limiter aux vaches en lactation, la synchronisation n'étant pas aussi bonne chez les génisses. Par ailleurs, les résultats de fertilité obtenus après synchronisation par le protocole GPG sont généralement moins bons chez les vaches en anœstrus que chez les vaches cyclées.

Cependant, la mise en œuvre du protocole GP conduit à des résultats de performance de reproduction comparables à ceux du protocole GPG pour les vaches en lactation, et meilleurs que ceux du protocole GPG pour les génisses.

Conclusion

En revanche, tout facteur d'altération de l'expression ou de la détection des chaleurs peut diminuer son efficacité. Il semble donc intéressant à utiliser lorsque l'expression et la détection des chaleurs sont bonnes, dans le but de diminuer le coût de la synchronisation des chaleurs. Les études réalisées jusqu'à présent sur les protocoles GPG et GP ont été pour la majorité d'entre elles réalisées aux Etats Unis. Les facteurs environnementaux et la conduite d'élevage influant de manière significative sur les performances de reproduction.

Il est donc intéressant de comparer l'efficacité des deux protocoles dans des élevages laitiers, de manière à confirmer ou non l'intérêt de ces derniers en Europe et en Afrique. Aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les taux de réussite des protocoles et les taux de gestation des vaches inséminées. Par ailleurs, l'effet de plusieurs facteurs potentiels de variation de la fertilité à l'œstrus induit, et de l'expression des chaleurs a été étudié. Aucun des facteurs testés n'a eu d'effet significatif sur le taux de réussite des protocoles, sur le taux de gestation des vaches inséminées ou sur le taux de vaches du lot GP observées en chaleurs.

Ainsi, le protocole GP donne d'aussi bons résultats que le protocole GPG. Il peut donc être préconisé à la place du protocole GPG dans les élevages où la détection des chaleurs ne pose pas de problème, dans le but de réduire le coût de la synchronisation des chaleurs.

Une étude sur un échantillon plus grand permettrait peut-être de mettre en évidence une différence significative entre les taux de gestation des vaches inséminées des deux lots.

Perspectives

Perspectives de la maîtrise des cycles

Chez les bovins laitier, 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 à un moment prédéterminé, un groupe d'animaux en bloquant le cycle œstral et en induisant l'œstrus. L'application de synchronisation des chaleurs a à la fois des perspectives zootechniques et médicales.

a/Les perspectives zootechnique : (Dérivaux et Ectors., 1989).

- 1- Grouper les mise bas ce qui permet d'organiser le travail du vétérinaire et l'éleveur ;
- 2- La Programmation des naissances en fonction du disponible fourrager, assure une bonne croissance des veaux ;
- 3- Assurer la diffusion du progrès génétique par deux méthodes :

a- 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 ;

b - Le transfert embryonnaire : cette technique nécessite une synchronisation parfaite des vaches donneuses et receveuses. D'ailleurs la superstimulation et la synchronisation, qui sont deux techniques faisant appel au même types d'hormones, sont souvent utilisées ensemble ou l'une après l'autre.

- 4- Induire les chaleurs en toute saison ; en programmant la saison de vêlage coïncidant la période de la disponibilité des ressources fourragères ;
- 5- Obtenir 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;
- 6- Limiter les 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 souhaitable un veau par vache par an, c'est ainsi que l'utilisation fréquente des traitements de synchronisation des chaleurs a permis la sélection progressive des animaux ayant une meilleure production laitière (De Fontaubert et al., 1989).

Références
Bibliographiques

Références Bibliographiques

ADAMS G.P., JAISWAL R., SINGH J., MALHI P.

« Progress in understanding ovarian follicular dynamics in cattle. »

Theriogenology, 2008, **69**, 72-80.

AHMAD N., TOWNSEND E.C., DAILEY R.A., INSKEEP E.K.

« 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, 1997, **49**, 13-28.

BARBAT A, DRUET T., BONAITI B., GUILLAUME F., COLLEAU J.J., BOICHARD D.

« Bilan phénotypique de la fertilité à l'insémination artificielle dans les trois principales races laitières françaises. »

Rencontres Recherche Ruminants, 2005, **12**, 137-140.

BARBEZANT M., BONNEAU C., BARBIER S., JOURNAUX L.

« Insémination animales en France. Statistiques 2008. »

Med'ia, revue d'information de l'Union Nationale des Coopératives agricoles d'Élevage et d'Insémination Animale, 2009.

BELLO N.M., STEIBEL J.P., PURSLEY J.R.

« Optimizing ovulation to first GnRH improved outcomes to each hormonal injection of Ovsynch in lactating dairy cows. »

Journal of Dairy Science, 2006, **89**, 3413-3424.

BENCHARIF D.,

« Transplantation embryonnaire : le transfert direct. »

Formation de praticiens, Castres, 2000.

BLEACH E.C., GLENCROSS R.G., KNIGHT P.G.

« Association between ovarian follicle development and pregnancy rates in dairy cows undergoing spontaneous oestrus cycles. »

Reproduction, 2004, **127**, 621-629.

BONNES G., DESCLAUDE J., DROGOUL C., GADOUD R., JUSSIAU R., LE LOCH A, MONTMEAS L., ROBIN G.

Reproduction des animaux d'élevage.

2^{ème} édition, Dijon: Educagri éditions, 2005, 409p.

BRITT J.H., SCOTT R.G., ARMSTRONG J.D, WHITACRE M.D.

« Determinants of estrous behavior in lactating holstein cows. »

Journal of Dairy Science, 1986, **69**, 2195-2202.

BURKE J.M., DE LA SOTA R.L., RISCO C.A., STAPLES C.R., SCHMITT E.J.-P.,
TATCHER W.W.

« Evaluation of timed insemination using a Gonadotropin-Releasing Hormone agonist in lactating dairy cows. »

Journal of dairy Science, 1996, **79**, 1385-1393.

CARTMILL J.A., EL-ZARKOUNY S.Z., HENSLEY B.A., ROZELL T.G., SMITH J.F.,
STEVENSON J.S.

« An alternative AI breeding protocol for dairy cows exposed to elevated ambient temperatures before or after calving or both. »

Journal of Dairy Science, 2001a, **84**, 799-806.

CARTMILL J.A., EL-ZARKOUNYS.Z., HENSLEY B.A., LAMB G.C., STEVENSON J.S.

« Stage of cycle, incidence, and timing of ovulation, and pregnancy rates in dairy cattle after three timed breeding protocols. »

Journal of Dairy Science, 2001b, **84**, 1051-1059.

CHASTANT-MAILLARD S., FOURNIER R., REMY D.

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

Le point vétérinaire, 2005, n° spécial : Reproduction des ruminants : maîtrise des cycles et pathologies, **36**, 10-15.

CHASTANT-MAILLARD S., MIALOT J-P., ROSSO V., FOURNIER R.

« Les vagues folliculaires chez la vache. »

L'action vétérinaire, 2003, n°1643, 15-19.

CORDOBA M.C, FRICKE P.M.

« Initiation of the breeding season in a grazing-based dairy by synchronisation of ovulation. »

Journal of Dairy Science, 2002, **85**, 1752-1763.

CORDOBA M.C., FRICKE P.M.

« Evaluation of two hormonal protocols for synchronisation of ovulation and timed artificial insemination in dairy cows managed in grazing-based dairies. »

Journal of Dairy Science, 2001, **84**, 2700-2708.

CUTULLIC E., DELABY L., CAUSEUR D., DISENHAUS C.

« Facteurs de variation de la détection des chaleurs chez la vache laitière conduite en vêlage groupé. »

Rencontres Recherche Ruminants, 2006, **13**, 269-272.

CUTULLIC E., DELABY L., GALLARD Y., DISENHAUS C.

« Oestrus appears milk production driven in dairy cows. »

14th international conference on production diseases in farm animals, **21**, Gent, 2010.

DE JARNETTE J.M., SALVERSON R.R., MARSHALL C.E.

« 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.

DE LA SOTA R.L., BURKE J.M., RISCO C.A., MOREIRA F., DELORENZO M.A., THATCHER W.W.

« Evaluation of timed insemination during summer heat stress in lactating dairy cattle. »

Theriogenology, 1998, **49**, 761-770.

DISENHAUS C., CUTULLIC E., FRERET S., PACCARD P., PONSART C.

« Vers une cohérence des pratiques de détection des chaleurs : intégrer la vache, l'éleveur et le système d'élevage. »

Rencontres Recherche Ruminants, 2010, **17**, 113-120

DISENHAUS C., GRIMARD B., TROU G., DELABY L.

« De la vache au système : s'adapter aux différents objectifs de reproduction en élevage laitier. »

Rencontres recherche ruminant, 2005, **12**, 125-136.

DISENHAUS C.

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

Journées nationales GTV. Tours, 2004, 859-865.

DOBSON H., SMITH R.F., ROYAL M.D., KNIGHT C.H., SHELDON I.M.

« The high-producing dairy cow and its reproductive performance. »

Reproduction in Domestic Animals, 2007, **42**, 172-183.

DRANSFIELD M.B., NEBEL R.L., PEARSON R.E., WARNICK L.D.

« Timing of insemination for dairy cows identified in estrus by a radiotelemetric estrus detection system. »

Journal of Dairy Science, 1998, **81**, 1874-1882.

DRIANCOURT, M.A.

« Regulation of ovarian follicular dynamics in farm animals. Application for manipulation of reproduction. »

Theriogenology, 2001, **55**, 1211-1239.

DRION P., BECKERS J.F., DERKENNE F., HANZEN CH.

« Le développement folliculaire chez la vache. Mécanismes hormonaux au cours du cycle et du postpartum. »

Annales de Médecine Vétérinaire, 2000, **144**, 385-404.

ESPINASSE R., DISENHAUS C., PHILIPOT J.M.

« Délai de mise à la reproduction, niveau de production et fertilité chez la vache laitière. »
Rencontres recherche ruminants, 1998, **5**, 79-82.

FIENI F., TAINTURIER D., BRUYAS J.-F., BATTU I.

« Physiologie de l'activité ovarienne cyclique chez la vache. »

Bulletin des GTV n°4, 1995: 35-49.

FOURNIER R., DRIANCOURT M.-A., SCHMITZ W., HOLTZ W.

« La méthode GPG et ses voies d'amélioration. Comparaison de deux inducteurs d'ovulation dans un protocole de Synchronisation COSYNCH. »

Journées Nationales GTV, Nantes, 2008, 555-559.

FRICKE P.M., WILTBANK M.C.

« Effect of Milk production on the incidence of double ovulation in dairy cows. »

Theriogenology, 1999, **52**, 1133-1143.

FROMENT P.

« Note d'état corporel et reproduction chez la vache laitière. » Thèse de médecine vétérinaire, ENVA, 2007, 107p.

GRIMARD B., DISENHAUS C.

« Reprise du cycle post-partum chez la vache laitière. Les anomalies de reprise de la cyclicité après vêlage. »

Le Point Vétérinaire. n° spécial : Reproduction des ruminants : maîtrise des cycles et pathologies, 2005, **36**, 16-21.

GRIMARD B., HUMBLLOT P., PONTER A.A., CHASTANT S., CONSTANT F., MIALOT J.P.

« Efficacité des traitements de synchronisation des chaleurs chez les bovins. »

INRA Productions Animales, **16**, 2003, 211-227.

GÜMEN A., GUENTHER J.N., WILTBANK M.C.

« Follicular size and response to Ovsynch versus detection of oestrus in anovular and ovular lactating dairy cows. »

Journal of Dairy Science, 2003, **86**, 3184-3194.

HANZEN C., BOUDRY B.

« Optimisation des résultats du protocole GPG. »

Le point vétérinaire, n°240, 2003a, 44-46.

HANZEN C., BOUDRY B., DRION P.V.

« Effets du protocole GPG sur l'activité ovarienne. »

Le Point Vétérinaire, n°237, 2003b, 26-30.

HANZEN C., BOUDRY B., BOUCHARD E.

« Protocole GPG et succès de reproduction. »

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

HANZEN C., LOURTIE O., DRION P.V.

« Le développement folliculaire chez la vache. Aspects morphologiques et cinétiques. » *Annales de Médecine Vétérinaire*, 2000, **144**, 223-235.

HANZEN C.

« L'oestrus: manifestations comportementales et méthodes de détection. »

Annales de Médecine Vétérinaire, 1981, **125**, 617-633.

HEUER C., SCHUKKEN Y.H., DOBBELAAR P.

« Postpartum body condition score and results from the first test day milk as predictors of disease, fertility, yield, and culling in commercial dairy herds. »

Journal of Dairy Science, 1999, **82**, 295-304.

HUMBLOT P., GRIMARD B., RIBON O., KHIREDDINE B., DERVISHI V., THIBIER M.
«

Sources of variation of post-partum cyclicity , ovulation and pregnancy rates in primiparous charolais cows treated with norgestomet implant and PMSG. »

Theriogenology, 1996, **46**, 1085-1096.

JOBST S.M., NEBEL R.L., MCGILIARD M.L., PELZERT K.D.

« 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.

KERBRAT S., DISENHAUS C.

« A proposition for an updated behavioural characterisation of the oestrus period in dairy cows. »

Applied Animal Behaviour Science, 2004, **87**, 223-238.

KERBRAT S., DISENHAUS C.

« Profils d'activité lutéale et performances de reproduction du vêlage à la première insémination. »

Rencontres Recherche Ruminants, 2000, **7**, 227-230. KÖNIG H. E., LIEBICH H.-G.

Veterinary Anatomy of Domestic Mammals.

Stuttgart : Schattauer, 2004, 681p.

LE COZLER Y., PECCATTE J.R., PORHIEL J.Y., BRUNSCHWIG P., DISENHAUS C.,

« 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.

« La fertilité des vaches laitières en 2008, des perturbations, mais des espoirs côté génétique. »

Institut de l'élevage - Département génétique, 2010.

LEDOUX D., HUMBLLOT P., CONSTANT F., PONTER A.-A., GRIMARD B.

« Infertilité chez les bovins laitiers. Echecs précoces de gestation chez la vache laitière. »

Le Point Vétérinaire, n° spécial : Reproduction des ruminants : maîtrise des cycles et pathologies, 2006, **36**, 50-55.

LOEFFLER S.H., DE VRIES M.J., SCHUKKEN Y.H.

« The effect of time of disease occurrence, milk yield, and body condition on fertility of dairy cows. »

Journal of Dairy Science, 1999, **82**, 2589-2604.

LOPEZ-GATIUS F., SANTOLARIA P., YANIZ J., RUTLLAND J., LOPEZ-BEJAR M.

« Factor affecting pregnancy loss from gestation Day 38 to 90 in lactating Dairy cows from a single herd. »

Journal of Dairy Science, 2002, **57**, 1251-1261.

MELLENDEZ P., BARTOLOME J., ARCHBALD L.F., DONOVAN A.

« The association between lameness, ovarian cysts and fertility in lactating dairy cows. »

Theriogenology, 2003, **59**, 927-937.

MIALOT J.P., CONSTANT F., CHASTANT-MAILLARD S., PONTER A.A., GRIMARD B.

« La croissance folliculaire ovarienne chez les bovins : nouveautés et applications. »

Société française de buiatrie, Paris, 2001, 163-168.

MIALOT J.P., LAUMONNIER G., PONSART C., FAUXPOINT H., BARASSIN E., PONTER A.A., DELETANG F.

« Postpartum subestrus in dairy cows : comparison of treatment with prostaglandin F2alpha or GnRH

+ prostaglandin F2alpha + GnRH. »

Theriogenology, 1999, **52**, 901-911.

MOREIRA F., DE LA SOTA R.L., DIAZ T., THATCHER W.W.

« Effect of day of the estrous cycle at the initiation of a timed artificial insemination protocol on reproductive responses in dairy heifers. »

Journal of Animal Science, 2000c, **78**, 1568-1576.

MOREIRA F., RISCO C., PIRES M.F.A., AMBROSE J.D., DROST M., DELORENZO M., THATCHER W.W.

« Effect of body condition on reproductive efficiency of lactating dairy cows receiving a timed insemination. »

Theriogenology, 2000a, **53**, 1305-1319.

MOREIRA F., RISCO C.A., PIRES M.F.A., AMBROSE J.D., DROST M., DELORENZO M., THATCHER W.W.

« Use of bovine somatotropin in lactating dairy cows receiving timed artificial insemination. »

Journal of Dairy Science, 2000b, **83**, 1245-1255.

NAVANUKRAW C., REDMER D.A., REYNOLDS L.P., KIRSCHJ.D., GRAZUL-BILSKA A.T., FRICKE P.M.

« A modified presynchronization protocol improves fertility to timed artificial insemination in lactating dairy cows. »

Journal of dairy Science, 2004, **87**, 1551-1557.

OPSOMER G., GROHN Y.T., HERTL J., CORYN M., DELUYKER H., DE KRUIF A.

« Risk factors for post partum ovarian dysfunction in high producing dairy cows in Belgium: a field study. »

Theriogenology, 2000, **53**, 841-857.

PARIS A., ANDRE F., ANTIGNAC J.P., BONNEAU M. ET AL.

« L'utilisation des hormones en élevages : les développements zootechniques et les préoccupations de santé publique. »

In : BEAULIEU E.E. MILGROM E., *Hormones, santé publique et environnement*, Les Ulis : Académie des sciences, 2008, 239-288.

PERRY G.A., SMITH M.F., LUCY M.C., GREEN J.A., PARKS T.E., MACNEIL M.D., ROBERTS A.J., GEARY T.W.

«Relationship between follicle size of the ovulatory follicle and pregnancy success in beef heifers»

Journal of Animal Science, 2007, **85**, 684-689.

PETERS M.W., PURSLEY J.R.

« Fertility of lactating dairy cows treated with Ovsynch after pre-synchronisation injections of PGF₂alpha and GnRH. »

Journal of Dairy Science, 2002, **85**, 2403-2406.

PETERS A.R., WARD S.J., WARREN M.J., GORDON P.J., MANN G.E., WEBB R.

« Ovarian and hormonal responses of cows to treatment with an analogue of gonadotrophin

releasing hormone and prostaglandin F2alpha. »

The Veterinary Record, 1999, **144**, 343-346.

PHILIPOT J.M.

« Etude du centre d'écopathologie animale. Vêlage et infécondité des vaches laitières. »

Réussir-Lait Elevage, **59**, 10p.

PICARD-HAGEN N., GAYRARD V., BERTHELOT X.

« La physiologie ovarienne chez la vache : nouveauté et applications. »

Journées Nationales des GTV, Nantes, 2008a, 43-54.

PICARD-HAGEN N., SAINT-BLANCAT M., PONSART C., ENNUYER M., DEFACHELLES J., DESCOTEAUX L.,

« Comment utiliser les programmes de synchronisation de la reproduction en France chez les vaches laitières. »

Le nouveau praticien vétérinaire, 2008b, **2**, 21-26.

PICARD-HAGEN N., HUMBLLOT P., BERTHELOT X.

« Synchronisation des chaleurs chez les bovins. Principes et facteurs de variation des résultats. »

Le Point Vétérinaire, n° spécial : Reproduction des ruminants : maîtrise des cycles et pathologies, 2005, **36**, 28-31.

PINTO A., BOUCA P., CHEVALLIER A., FRERET S., GRIMARD B., HUMBLLOT P.

« Sources de variation de la fertilité et des fréquences de mortalité embryonnaire chez la vache laitière. »

Rencontres recherche ruminants, 2000, **7**, 213-216.

PONSART C., FRAPPAT B., LE MEZEC P., FRERET S., SEEGER H., PACCARD P., HUMBLLOT P.

« Une palette d'outils pour améliorer la reproduction des vaches laitières. »

Rencontres Recherche Ruminants, 2007, **14**, 351-358.

PONSART C., FRERET S., CHARBONNIER G., GIROUD O., DUBOIS P., HUMBLLOT P.

« Description des signes de chaleurs et modalités de détection entre le vêlage et la première insémination chez la vache laitière. »

Journées Rencontres Recherche Ruminants, 2006, **13**, 273-276.

PONSART C., SANAA M., HUMBLLOT P., GRIMARD B., JEANGUYOT N., PONTERA.A., VIEL J.F., MIALOT J.P.

« Variation factors of pregnancy rates after estrus synchronisation treatment in french Charolais beef cows. »

Veterinary Research, 1996, **27**, 227-239.

PURSLEY J.R., FRICKE P.M., GARVERICK H.A., KESLER D.J., OTTOBRE J.S., STEVENSON J.S., WILTBANK M.C.

« Improved fertility in noncycling lactating dairy cows treated with exogenous progesterone during Ovsynch. »

Journal of dairy Science, 2001, **83** (Suppl. 1), 1563 (Abstr.).

PURSLEY J.R., SILCOX R.W., WILTBANK M.C.

« Effect of time of artificial insemination on pregnancy rates, calving rates, pregnancy loss, and gender ratio after synchronisation of ovulation in lactating dairy cows. »

Journal of Dairy Science, 1998, **81**, 2139-2144.

PURSLEY J.R., KOSOROK M.R., WILTBANK M.C.

« Reproductive management of lactating dairy cows using synchronization of ovulation. » *Journal of Dairy Science*, 1997a, **80**, 301-306.

PURSLEY J.R., WILTBANK M. C., STEVENSON J. S., OTTOBRE J. S., GARVERICK H. A., ADERSON L. L.

« Pregnancy rates per artificial insemination for cows and heifers inseminated at a synchronized ovulation or synchronized estrus. »

Journal of Dairy Science, 1997b, **80**, 295-300.

PURSLEY J.R., MEE M.O., WILTBANK M.C.

« Synchronisation of ovulation in dairy cows using PGF2alpha and GnRH. »

Theriogenology, 1995, **44**, 915-923.

RABIEE A.R., LEAN I.J., STEVENSON M.A.

« Efficacy of Ovsynch Program on Reproductive Performance in Dairy Cattle : A Meta-Analysis. »

American Dairy Science Association, 2005, **88**, 2754-2770.

RANASINGHE R.M.S.B.K., NAKAO T., YAMADA K., KOIKE K.

« Silent ovulation, based on walking activity and milk progesterone concentrations, in Holstein cows housed in a free-stall barn. »

Theriogenology, 2010, **73**, 942-949.

ROELOFS J.B., VAN EERDENBURG F.J.C.M., SOEDE N.M. ET KEMP B.

« Pedometer readings for estrous detection and as predictor for time of ovulation in dairy cattle. »

Theriogenology, 2005 , **64**, 1690-1703.

SAINT-DIZIER M.

« La détection des chaleurs chez la vache. »

Le Point Vétérinaire, n° spécial : Reproduction des ruminants : maîtrise des cycles et pathologies, 2005, **36**, 22-27.

SARA PATRICIA ELLY NEUMANN.

« Comparaison de deux protocoles de synchronisation des chaleurs chez la vache laitière en lactation, **les protocoles GPG ET GP** THESE DOCTEUR VETERINAIRE »

Thèse de doctorat vétérinaire, 2011, 130.

SAUMANDE J.

« La détection électronique des chevauchements pour la détection des vaches en chaleur : possibilités et limites. »

Revue de Médecine Vétérinaire, 2000, **151**, 1011-1020.

SCHMITT E.J.P., DIAZ T., DROST M., ROOMES C., THATCHER W.W.

« 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., BEAUDEAU F., BLOSSE A., PONSART C., HUMBLLOT P.

« Performances de reproduction aux inséminations de rangs 1 et 2 dans les troupeaux Prim'Holstein. »

Rencontres recherche ruminants, 2005, **12**, 141-144.

SILCOX R.W., POWELL K.L., KISER T.E.

« Ability of dominant follicles to respond to exogenous GnRH administration is dependent on their stage of development. »

Journal of Animal Science, 1993, **71** (Suppl. 1), 513 (Abstr.).

STEVENSON J.S., KOBAYASHI Y., THOMPSON K.E.

« 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., KOBAYASHI Y., SHIPKA M.P., RAUCHHOLZ K.C.

« Altering conception of Dairy Cattle by Gonadotropin-Releasing Hormone preceding luteolysis induced by Prostaglandin F2alpha. »

Journal of Dairy Science, 1996, **79**, 402-410.

TENHAGEN B-A., SURHOLT R., WITTKE M., VOGEL C., DRILLICH M., WOLFGANG H.

« Use of Ovsynch in dairy herds - difference between primiparous and multiparous cows. »
Animal Reproduction Science, 2004, **81**, 1-11.

TENHAGEN B-A., VOGEL C., DRILLICH M., THIELE G., HEUWIESER W.

« Influence of stage of lactation and milk production on conception rates after timed artificial insemination following Ovsynch. »

Theriogenology, 2003, **60**, 1527-1537.

TENHAGEN B.-A., DRILLICH M., HEUWIESER W.

« Analysis of cow factors influencing conception rates after two timed breeding protocols. »

Theriogenology, 2001, **56**, 831-838.

THATCHER W.W., PATTERSOND.J., MOREIRAF., PANCARDI M., JORDAN E.R., RISCO C.A.

« Current concepts for estrus synchronisation and timed insemination. »

American Association of bovine Practitioner, Vancouver, 2001, 95-105.

THATCHER W.W., MACMILLAN K.L., HANSEN P.J., DROST M.

« Concepts for regulation of corpus luteum fonction by the conceptus and ovarian follicles to improve fertility. »

Theriogenology, 1989, **31**, 149-164.

THIBAUT C., LEVASSEUR M.-C.

La reproduction chez les mammifères et l'homme.

Paris : Ellipses-INRA, 1991, 768p.

TOWNSON D.H., TSANG P.C., BUTLER W.R., FRAJBLAT M., GRIEL L.C.J.R., JOHNSON C.J.

« Relationship of fertility to ovarian follicular waves before breeding in dairy cows. »

Journal of Animal Science, 2002, **80**, 1053-1058.

TWAGIRAMUNGU H., GUIBAULT L.A., PROULX J., VILLENEUVE P., DUFOUR J.J.

« Influence of an Agonist of Gonadotropin-releasing hormone (Buserelin) on estrus syncronisation and Fertility in Beef Cows. »

Journal of Animal Science, 1992, **70**, 1904-1910.

VAILES L.D., BRITT J.H.

« Influence of footing surface on mounting and other sexual behaviors of estrual Holstein cows. »

Journal of Animal Science, 1990, **68**, 2333-2339.

VAN EERDENBURG F.J.C.M, LOEFFLER H.S.H ET VAN VLIET J.H.

« Detection of oestrus in dairy cows: a new approach of an old problem. »

Veterinary Quarterly, 1996, **18**, 52-54.

VAN VLIET J. H., VAN EERDENBURG F. J. C. M.

« Sexual activities and oestrus decteting in lactating dairy cows. »

Applied Animal Behaviour Science, 1996, **50**, 57-69.

VASCENCELOS J.L.M, SARTORI R., OLIVEIRA H.N., GUENTHER J.G., WILTBANK M.C.

« Reduction in size of the ovulatory follicle reduces subsequent luteal size and pregnancy rate. »

Theriogenology, 2001, **56**, 307-314.

VASCONCELOS J.L.M., SILCOX R.W., ROSA G.J.M., PURSLEY J.R., WILTBANK M.C.

« Synchronisation rate, size of the ovulatory follicule, and pregnancy rate after synchronisation of ovulation beginning on different days of the oestrus cycle in lactating dairy cows. »
Theriogenology, 1999, **52**, 1067-1078.

WALKER S.L., SMITH R.F., JONES D.N., ROUTLY J.E., MORRIS M.J., DOBSON H.

« 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, 2010, **45**, 109-117.

WALSH R.B, WALTON J.S., KELTON D.F., LEBLANC S.J., LESLIE K.E., DUFFIELD T.F.

« The effect of subclinical ketosis in early lactation on reproductive performance of postpartum dairy cows. »

Journal of Dairy Science, 2007, **90**, 2788-2796.

WITTKER M., DRILLICH M., TENHAGEN B.A., HEUWIESER W.

« The effect of stage of oestrus cycle at the initiation of an Ovsynch protocol on the conception rate.» 11th International Conference on Production Diseases in Farm Animals Frederiksberg, Denmark, 2001, *Acta Veterinaria Scandinavica*, 2003, **44** (Suppl. 1), p22.

WOLFENSON D., INBAR G., ROTH Z., KAIM M., BLOCH A., BRAW-TAL R.

« Follicular dynamics and concentrations of steroids and gonadotropins in lactating cows and nulliparous heifers. »

Theriogenology, 2004, **62**, 1042-1055.

WOLFENSON D., THATCHER W.W., SAVIO J.D., BADINGA L., LUCY C.

« The effect of GnRH analogue on the dynamics of follicular development and synchronisation of estrus in cycling lactating dairy cows. »

Theriogenology, 1994, **42**, 633-644.

XIAO S., FINDLAY J.K., ROBERTSON D.M.

« 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.

Résumé

Cette étude rentre dans la réalisation d'un projet de fin d'étude en vue de l'obtention d'un diplôme de docteur vétérinaire. Cette étude d'ordre bibliographique a pour principal objectif de donner une première approche des méthodes de maîtrise de la reproduction et de leur application en élevage bovin, ainsi que de comparer les différents protocoles de synchronisation des chaleurs appliqués chez la vache laitière. Dans cette étude, nous avons étudié la technique et l'intérêt de nouveaux protocoles de synchronisation des chaleurs, notamment GPG et de GP, pour pouvoir les appliquer en élevage bovin en Algérie. Ce travail s'adresse plus particulièrement aux étudiants et aux vétérinaires praticiens qui s'intéressent et qui souhaitent se former dans ce domaine. En outre, ce travail pourrait être diffusé à un plus large public.

Cette étude nous a rapporté des connaissances très intéressantes dans le domaine de reproduction bovine dont nous souhaiterions que toutes les informations théoriques et pratiques apportées dans ce projet seront bénéfiques pour les personnes intéressées à ce domaine qui voit de nos jours une bonne maîtrise de l'activité sexuelle et une bonne amélioration de la fertilité.

Sachant que les performances de reproduction d'un élevage sont le résultat de sa conduite et de sa gestion ; il convient donc aux éleveurs et à tout leur personnel de respecter au mieux les techniques de reproduction appliquées dans l'élevage bovin.

En fin, cette étude purement bibliographique sera enrichie à l'avenir par l'application pratique des méthodes hormonales afin d'améliorer les performances reproductives de nos races bovines.