

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE VÉTÉRINAIRE D'EL HARRACH ALGER

MEMOIRE DE MAGISTÈRE EN SCIENCES VÉTÉRINAIRES
OPTION : NUTRITION & REPRODUCTION DES BOVINS

THÈME

**CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE L'INTÉRÊT DE LA GnRH DANS LA
MAITRISE DU CYCLE SEXUEL CHEZ LA VACHE LAITIÈRE AVEC PRISE
EN COMPTE DE LA FERTILITÉ GÉNÉTIQUE ET DU BCS GÉNÉTIQUE**

Présenté par: Dr. **OUKACI Brahim**

PRESIDENT : **DR. KHELLAF. D** MAITRE DE CONFÉRENCES CLASSE A (ENSV ALGER)
PROMOTEUR : **PR. BEN MAHDI. MH** PROFESSEUR (ENSV ALGER)
EXAMINATEUR : **PR KAIDI. R** PROFESSEUR (INSTITUT AGROVÉTÉRINAIRE, USD BLIDA)
EXAMINATEUR : **MME GOUAS. Y** MAITRE ASSISTANTE CLASSE A (ENSV ALGER)
EXAMINATEUR : **DR SOUAMES. S** MAITRE ASSISTANT CLASSE A (ENSV ALGER)

Année Universitaire 2010/2011

Remerciements

Au terme de ce modeste travail, mes plus vifs remerciements s'adressent en premier lieu aux membres du jury pour l'attention qu'ils ont bien voulu porter à mon étude.

MERCI à :

- **Madame le Professeur BEN-MAHDI**, Professeur à l'ENSV d'Alger, à laquelle j'exprime ma vive gratitude pour sa patience, la qualité scientifique de son encadrement et son écoute permanente.
- **Monsieur le Dr Khelef**, Maître de conférences de classe A à l'ENSV d'Alger,, pour m'avoir fait l'honneur de présider mon jury
- **Monsieur le Professeur Kaidi**, Professeur à l'Université Saad Dahlab de Blida, pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de faire partie de mon jury et pour l'attention qu'il portera à l'appréciation de mon travail.
- **Madame Gouas**, Maitre assistante de classe A à l'ENSV d'Alger
Et
- **Monsieur le Dr Souames**, Maitre assistant de classe A à l'ENSV d'Alger

Pour avoir accepté d'examiner ce travail et pour toute l'attention qu'ils y auront portée.

UN GRAND MERCI

A tout le personnel de la ferme pilote OUAMRI :

Son directeur,

Ainsi que les vétérinaires et ouvriers, qui nous ont permis de réaliser ce travail au sein de cette exploitation.

À mon cher collègue et frère le Dr vétérinaire Achour Rachid, praticien privé pour son soutien et son aide.

DÉDICACES

À TOUS CEUX QUE J'AIME.

Je dédie ce modeste travail.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	01
ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE.....	04
CHAPITRE 1 : PHYSIOLOGIE DE L'ACTIVITÉ SEXUELLE CHEZ LA VACHE NON GESTANTE.....	04
I.1. Rappels.....	04
I.2. Folliculogénèse.....	05
I.2.1. Les phases de croissance folliculaire.....	05
I.2.2. Régulation de la croissance folliculaire.....	07
I.2.2.1. La phase gonadotrope indépendante.....	07
I.2.2.2. Phase gonadotrope dépendante.....	08
I.2.3. Régulation du nombre de follicules ovulatoires.....	09
I.2.3.1. Le recrutement.....	09
I.2.3.2. La sélection.....	09
I.2.3.3. La dominance.....	10
I.2.4. La stéroïdogénèse folliculaire.....	10
I.2.5. L'atrésie folliculaire.....	11
I.2.5.1. Signes cytologiques et biochimiques.....	11
I.2.5.2. Modifications de la stéroïdogénèse.....	11
I.3. L'ovulation.....	12
I.3.1. Les mécanismes de l'ovulation.....	12
I.4. Régulation de la sécrétion de LH et de FSH	12
I.5. Le corps jaune.....	14
I.5.1. La formation du corps jaune.....	14
I.5.2. Rôle et contrôle de la fonction lutéale.....	14
I.5.2.1. Corps jaune cyclique.....	14
I.5.2.2. Corps jaune gestatif.....	15
I.6. Activité lutéotrope de l'embryon.....	16
CHAPITRE 2 : PHYSIOLOGIE SEXUELLE EN PÉRIODE POST-PARTUM CHEZ LA VACHE LAITIÈRE.....	17
II.1. L'œstrus post-partum.....	17

II.2. Reprise d'activité sexuelle après le vêlage.....	19
II.2.1. Rétablissement de l'activité des gonadotrophines post-partum.....	19
II.2.2. Reprise du développement folliculaire post-partum.....	19
CHAPITRE 3 : FACTEURS DE VARIATION DES PERFORMANCES DE REPRODUCTION APRÈS VÊLAGE CHEZ LA VACHE.....	21
III.1. Facteurs intrinsèques de variation des performances de reproduction.....	21
III.1.1. Age et parité de l'animal.....	21
III.1.2. Poids et note d'état corporel.....	22
III.1.3. Difficultés de vêlage.....	22
III.1.4. Pathologies du post-partum.....	23
III.1.5. Facteurs génétiques.....	23
III.1.6. Niveau de production.....	24
III.1.7. L'allaitement.....	24
III.2. Facteurs extrinsèques de variation des performances de reproduction, hors alimentation.....	25
III.2.1. Conduite de la reproduction.....	25
III.2.1.1. Délai de mise à la reproduction.....	25
III.2.1.2. Détection des chaleurs.....	25
III.2.1.3. Moment et technique d'IA.....	26
III.2.2. Présence du taureau.....	27
III.2.3. Logement et environnement.....	27
III.2.4. Saison.....	27
III.2.5. Troupeau et exploitation.....	28
III.3. Facteurs nutritionnels de variation des performances de reproduction.....	28
III.3.1. Niveau énergétique de la ration en post-partum.....	29
III.3.1.1. Mode d'action du déficit énergétique.....	29
III.3.1.2. Appréciation du déficit énergétique.....	29
III.3.1.3. Conséquences d'un déficit énergétique sur les performances de reproduction.....	30
III.3.2. Niveau azoté de la ration en post-partum.....	31
III.3.2.1. Les excès azotés.....	31
III.3.3. Alimentation vitaminique et minérale, substances toxiques.....	31
III.3.3.1. Les carences en vitamines.....	32

III.3.3.2. Les déséquilibres minéraux.....	33
III.3.4. Les substances toxiques.....	34
CHAPITRE 4 : INDUCTION ET SYNCHRONISATION DES CHALEURS CHEZ LA VACHE.....	36
IV.1. Méthodes de synchronisation.....	36
IV.1.1. Prostaglandine F2 α et ses analogues.....	37
IV.1.1.1. Principe.....	37
IV.1.1.2. Stratégie et résultats.....	38
IV.1.2. La GnRH.....	39
IV.1.2.1. Principe du Ovsynch.....	39
IV.1.2.2. Résultats.....	40
CHAPITRE 5 : NOTIONS DE SÉLECTION ET D'AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE.....	41
V.1. Amélioration génétique.....	41
V.1.1. Définition du choix des caractères à sélectionner.....	41
V.1.2. Étude des paramètres génétiques.....	41
V.1.2.1. Héritabilité (h ²).....	41
a. Définition.....	41
b. Méthodes de calcul.....	43
V.1.2.2. Répétabilité (P).....	45
V.1.2.3. La Corrélation (r).....	46
V.2. La sélection.....	46
V.2.1. Sélection naturelle.....	47
V.2.2. Sélection artificielle.....	47
V.2.3. Problèmes soulevés par la sélection.....	47
V.2.3.1. Suivant le caractère à sélectionner.....	47
V.2.3.2. Suivant le nombre de caractères à sélectionner.....	48
a. Sélection sur un seul caractère.....	48
b. Sélection sur plusieurs caractères.....	48
V.3. Les différentes méthodes de sélection.....	48
V.3.1. Sélection individuelle (massale).....	48
V.3.2. Sélection sur ascendance.....	48

V.3.3. Sélection sur collatéraux (Sib-test).....	48
V.3.4. Sélection sur descendance (Progeny-test).....	49
V.4. Indexation.....	50
V.5. Utilisation des reproducteurs.....	51
V.5.1. Définitions.....	51
V.5.1.1. Race.....	51
V.5.1.2. Variété, type, lignée, souche.....	51
V.5.2. Élevage en race pure.....	51
V.5.2.1. Race pure.....	51
V.5.3. Les croisements.....	52
V.5.3.1. Définitions.....	52
V.5.3.2. Objectifs.....	52
a. Les croisements à but génétique.....	52
b. Les croisements à but commercial.....	52
V.5.3.3. Les différents types de croisements.....	53
V.6. La Consanguinité.....	54
V.6.1. Définitions.....	54
V.6.2. Le coefficient de consanguinité (Fx).....	54
V.6.3. Quelques valeurs courantes.....	55
V.6.4. Avantages et inconvénients de la consanguinité.....	56
V.6.4.1. Avantages.....	56
V.6.4.2. Inconvénients.....	56
V.7. Anomalies génétiques.....	57
V.7.1. Définitions.....	57
V.7.2. Déterminisme génétique.....	58
V.7.2.1. Déterminisme autosomal récessif.....	58
V.7.2.2. Déterminisme autosomal dominant.....	58
V.7.2.3. Déterminisme liée au sexe.....	58
V.7.3. Anomalies génétiques parfois recherchées.....	58
V.7.3.1. Le caractère culard chez les bovins.....	58
V.7.4. Anomalies génétiques indésirables.....	60

V.7.4.1. Arachnomélie (Spinnengliedrigkeit) = Maladie à Articulation d'Araignée.....	60
V.8. Index de fertilité femelle.....	61
V.8.1. Fertilité.....	61
V.8.2. L'index fertilité de la vache.....	62
V.8.2.1. Paramètres d'index.....	62
a. NR56.....	63
b. Temps de retard.....	63
c. Temps de repos.....	63
d. IVV.....	63
ÉTUDE EXPÉRIMENTALE.....	65
I. OBJECTIF.....	65
II. MATÉRIELS & MÉTHODES.....	65
II.1. Lieu et période de l'étude.....	65
II.2. Matériels.....	66
II.2.1. Animaux étudiés.....	66
II.2.2. Médicaments.....	66
II.2.2.1. Estrumate® (Cloprostenol) Solution Injectable.....	66
II.2.2.2. Fertagyl® (Gonadolibérine) Solution Injectable.....	68
II.2.3. Semence utilisée pour l'insémination.....	70
II.2.4. Échographie.....	72
II.3. Méthodes.....	73
II.3.1. Méthodes et critères de sélection des animaux.....	73
II.3.1.1. Examen de l'état de santé général et détermination des BCS.....	73
II.3.1.2. Détermination de l'état du tractus génital des vaches.....	77
II.3.1.3. Détermination de l'état de cyclicité des vaches.....	78
II.3.1.4. Détermination des index sur ascendance.....	81
II.3.1.5. Estimation de la fertilité des vaches.....	83
II.3.2. Constitution des lots.....	84
II.3.3. Traitements hormonaux appliqués.....	85
II.3.3.1. Lots Témoins.....	85

II.3.3.2. Lots tests ou expérimentaux.....	85
II.3.4. Détection des chaleurs.....	86
II.3.5. Insémination artificielle.....	87
II.3.6. Diagnostic de gestation.....	89
II.3.6.1. Par examen échographique.....	89
II.3.6.2. Par palpation transrectale.....	91
II.3.7. Étude économique.....	92
II.3.8. Analyse statistique.....	92
III. RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	94
III.1. Délais de la mise en reproduction.....	94
III.2. Taux de cyclicité ovarienne avant traitement.....	95
III.3. Taux de gestation.....	96
III.3.1. Taux de gestation en fonction de la cyclicité.....	100
III.3.2. Taux de gestation selon la classe de fertilité.....	101
III.3.3. Taus de gestation selon le BCS corrigé.....	103
III.4. Intérêt économique du protocole Ovsynch.....	105
CONCLUSION.....	107
BIBLIOGRAPHIE.....	108

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Liste des figures

Figure 1 : Représentation schématique d'un ovaire de vache.	04
Figure 2 : Les vagues folliculaires chez la vache.	06
Figure 3 : Reprise du développement folliculaire chez la vache laitière post-partum.	20
Figure 4 : Induction de la lutéolyse après injection de PGF2 α chez la vache.	37
Figure 5 : Protocole Ovsynch chez la vache.	40
Figure 6 : Programme d'amélioration génétique en race Fleckvieh.	49
Figure 7 : L'hérédité d'un allèle d'individu consanguin.	54
Figure 8 : Schéma de pédigrée pour calcul de coefficient de consanguinité.	55
Figure 9 : Photo du taureau Fleckvieh BAMHARRY, au niveau du CNIAAG Algérie.	59
Figure 10 : Schéma de transmission génétique d'Arachnomélie.	60
Figure 11 : Photos de veaux arachnoléliens braunvieh et fleckvieh.	61
Figure 12 : Relation entre les différentes caractéristiques de l'intervalle vêlage-vêlage.	62
Figure 13 : Photo du taureau Fleckvieh Herbert.	70
Figure 14 : Photo du taureau Fleckvieh Weinbar.	71
Figure 15 : Photo du taureau Fleckvieh Rubi-ET (A).	71
Figure 16 : Photo de l'AGROSCAN A14.	72
Figure 17 : Indice de l'état de chair des bovins laitiers, notes de 1, 3, 5.	74
Figure 18 : Pointage de musculature de l'arrière train et du garrot chez les races Fleckvieh et Braunvieh.	75
Figure 19 : Pointage du caractère laitier chez la race Holstein.	76
Figure 20 : Arbre décisionnel gynécologique d'inclusion des vaches dans le protocole expérimental.	78
Figure 21 : Photo échographique d'un ovaire de la vache HERTA en activité pris avec AGROSCAN A14.....	80
Figure 22 : Exemple de certificat de pédigrée (génisse HERTA).	81
Figure 23 : Photo de la génisse Fleckvieh HERTA.	82
Figure 24 : Capture d'écran d'une page de la base de données génétique bovine autrichienne. ...	82
Figure 25 : Répartition sectorielle représente la constitution des lots.....	84

Figure 26 : Protocole des traitements appliqués aux lots témoins et expérimentaux.	86
Figure 27 : Diagnostic de gestation par examen échographie avec l'AGROSCAN A14 sur les vaches étudiées.....	89
Figure 28 : Cliché échographique d'un utérus de vache gestante au 53 ^{ème} jour.....	90
Figure 29 : Cliché échographique d'un utérus de vache vide.	91
Figure 30 : Diagnostic de gestation par exploration rectale.	91
Figure 31 : Répartition des vaches en selon leur cyclicité.....	96
Figure 32 : Résultats du diagnostic de gestation à 53 jours post IA dans les groupes Témoin et Expérimental.....	97
Figure 33 : Taux de gestation des deux lots pour chaque classe de fertilité.....	102
Figure 34 : Taux de diagnostic de gestation positif à 53 jours post IA selon le BCS corrigé.....	104

Liste des tableaux

Tableau I : Quelques exemples d'héritabilité chez les bovins.	44
Tableau II : Les différentes méthodes de sélection selon l'origine de l'information.	47
Tableau III : Valeurs de consanguinités selon le lien de parenté entre les deux parents.	55
Tableau IV : Effets de la dépression de consanguinité sur la production laitière, la matière grasse et la mortalité embryonnaire.....	57
Tableau V : Répartition des lots expérimentaux en fonction de la fertilité génétique.	85
Tableau VI : L'ensemble des actes facturés par vache qui ont été inclus dans l'étude.....	92
Tableau VII : Valeurs moyennes de l'intervalle vêlage - 1ère IA.....	94
Tableau VIII : Pourcentage des vaches cyclées incluses dans l'étude expérimentale.....	95
Tableau IX : Résultats du diagnostic échographique de gestation à 53 jours post IA.....	96
Tableau X : Taux de diagnostic de gestation positif à 53 jours post IA selon la cyclicité.....	100
Tableau XI : Taux de diagnostic de gestation positif à 53 jours post IA selon la classe de fertilité.....	101
Tableau XII : Taux de diagnostic de gestation positif à 53 jours post IA selon le BCS corrigé...	103
Tableau XIII : Démarche de calcul des frais d'IA et prix d'une gestation dans l'étude comparative Prostaglandine-Ovsynch.....	105

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AMPC : adénosine monophosphate cyclique

ARNm : acide ribonucléique messenger

BCS : body condition score

CD : coefficient de détermination

CNNIAG : centre d'insémination artificielle et d'amélioration génétique d'ALGÉRIE

EGF : epidermal growth factor

FGF : fibroblast growth factor

FSH : follicular secreting hormone

GH : growth hormon

GMQ : gain moyen quotidien

GnRH : gonadotropin releasing hormon

IGF-1 : insulin-like growth factor 1

IA : insémination artificielle

IV : intervalle vêlage

IV1^{ère} IA : intervalle vêlage 1^{ère} insémination artificielle

TR 2^{ème} IA : intervalle vêlage 2^{ème} insémination artificielle

IVIAF : intervalle vêlage insémination artificielle fécondante

IVV : intervalle vêlage-vêlage

LH : luteinising hormone

PAG : protéine associé à la gestation

PGE2 : prostaglandine E2

PGF2 α : prostaglandine F2 α

PSPb : (Pregnancy Specific Protein B) protéine spécifique de la gestation bovine

TB : taux butyreux

TGF- α et - β : transforming growth factor α et β

TP : taux protéique

TR 1^{ère} IA : taux de réussite en 1^{ère} insémination artificielle

TRT : traitement

I.A.T: insémination artificielle à temps fixe

INTRODUCTION

Quotidiennement et à des heures précises, des chaînes interminables se forment devant les points de vente pour s'approvisionner en lait pasteurisé conditionné, certains commerçants n'en délivrent que deux litres de lait par citoyen (Octobre/Novembre 2010). Cela pour dire que la pénurie se ressent plus particulièrement dans les villes où la demande est importante alors que l'offre reste insuffisante. En effet, la production nationale en lait demeure médiocre. Malgré les efforts consentis dans ce domaine, elle ne couvre que 50% des besoins du marché national qui s'élèvent en moyenne à 5 milliards de litres de lait par an. Et ce, à raison de 4 milliards de litres de consommation directe et de 1 milliard en produits laitiers.

Entre janvier et septembre 2010, les importations de lait de transformation, selon les derniers chiffres du ministère de l'Agriculture, ont atteint 161 306 tonnes. L'Algérie est le troisième importateur mondial de lait, après l'Italie et le Mexique.

Il est espéré à l'horizon 2014 une production de 3,2 milliards de litres, soit une augmentation de 1,3 milliard en cinq ans ; avec 300 000 vaches importées pour résorber la crise du lait.

En 2008, la production laitière de l'Algérie était de 1,6 milliard de litres de lait de vache, Cette production provient d'un effectif de vaches laitières de 893 000 têtes, dont 243 000 BLM (bovin laitier moderne), Cela s'inscrit dans le long terme, *qu'en est-il pour le présent ?* Il faut démarrer aujourd'hui pour arriver demain.

La race autrichienne « Fleckvieh » très prisée par les éleveurs, a vite été adoptée, car cette race possède toutes les caractéristiques recherchées. L'Algérie a ainsi importé entre 2000 et 2008, 15 000 bovins de cette même race (*LA TRIBUNE, 2010*).

L'importation des vaches de race améliorées dans le but, d'augmenter la production laitière en Algérie a montré ses limites. Les vaches importées sont en effets en dehors de leur zone de confort thermique une bonne partie de l'année, ce qui se solde par une réduction drastique de leurs performances et une sensibilité décuplée aux infections. Ces vaches sont éliminées de la production laitières souvent pour cette raison et pour d'autres moins objectives dès la 1^{ère} lactation ; ce qui limite la vie de productrice des vaches importées.

La mise à la reproduction de ces vaches s'accompagne d'un faible taux de réussite en 1^{ère} IA, qui ne dépasse pas les 48 %, et 30 % d'entre elles nécessitent 3 inséminations artificielles. La fécondité est elle aussi médiocre puisque l'intervalle vêlage vêlage (IVV) est allongé et l'objectif d'un veau/vache/an est loin d'être atteint. De plus, leur alimentation à base de concentré et d'un affouragement médiocre pénalise la fonction de reproduction au détriment de la production laitière (*SI SALEH, 2003*).

De plus, ces échecs répétés entraînent nécessairement une augmentation des charges de l'exploitation : coûts des inséminations supplémentaires, temps perdu à cause des échecs d'insémination, ou encore réforme d'animaux à performances réduites et difficulté de gestion des stocks d'aliments...

Les origines probables d'échec sont régulièrement expliquées par la difficulté de maîtrise du post-partum. Cette période est à risque pour la vache qui voit sa production laitière croître chaque jour et de la même façon ses besoins énergétiques alors que d'une part l'alimentation, aussi bien gérée soit-elle, ne peut subvenir à ces besoins et que d'autre part, cette période correspond à celle de la mise à la reproduction. De nombreux éléments viennent ensuite prendre part à cet édifice : le patrimoine génétique, la conduite d'élevage, le logement, la maîtrise sanitaire, sont autant de facteurs apportant leur contribution à une production optimale. Néanmoins, tous ces éléments sont articulés autour de la reproduction. C'est l'évènement majeur, sans lequel la vache ne peut donner naissance à son veau et par là même ne peut initier sa lactation (*DISENHAUS et al., 2005*).

L'imprécision et le labour des opérations de détection des chaleurs sont souvent certains des facteurs majeurs limitant les performances de reproduction. Différentes méthodes de synchronisation des chaleurs et d'induction de l'ovulation ont été proposées aux éleveurs pour surmonter cet écueil.

La sélection selon certains critères se fait toujours en élevage au détriment d'autres : la reproduction semble dès lors le facteur limitant de la croissance génétique de l'élevage laitier. La sélection des géniteurs sur des critères de qualité et de production laitière relègue les critères de reproduction à un

second plan, surtout lorsqu'on sait que, d'un point de vue génétique, le niveau de production est corrélé négativement avec la fertilité (**BULVESTRE, 2007**).

L'objectif de cette présente étude a été d'étudier l'intérêt d'un protocole de synchronisation de l'ovulation développé par Pursley et al (1997) comprenant deux injections de GnRH séparées par une injection de PGF2 α (protocole Ovsynch) dans l'amélioration des taux de gestation comparé à un protocole de synchronisation des chaleurs, basé sur une injection unique de PGF2 α .

Son efficacité a été étudiée selon l'état de cyclicité des vaches, de leur body condition score. Au cours de cette étude nous nous sommes également penchés sur l'efficacité de ce protocole dans l'amélioration des taux de gestation des vaches de faible fertilité génétique et celle arborant un BCS génétiquement dégradé, approche que nous osons croire novatrice en Algérie.

Pour ce faire ce manuscrit a été divisé en deux parties :

- La première sera consacrée à une revue bibliographique portant sur la physiologie de l'activité sexuelle de vache non gestante et en période *post partum*. Seront également abordés les facteurs de variation des performances de reproduction après vêlage, un chapitre sera consacré aux principales méthodes d'induction et de synchronisation des chaleurs et enfin les bases de sélection et d'amélioration génétiques seront rappelées.
- La seconde partie reprendra les matériels utilisés et les méthodes adoptées lors de notre étude expérimentale et présentera les résultats obtenus et les discutera.

ÉTUDE

BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I

PHYSIOLOGIE DE L'ACTIVITÉ SEXUELLE CHEZ LA VACHE NON GESTANTE

I. PHYSIOLOGIE DE L'ACTIVITÉ SEXUELLE CHEZ LA VACHE NON GESTANTE

I.1. RAPPELS

La vache non gestante possède une activité sexuelle à partir de la puberté : cette activité sexuelle se traduit par une succession d'événement précis se reproduisant à intervalles constants. Le cycle sexuel se traduit par des modifications qui se situent à trois niveaux :

- *Au niveau de l'ovaire* : le remaniement cyclique des éléments cellulaires du cortex ovarien constitue le cycle ovarien avec une production de gamètes lors de l'ovulation.
- *Au niveau comportemental* : l'œstrus est l'événement caractéristique du comportement sexuel de la vache ; le cycle œstral est l'intervalle qui sépare deux œstrus successifs.
- *Au niveau hormonal* : des sécrétions hormonales de l'hypothalamus, de l'hypophyse et de l'ovaire contrôlent la succession des événements du cycle (**BONNES et al., 1988**).

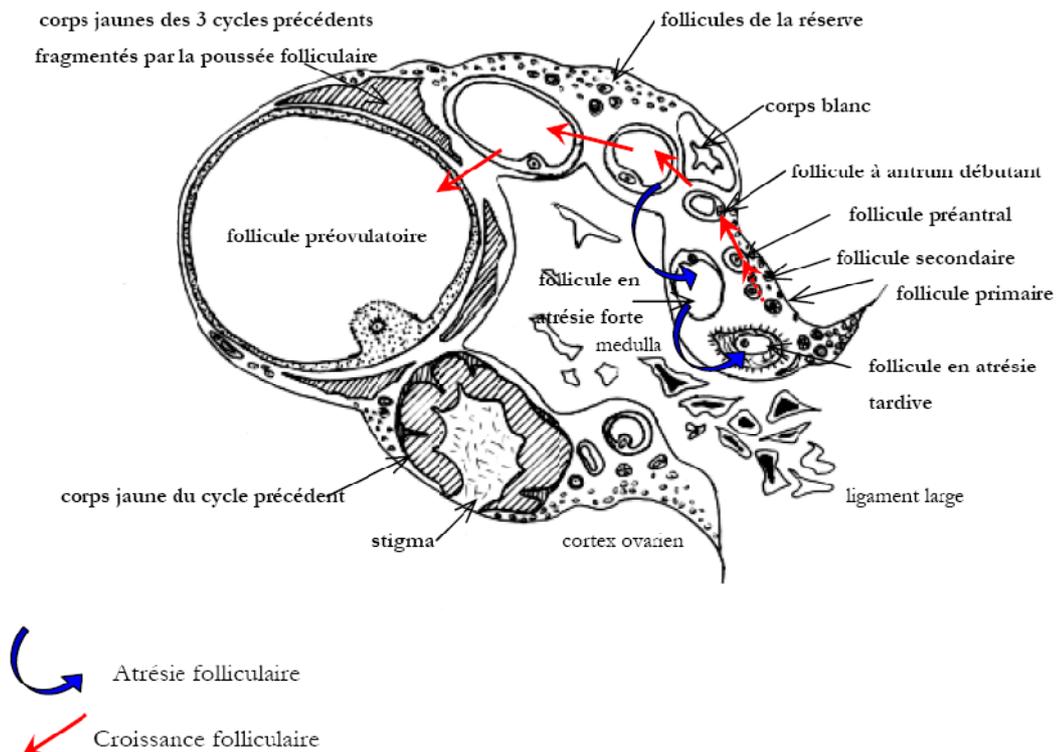


Figure 1 : Représentation schématique d'un ovaire de vache

(**TIRET & LEFRANÇOIS, 2002**).

L'ensemble des étapes de l'évolution d'un follicule au sein de l'ovaire, de la sortie de la réserve, à la régression du corps jaune sous forme de corps blanc, en passant par toutes les étapes de croissance folliculaire qui mènent à l'ovulation, sont rappelées dans la figure 1 ci-dessus.

I.2. FOLLICULOGENESE

I.2.1. Les phases de croissance folliculaire

Elles sont concomitantes de la croissance de l'ovocyte que le follicule contient. La folliculogénèse est la succession des différentes étapes du développement du follicule depuis le moment où il sort de la réserve jusqu'à l'ovulation ou, plus fréquemment, jusqu'à l'atrésie (*HANZEN et al., 2000*).

Selon leur morphologie et leur stade de développement, on parlera de follicules primordiaux, de follicules primaires et follicules secondaires pour les follicules pré-antraux, tandis que les termes de follicules tertiaires et follicule de De Graaf s'appliquent respectivement aux follicules cavitaires et au follicule mûr (Figure 1) (*TIRET & LEFRANÇOIS, 2002*).

Chez la vache laitière, les caractéristiques de la croissance folliculaire sont :

- Le parallélisme qui s'installe entre la croissance du follicule et l'acquisition de la compétence ovocytaire
- Le faible nombre de follicules qui parviendront jusqu'à ovulation.
- Sa durée : 5 mois en moyenne
- La notion des vagues selon laquelle le développement folliculaire évolue sous la forme de croissances et de régressions successives de plusieurs follicules (*CHASTANT-MAILLARD et al., 2005*).

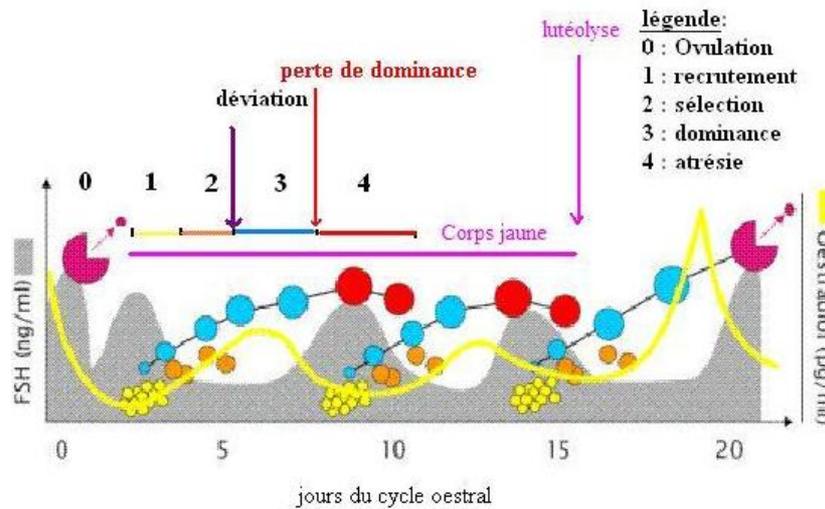


Figure 2 : Les vagues folliculaires chez la vache
(*CHASTANT-MAILLARD et al., 2005*).

Chaque vague émerge tous les 7 à 9 jours, de plusieurs follicules de diamètre égal ou supérieur à 5 mm parmi lesquels apparaît le follicule dominant. Chez la vache, habituellement, un cycle ne comporte que 2 à 3 vagues de croissance folliculaire (avec des extrêmes de 1 à 4). Chaque vague comporte un follicule dominant, mais seule la dernière vague générera un follicule ovulatoire. Si trois vagues sont observées, elles débutent en général aux jours 2, 9 et 16 du cycle; si celui-ci n'en comporte que deux, elles apparaissent aux jours 2 et 11 du cycle. Cette variation du nombre de vagues explique la variation de la longueur des cycles parfois observée (19,7 à 21,5 jours), les régulations en jeu impliquant des facteurs génétiques, nutritionnels ou paracrines (*DRION et al., 1998*).

Les modifications de la concentration en progestérone ont une double influence, sur la croissance folliculaire et le principe du développement par vagues (Figure 2). Ainsi, au cours du cycle, si la progestéronémie diminue alors que le follicule dominant est en phase de croissance, il ovule, et le cycle ne comporte que deux vagues. A l'inverse, si la progestéronémie se maintient à un niveau élevé après que le follicule dominant de la deuxième vague ait atteint sa taille maximale, il commence à régresser, et une troisième vague de croissance apparaît (*CHASTANT-MAILLARD et al., 2005*).

I.2.2. Régulation de la croissance folliculaire

A une phase de croissance folliculaire indépendante de la présence de gonadotropines endogènes succède une phase de croissance gonadotrope dépendante.

I.2.2.1. La phase gonadotrope indépendante

L'importance du pool de follicules primordiaux influence le nombre de follicules le quittant chaque jour. Ainsi, la diminution du stock de réserve avec l'âge est concomitante d'une baisse du nombre de follicules entamant chaque jour leur croissance (*FORTUNE et al., 1988*).

Les gonadotropines, et surtout le taux basal de FSH, semblent être davantage responsables de la régulation des capacités de synthèse et de régulation des cellules de la granulosa que de la croissance du follicule proprement dite bien qu'indispensable, en synergie avec d'autres facteurs (*FORTUNE, 1994*).

Facteurs de croissance

L'importance du Transforming Growth Factor α et β (TGF- α et - β), de l'Insulin-Like Growth factor 1 (IGF-1) et de l'Epidermal Growth Factor (EGF) est en fait dépendante du stade de l'évolution folliculaire. Ainsi, la possibilité pour les follicules de moins de 2 mm de diamètre d'évoluer en l'absence de gonadotropines suggère la plus grande dépendance de ces follicules vis-à-vis des facteurs intra-ovariens. Ces facteurs modulent la folliculogénèse et ont à la fois des effets stimulateurs et répresseurs sur la croissance et la différenciation des cellules de la granulosa (*FORTUNE, 1994*).

La présence des TGF- α et - β est démontrée dans la thèque du follicule. Alors que le TGF- α stimule la multiplication, la croissance et l'activité d'aromatase des cellules de la granulosa, le TGF- β , dont la présence simultanée est rapportée, exerce sur les mêmes cellules une action antagoniste. Les concentrations relatives de chacun de ces deux facteurs, au cours des différentes phases de croissance folliculaire, modulent les vitesses de prolifération des cellules de la granulosa (*KINN & SCHOMBERG, 1989*).

L'IGF-1 semble être un puissant inducteur de la prolifération des cellules de la granulosa chez le bovin et, par conséquent, un puissant stimulant de la croissance folliculaire. Son mode d'action conduit majoritairement à amplifier l'action des gonadotropines sur le follicule (*HAMMOUD et al., 1991*).

L'EGF, produit par les cellules de la thèque interne des follicules, présente une nature multifonctionnelle. Selon les informations endocrines et/ou micro-environnementales reçues, son action peut être stimulatrice ou inhibitrice pour la croissance, la différenciation ou certaines fonctions enzymatiques des cellules de la granulosa (*ROSE et al., 1991*).

I.2.2.2. Phase gonadotrope dépendante

A partir d'un diamètre de 4 mm, le développement des follicules passe d'une croissance de type continue à une croissance de type cyclique, dépendante des variations du taux des gonadotropines. La croissance folliculaire est le résultat d'interactions existant entre les hormones gonadotropes FSH et LH d'origine hypophysaire et les substances polypeptidiques présentes dans le follicule (inhibine, follistatine, activine). L'effet de ces substances est indirect : elles exercent une rétroaction négative sur l'hypophyse. Elles pourraient également exercer une action directe sur l'ovaire (*DRION et al., 1998*).

L'inhibine

Limiterait localement la conversion d'androgènes en œstrogènes, par action sur l'aromatase des cellules de la granulosa et inhiberait la sécrétion de FSH hypophysaire au niveau central. induit ainsi la régression des follicules antraux non dominants tout en permettant au follicule dominant lui-même d'évoluer (*HANZEN et al., 2000*).

L'activine

Régule de manière autocrine la différenciation des cellules de la granulosa en relation avec l'état de maturité du follicule. Elle contrôlerait également l'acquisition par ces cellules de récepteurs à la FSH., effet qu'elle peut exercer en l'absence de FSH (*FRANCHIMONT et al., 1987*).

La follistatine

Présente dans le liquide folliculaire bovin, elle est synthétisée par les cellules de la granulosa sous contrôle de la FSH, de l'activine et de l'état évolutif ou atrétique du follicule. Elle a une action autocrine sur la lutéinisation ou l'atrésie folliculaire par neutralisation des effets folliculaires de l'activine. Elle inhibe l'activité d'aromatation dans les cellules de la granulosa et favorise la synthèse de la progestérone (*FINDLAY, 1993*).

Influence de l'état physiologique : (Gestation et post-partum)

Pendant la gestation, la progestérone, les œstrogènes et les hormones placentaires agissent en synergie pour s'opposer à la sécrétion de gonadotropines. De même, après le part, l'allaitement et un bilan énergétique négatif inhibent l'axe hypothalamo-hypophyso-gonadique et retardent le moment du retour en chaleur, ce qui affecte la reprise de la dynamique folliculaire et de la cyclicité de la vache (*DRION et al., 1998*).

I.2.3. Régulation du nombre de follicules ovulatoires

Trois étapes sont responsables de ce tri folliculaire et, le mécanisme de développement folliculaire est associé à des changements dans l'expression des ARNm codant pour les récepteurs aux gonadotropines et pour les enzymes de la stéroïdogenèse. Seuls les follicules qui atteignent la taille adéquate en temps opportun poursuivent leur développement. C'est parmi eux que le follicule ovulatoire est désigné. Ces changements permettront au follicule recruté, une fois exposé à un environnement hormonal approprié, d'ovuler en réponse au pic préovulatoire de gonadotropines (*FORTUNE, 1993*).

I.2.3.1. Le recrutement

C'est l'entrée en croissance terminale et rapide d'une cohorte de follicules gonadodépendants (diamètre : 2 mm). Où seuls sont recrutés les follicules atteignant la bonne taille au bon moment. Le recrutement d'un nombre de follicules supérieur à celui nécessaire constitue en quelque sorte la garantie qu'au moins un follicule se trouve dans les conditions optimales de développement et de sensibilité à l'action de concentrations minimales de FSH. Le recrutement est provoqué par une augmentation transitoire des taux de FSH qui agit sur ces follicules en augmentant leur aptitude à aromatiser les androgènes en œstrogènes et à produire de l'inhibine (*DRIONCOURT et al., 1991*).

I.2.3.2. La sélection

En effet, le développement du groupe de follicules recrutés s'accompagne d'une augmentation de la production d'œstradiol, mais également d'inhibine. Ces deux hormones exercent un rétrocontrôle négatif sur la production hypophysaire de FSH. Cette sélection est secondaire à la réduction du taux de FSH qui avait initié le recrutement. Dès que la concentration en FSH

circulante devient inférieure à celle induisant le recrutement, les follicules recrutés entrent en atrophie, à l'exception du seul follicule sélectionné (*GINTHER, 2001*).

I.2.3.3. La dominance

Fait suite à la sélection. Elle est morphologique, c'est-à-dire qu'elle est exercée par le plus gros follicule présent sur l'un ou l'autre des ovaires, et fonctionnelle, parce que le follicule dominant est le seul qui soit capable de provoquer la régression de follicules en croissance ou d'inhiber la croissance d'autres follicules, et d'ovuler dans un environnement hormonal approprié. Bien que les taux circulants de FSH diminuent, le follicule dominant persiste car il a acquis un mécanisme d'autostimulation interne : l'œstradiol qu'il produit amplifie sa synthèse d'IGF-1 qui est normalement sous le contrôle de FSH. L'IGF-1 stimule à son tour l'aromatisation des androgènes en œstrogènes. De plus, l'acquisition par la granulosa de récepteurs à LH, associée à la sécrétion active de LH, contribue à maintenir une concentration élevée en AMPc dans les cellules folliculaires, facteurs favorables à la croissance du follicule dominant. La disparition du follicule dominant se traduirait par une nouvelle augmentation de l'hormone FSH ce qui permettrait aux seconds follicules de devenir dominants à leur tour (*DRION et al., 2000*).

I.2.4. La stéroïdogénèse folliculaire

La stéroïdogénèse est la synthèse, par les cellules de la thèque interne, des androgènes à partir du cholestérol sanguin, puis à leur aromatisation en œstrogènes par les cellules de la granulosa. La stéroïdogénèse est fortement compartimentée dans le follicule :

- La thèque interne, qui contient des récepteurs à LH, synthétise préférentiellement les androgènes. Ceux-ci diffusent au travers de la membrane de Slavjansky vers les cellules de la granulosa.
- Les androgènes sont alors aromatisés en œstrogènes par les cellules de la granulosa qui possèdent des récepteurs à FSH. Une collaboration est donc nécessaire pour produire des taux suffisants d'œstradiols. En effet, les équipements enzymatiques de ces deux tissus étant différents, chacun limitant les capacités de l'autre.
- A partir de la granulosa, les œstrogènes diffusent dans le liquide folliculaire et dans le compartiment vasculaire. Ils sont sécrétés de manière importante par les follicules antraux (effets périphériques et déroulement du cycle œstral). Le follicule mûr produit une concentration plasmatique de 12 pg/ml d'œstradiol chez la vache, cette concentration étant à l'origine de la décharge ovulatoire (*RICHARD et al., 1987*).

I.2.5. L'atrésie folliculaire :

L'atrésie joue indirectement un rôle important dans la régulation du taux d'ovulation. Elle peut se produire à n'importe quel moment de la folliculogénèse, et est contrôlée par un mécanisme de mort cellulaire programmée (*LOPEZ et al., 2005*).

I.2.5.1. Signes cytologiques et biochimiques

Pour les follicules de moins de 1 mm, l'atrésie conduit à une disparition rapide de l'ovocyte, suivie d'une rétraction rapide également des cellules de la granulosa puis d'une hypertrophie de la thèque interne.

- **Cytologiquement**, on peut aussi observer des processus dégénératifs (opacification) au niveau de l'ovocyte. La granulosa disparaît progressivement et le cumulus se dissocie. L'ovocyte dégénéré reste la dernière cellule identifiable.
- **Biochimiquement**, elle s'accompagne d'une augmentation des concentrations en enzymes lysosomiales et en glycosaminoglycanes ainsi que d'une diminution des concentrations en œstradiol (*SUNDERLAND et al., 1994*).

I.2.5.2. Modifications de la stéroïdogénèse

Dès le début de l'atrésie, la stéroïdogénèse est perturbée. Le follicule atrétique perd la capacité d'aromatiser les androgènes en œstrogènes. Il ne sécrète donc plus que des androgènes. La physiologie de la folliculogénèse et les facteurs impliqués constituent le prologue aux mécanismes de l'ovulation et à la mise en place du corps jaune dans la cavité folliculaire (*SUNDERLAND et al., 1994*).

I.3. L'OVULATION

Le follicule dominant acquiert la possibilité de répondre à un pic de gonadotropines (LH principalement) durant sa phase d'évolution terminale. Par ailleurs, un profond remaniement de sa structure permet l'expulsion d'un ovocyte mature, puis la formation d'un corps jaune (**IRELAND et ROCHE ,1982**).

I.3.1. Les mécanismes de l'ovulation

Les œstrogènes synthétisés par le follicule pré-ovulatoire, exercent une influence positive sur l'hypophyse qui produit une décharge de gonadotropines FSH et LH. Les premiers effets de l'augmentation des taux de FSH et de LH sont une augmentation de la vascularisation de l'ovaire. Dans les parois des capillaires apparaissent de nombreuses fenestrations qui laissent s'échapper du plasma et des cellules sanguines dans le follicule, ce qui provoque un œdème des couches de la thèque externe. Les cellules de la granulosa se détachent de la lame basale et arrêtent de se diviser. Le cumulus et la granulosa sécrètent des enzymes protéolytiques qui induisent la dissociation des fibres de collagène présentes dans la thèque, l'albuginée et l'épithélium ovarien au niveau de l'apex folliculaire (**LOPEZ et al., 2005**).

La compression de l'épithélium ovarien au niveau de l'apex induit une stase sanguine avec ischémie et nécrose de ses cellules qui libèrent alors leurs propres hydrolases. La rupture de la paroi folliculaire externe induit une chute brutale de la pression hydrostatique intra-folliculaire qui provoque une contraction des fibres musculaires lisses de la thèque externe. La combinaison de ces deux phénomènes expulse l'ovocyte entouré de sa *corona radiata* qui est recueilli par le pavillon de l'oviducte (**HANZEN et al., 2000**).

Parallèlement à tous ces événements et suite à la décharge de LH, l'ovocyte, libéré des influences inhibitrices de cellules de la granulosa, reprend sa méiose : il achève sa première division méiotique en éjectant le premier globule polaire et devient l'ovocyte II (arrêt en métaphase de seconde division méiotique). L'achèvement de la deuxième division méiotique est différé jusqu'à l'arrivée d'un spermatozoïde qui l'activera (**HANZEN et al., 2000**).

I.4. REGULATION DE LA SECRETION DE LH ET DE FSH

L'hormone LH est de plus en plus considérée comme indispensable (taux basal) pendant la phase de croissance folliculaire du cycle ovarien afin d'assurer la viabilité de l'ovocyte. En effet, tant durant la phase lutéale terminale que pendant la phase de croissance folliculaire, la présence de LH, à des taux modérés, et de FSH, à des taux plus élevés, permettent la croissance folliculaire et la maturation ovocytaire. Ce taux basal de LH est également impliqué dans le phénomène de reprise de la méiose ovocytaire (*LOPEZ et al., 2005*).

La progestérone

Lors de l'évolution terminale du follicule, la progestérone favorise durant quelques heures le phénomène de l'ovulation. En effet, le taux basal de progestérone associé aux œstrogènes présents en phase pro-œstrale entraîne le pic de gonadotropines nécessaire au déclenchement de la cascade d'évènements menant à l'ovulation (*ROCHE et IRELAND, 1998*).

L'inhibine

L'inhibine participe également à la régulation de l'ovulation en assurant, à l'inverse des œstrogènes du follicule mûr, une régulation négative sur l'axe hypothalamo-hypophysaire. Cette balance entre les différentes hormones circulantes pondère le mécanisme de l'ovulation en évitant le phénomène de super-ovulation qui irait à l'encontre de la physiologie ovarienne (*AKAGI et al., 1997*).

Les œstrogènes

En début de la croissance folliculaire les taux faibles d'œstrogènes circulant exercent un rétrocontrôle négatif sur l'axe hypothalamo-hypophysaire à l'inverse, en fin de croissance folliculaire, les taux élevés tendent à promouvoir la production de GnRH par l'hypothalamus, et donc la sécrétion de gonadotropines (feedback positif) (*HERATH, 2007*).

I.5. LE CORPS JAUNE

I.5.1. La formation du corps jaune

La mise en place d'un corps jaune fonctionnel dans les jours qui suivent l'ovulation implique d'importants remaniements morphologiques des structures folliculaires. Ainsi, la vascularisation rapide des couches cellulaires issues de la granulosa, à partir des vaisseaux qui irriguaient la thèque, est induite par l'activité angiogénique du fluide folliculaire. Elle est dépendante du FGF (Fibroblast Growth Factor), de l'IGF, du TGF- β , de l'activine, de l'inhibine et de la follistatine. Impliqués dans les proliférations locales (activité mitogénique) et les remodelages tissulaires, elle peut être invoquée pour la transformation lutéale d'un follicule rompu.

Le corps jaune est constitué de deux types de cellules stéroïdogènes : les grandes cellules (diamètre de 20 à 40 μ m) sont issues de la granulosa et les petites cellules (diamètre inférieur à 20 μ m) proviennent de la thèque interne (*DISENHAUS, 2004*).

I.5.2. Rôle et contrôle de la fonction lutéale

La principale hormone sécrétée par le corps jaune est la progestérone. Elle est issue de la transformation du cholestérol sanguin. La production de progestérone est quantitativement élevée par rapport au poids du tissu qui la produit : le corps jaune de la vache (5 à 6 g) synthétise environ 200 mg de progestérone par 24 heures (*GRIMARD et DISENHAUS, 2005*).

Chez la vache le corps jaune exerce une fonction essentielle dans la régulation du cycle œstral. Il joue en plus un rôle déterminant dans la mise en place et le maintien de la gestation.

I.5.2.1. Corps jaune cyclique

Qui régresse spontanément en l'absence de fécondation. Seul un petit amas, blanchâtre ou jaunâtre, conjonctivo-fibreux persiste sur l'ovaire et constitue le *corpus albicans* qui ne semble jouer aucun rôle physiologique. La chute de la progestéronémie en fin de cycle conditionne, directement ou indirectement, la sécrétion des gonadotropines hypophysaires dont dépendent la maturation folliculaire, l'ovulation et l'installation d'un nouveau cycle. Ce mécanisme d'action particulier de la progestérone a servi de base à la mise au point de nombreuses méthodes de synchronisation ou d'induction de l'œstrus chez les bovins.

Le corps jaune assure également la production d'autres hormones, l'ocytocine, qui intervient dans la lutéolyse cyclique, en synergie avec la prostaglandine F $_{2\alpha}$ et les œstrogènes folliculaires.

Deux systèmes complémentaires coordonnent l'initiation et la chronologie de la lutéolyse pendant le cycle : les œstrogènes synthétisés par le follicule dominant et l'ocytocine lutéale. L'utérus sécrète la prostaglandine F2•, une substance lutéolytique bien identifiée. Chez la vache, cette PGF2• induit une réduction rapide du flux sanguin irriguant le corps jaune. L'ischémie ainsi provoquée entraîne la mort rapide des cellules lutéales, donc une chute rapide de la production de progestérone. Par ailleurs, PGF2• induit un arrêt de la production d'AMPc LH dépendante dans les petites cellules lutéales et une réduction du nombre de grandes cellules lutéales par un effet cytotoxique, menant alors à une réduction de la stéroïdogénèse et à une chute rapide des taux de progestérone circulante (*FIENI et al., 1995*).

L'ocytocine, synthétisée par les grandes cellules du corps jaune en fin de phase lutéale chez les ruminants, participe à la libération de la prostaglandine endométriale par contraction active des fibres du myomètre. La libération de PGF2• stimule alors la libération d'ocytocine lutéale, ce qui constitue une véritable boucle catalytique qui précipite la lutéolyse. Les œstrogènes sécrétés par le follicule préovulatoire induisent la synthèse des récepteurs à ocytocine sur l'endomètre, renforçant ainsi l'efficacité de la lutéolyse initiée (*ENNUYER, 2000*).

I.5.2.2. Corps jaune gestatif (lorsqu'il assure le maintien de la gestation)

La progestérone intervient sur tous les tissus impliqués dans la régulation sexuelle de la femelle : elle inhibe l'ovulation, conditionne la descente de l'embryon par l'oviducte ; assure la préparation de l'utérus à la réception de l'embryon et à l'initiation de la gestation. Par cette adaptation de la muqueuse utérine et par l'inhibition de la contractilité du myomètre, elle constitue un facteur essentiel dans l'initiation et la régulation de la gravidité. Enfin elle modifie les caractères de la glande cervicale, provoque la mucification de l'épithélium vaginal et participe au développement de la glande mammaire.

La progestérone est nécessaire au maintien de la gestation, le placenta prend le relais du corps jaune pour sa synthèse ; et a lieu du 150^{ème} au 200^{ème} de gestation chez la vache.

Par ailleurs, des facteurs contrôlent la transformation du corps jaune cyclique en corps jaune gestatif et sont :

- L'hypophyse qui produit les hormones lutéotropes : LH et prolactine.
- Le conceptus qui inhibe la régression du corps jaune par la sécrétion d'une trophoblastine qui constitue, dans le langage courant, le signal embryonnaire, et lui permet de dépasser la

période critique d'émission du signal lutéolytique (17^e jour chez la vache). Le corps jaune cyclique devient ainsi gestatif (*LEDOUX et al., 2006*).

I.6. ACTIVITE LUTEOTROPE DE L'EMBRYON

Chez les ruminants, le maintien du corps jaune est assuré, d'une part, par une intervention de l'embryon qui bloque l'action lutéolytique de l'utérus en inhibant la synthèse de PGF2• et, d'autre part, par le maintien de l'action lutéotrope d'hormones hypophysaires telles la LH et la prolactine (*BONAMY et al., 1990*).

Parmi les principaux facteurs lutéotropes chez la vache : la prostaglandine E2 (PGE2) et la zygotine (Embryo Platelet Activating Factor). L'embryon bovin secrète des PGE2, il est capable d'orienter le métabolisme de l'acide arachidonique (précurseur des prostaglandines) par l'endomètre vers la production de PGE2 en diminuant celle de PGF2• (*LUKASZEWSKA et HANSEL, 1980*).

Une action anti-lutéolytique embryonnaire, par inhibition locale de l'action du PGF2• sous effet d'une trophoblastine bovine (appelé aussi Interféron-tau) est également décrite. Chez les bovins il faut attendre le 16^e jour pour que l'interféron-tau exerce son action anti-lutéolytique sur le corps jaune. L'arrêt de la production de cette protéine est induit au moment de l'implantation. En revanche la trophoblastine supprime ou au moins diminue la concentration de PGF2• dans la circulation utéro-ovarienne (*HELMER et al., 1989*).

Chez la vache, l'action de l'interféron-tau et de la PGE2 est renforcée et prolongée par d'autres facteurs d'origine trophoblastique tels que : PAG (protéine associée à la gestation) et la PSPb (protéine spécifique de la gestation bovine). Ces facteurs protégeraient les structures lutéales contre l'action lutéolytique des œstrogènes (*ROBERTS, 1989*).

CHAPITRE II

PHYSIOLOGIE SEXUELLE EN PÉRIODE POST-PARTUM CHEZ LA VACHE LAITIÈRE

II. PHYSIOLOGIE SEXUELLE EN PERIODE POST-PARTUM CHEZ LA VACHE LAITIERE

Chez la vache laitière, comme chez la vache allaitante, une période d'inactivité ovarienne suit le vêlage : on l'appelle l'anœstrus post-partum. Avant le vêlage, les taux élevés des œstrogènes fœtaux et de la progestérone maternelle et fœtale exercent un rétrocontrôle négatif sur l'axe hypothalamo-hypophysaire, réduisant ainsi l'activité ovarienne (*GRIMARD & DISENHAUS, 2005*).

II.1. L'ANŒSTRUS POST-PARTUM

L'anœstrus se caractérise par l'absence de manifestation de chaleurs en période de reproduction. Il est physiologique, mais peut devenir pathologique sur le plan économique s'il se prolonge de manière exagérée (*MIALOT et al., 1998*).

En général chez la vache laitière, l'anœstrus vrai, qui se caractérise par l'absence d'activité ovarienne et d'ovulation, reste une situation rare. En effet, la reprise d'activité ovarienne est rapide : l'intervalle vêlage-première ovulation est compris entre 15 et 31 jours chez les femelles laitières (*GRIMARD & DISENHAUS, 2005*). Et à 41 et à 60 jours post-partum, 72,6 et 86% respectivement des femelles sont cyclées (*MIALOT & CHASTANT, 2001*).

Parmi les animaux non observés en chaleur par l'éleveur, en fait 90% ont une activité cyclique (*MIALOT et al., 1998*), on parle alors dans cette situation de subœstrus.

Lors du post-partum, comme pour les génisses, la première ovulation est rarement accompagnée de manifestations œstrales, les pourcentages d'œstrus visibles augmentent lors des cycles ultérieurs et les premières phases lutéales sont plus courtes que lors de l'activité cyclique normale. Les mécanismes qui conduisent au rétablissement de l'activité sexuelle après le vêlage peuvent se résumer de la façon suivante :

- Modulation de la sécrétion de FSH ;
- Augmentation de la fréquence et de l'amplitude des pics de LH ;

- Reprise de la croissance des gros follicules;
- Rétablissement du rétrocontrôle positif des œstrogènes.

Chez la vache laitière, le premier follicule dominant apparaît entre 5 et 39 jours après le vêlage ; dans 75% des cas, il ovulera, 20% devenant kystiques et 5% subissant l'atrésie. En moyenne, la première ovulation apparaît vers le 25^e jour post-partum. A l'automne, l'intervalle entre le vêlage et l'apparition du premier follicule dominant est court (7 jours en moyenne) et il est suivi d'un cycle de longueur normale ; en revanche, cet intervalle est plus long au printemps (20 jours) et il est suivi d'un cycle court. Chez la vache allaitante, le premier follicule dominant apparaît également précocement mais seuls 10 à 20% ovuleront, il faut alors plusieurs vagues de croissance folliculaires pour aboutir à l'ovulation. L'intervalle vêlage-premier follicule dominant est plus long chez les primipares (43 jours) que chez les multipares (14 jours). Ainsi, l'anœstrus vrai que l'on rencontre fréquemment chez la vache allaitante à la suite d'un vêlage d'hiver est davantage lié à une absence d'ovulation du follicule dominant plutôt qu'à une absence de croissance folliculaire. Au cours de la gestation, les vagues de croissance folliculaires peuvent se poursuivre en particulier au début de la gestation, pendant les deux premiers mois, malgré l'inhibition de la sécrétion des hormones hypophysaires (*MIALOT et al., 2001*).

La durée de l'anœstrus post-partum est affectée par de nombreux facteurs environnementaux, génétiques, physiologiques et métaboliques mais également par l'involution utérine, le développement de follicules ovariens, les concentrations en hormones...(*HAFEZ et al., 2000*). De même que la balance énergétique pendant les 20 premiers jours de lactation est importante pour la survenue de l'activité ovarienne *post partum* (*BUTLER et al., 1981*).

II.2. REPRISE D'ACTIVITE SEXUELLE APRES LE VELAGE

II.2.1. Rétablissement de l'activité des gonadotrophines *post-partum*

La gestation est caractérisée par un fort taux d'œstrogènes et de progestérone circulants. Ces hormones exercent un rétrocontrôle négatif sur l'hypothalamus et l'hypophyse. Au vêlage, la diminution des concentrations de ces hormones lève l'inhibition exercée, la sécrétion de GnRH reprend alors (*THIBAUT & LEVASSEUR, 1991*).

La GnRH stimule la libération de FSH. Cette dernière est présente en quantité suffisante pour stimuler la croissance folliculaire très tôt après le vêlage, ce n'est donc pas un facteur limitant la reprise de l'activité ovarienne (*PETERS & LAMMING, 1986*).

La levée du rétrocontrôle négatif permet également la synthèse et la libération de LH, mais après le vêlage, la fréquence des pics de LH est faible. Il en résulte une faible production d'œstradiol par le follicule qui conduit à son atresie. Par conséquent, le facteur crucial déterminant le moment où se produit la première ovulation est l'obtention d'une fréquence de décharges de LH similaire à celle de la phase folliculaire du cycle (une décharge de LH par heure). La LH apparaît donc comme le principal facteur limitant la reprise de l'activité ovarienne (*PETERS et LAMMING, 1986*).

II.2.2. Reprise du développement folliculaire *post-partum*

Au début de la gestation, les vagues folliculaires persistent et elles ne disparaissent en général, que dans le dernier tiers de la gestation à cause de la haute concentration en progestérone. Après le vêlage, l'augmentation précoce de la FSH a pour conséquence l'apparition d'une cohorte de follicules moyens, aboutissant à la formation du premier follicule dominant entre le 5^{ème} et le 39^{ème} jour *post-partum* (*SAVIO et al., 1990*).

Son sort est déterminé par la fréquence des décharges de LH : si elle est élevée, l'ovulation a lieu (dans 75 % des cas). Dans 20 % des cas, il devient kystique. Il subit l'atresie dans les 5 % restants, un second follicule dominant se développant alors (*MIALOT et al., 2001*).

A la fin de la maturation folliculaire, lorsque la concentration en œstrogènes est suffisante, celle-ci induit le pic pré-ovulatoire de LH à l'origine de la première ovulation post-partum vers 14-25 jours en moyenne (*MIALOT et al., 2001*).

Cette première ovulation n'est généralement pas accompagnée de manifestations visibles de chaleurs (chaleurs silencieuses) (2 fois sur 3) (*ENNUYER, 2000*). Elle est le plus souvent suivie d'une phase lutéale courte (4 à 13 jours), caractérisée par des niveaux de progestérone inférieurs à ceux des cycles physiologiques, en raison d'une sécrétion plus précoce de PGF2• utérine (Figure 3) (*GRIMARD et DISENHAUS, 2005*).

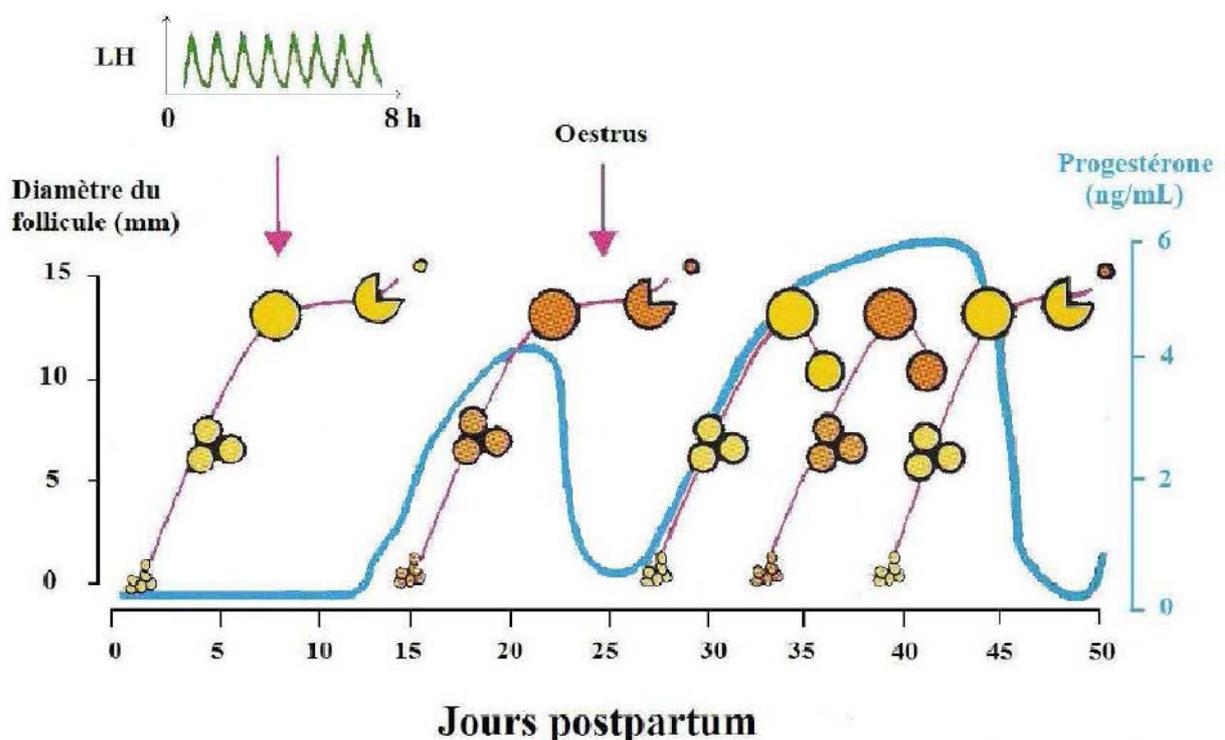


Figure 3 : Reprise du développement folliculaire chez la vache laitière post-partum (*ENNUYER, 2000*).

Le retour à une cyclicité normale semble nécessiter une imprégnation lutéale préalable de quelques jours. Une anomalie peut parfois être visible lors de la reprise de la cyclicité après le vêlage : une phase lutéale prolongée. On parle alors de corps jaune persistant qui sécrète de la progestérone pendant plus de 19 à 28 jours (*GRIMARD et DISENHAUS, 2005*).

CHAPITRE III

FACTEURS DE VARIATION DES PERFORMANCES

DE REPRODUCTION APRÈS VÊLAGE CHEZ LA VACHE

III. FACTEURS DE VARIATION DES PERFORMANCES DE REPRODUCTION APRÈS VÊLAGE CHEZ LA VACHE

Les facteurs de variation des performances de reproduction pendant la période du post-partum chez les bovins laitiers peuvent être liés aux caractéristiques mêmes de l'animal ou non, et ils sont alors appelés respectivement facteurs intrinsèques et extrinsèques. L'alimentation constituant un des postes les plus faciles à modifier en cas de besoin. De plus, ces facteurs peuvent présenter une action indirecte, par le biais d'une modification des manifestations comportementales liées à l'œstrus, ce dernier qui pourra alors subir une chute du taux de détection; ce phénomène entraîne donc une baisse des performances de reproduction (*BULVESTRE, 2007*).

III.1. FACTEURS INTRINSEQUES DE VARIATION DES PERFORMANCES DE REPRODUCTION

Les facteurs intrinsèques sont liés aux caractéristiques de l'animal et sont donc plus ou moins difficiles à maîtriser : certains sont inévitables et immuables pour chaque lactation (âge, rang de lactation, niveau génétique), et d'autres pourraient être évités ou, du moins, minimisés par des actions de maîtrise (difficultés de vêlage, pathologie du post-partum) (*BULVESTRE, 2007*).

III.1.1. Age et parité de l'animal

L'effet du numéro de lactation et de l'âge est important en troupeau bovin laitier. La tendance générale est à la diminution des performances de reproduction avec l'accroissement du rang de lactation :

- un numéro de lactation supérieur à 4 correspond à une dégradation nette de la fertilité en 1^{ère} et 2^{ème} insémination artificielle (IA). Car les vaches âgées ont une involution utérine plus lente, et sont donc plus prédisposées aux mérites en période post-partum (*SEEGERS et al., 2005*).
- Les primipares ont un retard moyen de 3 semaines pour la reprise de cyclicité par rapport aux multipares. Le taux d'anoœstrus plus élevé, généralement rapporté pour les primipares, pourrait être dû à leur plus grande sensibilité à la sous-nutrition. En effet, une capacité

d'ingestion restreinte et des besoins énergétiques élevés en début de lactation (besoins de production et de croissance) exposent les primipares à un déficit énergétique plus important que les multipares, ce qui est un facteur de risque de retard de reprise de cyclicité (*TOUZÉ et al., 2004*).

- La durée de l'œstrus est plus longue chez les multipares que chez les primipares et l'intensité des manifestations de l'œstrus augmentent avec le nombre de lactations. La détection des chaleurs est donc plus difficile chez les vaches primipares que chez les vaches multipares et cette différence devient de plus en plus marquée avec l'âge (*ORIHUELA, 2000*).

III.1.2. Poids et note d'état corporel

La note d'état corporel, mesurée en général sur une échelle de 1 à 5, est un bon indicateur de l'état nutritionnel des animaux. Sa mesure à différents moments du post-partum montre qu'elle est en relation avec la durée de l'anœstrus. Une note légèrement supérieure à la moyenne (3 sur 5) apparaît optimale pour obtenir des taux de cyclicité élevés. Cependant des poids au vêlage faibles ou des pertes d'état corporel importantes semblent associés aux retards de reprise de cyclicité (*FRERET et al., 2005*).

III.1.3. Difficultés de vêlage

Les vêlages difficiles, plus fréquents chez les primipares, influencent négativement le rétablissement de l'activité ovarienne et favorisent donc une baisse de fertilité. Une simple intervention manuelle au vêlage retarde l'observation des premières chaleurs ou de la première ovulation. De plus, les dystocies sont fréquemment associées au complexe rétention placentaire – retard d'involution – métrite qui provoque une dégradation des performances de reproduction (*OPSOMER, 2000*).

III.1.4. Pathologies du post-partum

De nombreux troubles de santé sont susceptibles d'affecter les performances de reproduction individuelles. Les facteurs de risque les plus communs associés à ce complexe peuvent être liés à l'appareil reproducteur : naissance gémellaire, mortinatalité, dystocie et rétention placentaire, ou concerner l'organisme dans son ensemble : âge de l'animal, fièvre de lait, cétose, déplacement de caillette (*LEWIS, 1997*).

Seegers (1998), confirme que les troubles de santé cités ci-dessous, dégradent les paramètres de reproduction en agissant sur l'IVIAF et TR 1^{ère} IA tels qu'un vêlage difficile, une rétention placentaire, une métrite chronique, une cétose clinique, une boiterie et une mammite clinique. Les vaches atteintes de troubles locomoteurs réalisent moins de tentatives de chevauchement pendant l'œstrus et ont un intervalle vêlage (IV) / 1^{ère} IA allongé.

III.1.5. Facteurs génétiques

Les différences entre races sont souvent évoquées comme facteurs de variation des performances de reproduction, et sont souvent confondues avec celles associées à des différences de niveau de production. Au niveau intra-racial, les valeurs d'héritabilité génétique obtenues sont extrêmement faibles pour les performances de reproductions. En revanche, une variabilité non négligeable existe, en particulier pour la fertilité. Cette variabilité ouvre des possibilités d'application en sélection, sous réserve qu'une bonne précision d'estimation de la valeur génétique soit atteinte (ce qui est envisageable chez les taureaux d'IA) et qu'il n'y ait pas de corrélations génétique défavorable avec les caractères majeurs de sélection (ce qui n'est pas le cas : corrélation négative entre fertilité et niveau de production laitière par exemple) (*SEEGERS, 1998*).

De plus, des variations dans l'intensité du comportement d'œstrus ont été rapportées entre vaches selon leurs issues, soit d'un même taureau. Ce dernier peut déterminer des affections à forte composante génétique de susceptibilité : maladie des ovaires kystiques par exemple, pour laquelle des valeurs plus élevées d'héritabilité ($h^2 = 0,12$) ont été rapportées (*ORIHUELA, 2000*).

III.1.6. Niveau de production

La sélection classique sur la quantité de lait aurait été responsable d'une dégradation non négligeable des performances de reproductions. Par ailleurs, plus le pic de production est élevé et plus il survient tardivement après le vêlage, plus il pénalise les TR 1^{ère} IA et TR 2^{ème} IA. Cependant, l'effet majeur d'interaction est sans doute celui du potentiel laitier de l'animal et de la conduite de l'alimentation qu'il reçoit. La principale composante de l'effet subsistant serait un allongement de l'IV 1^{ère} IA chez les primipares, alors qu'il s'agirait d'une réduction de la fertilité chez les multipares (*SEEGERS et al., 2005*).

Le taux butyreux (TB) semble être aussi associé des variations de la fertilité. Différentes études rapportent que les meilleurs résultats de reproduction sont observés pour les vaches produisant les plus faibles quantités de matières grasses. Il s'agit vraisemblablement de la traduction de situations de mobilisation des réserves corporelles. Le rapport TP/TB influence donc les performances de reproduction : plus il est faible, c'est-à-dire TP diminué et TB augmenté, plus les taux de réussite en 1^{ère} et 2^{ème} IA seront dégradés (*SEEGERS et al., 2005*).

III.1.7. L'allaitement

Après le part, l'allaitement et un bilan énergétique négatif inhibent l'axe hypothalamus-hypophyso-gonadique et retardent le moment du retour en chaleur, ce qui affecte la reprise de la dynamique folliculaire et de la cyclicité de la vache. Basée sur la détection des manifestations comportementales de l'œstrus, la durée de l'anœstrus post-partum est comprise entre 20 et 70 jours chez la vache laitière bien que la reprise de la croissance folliculaire survienne bien avant (*DRION et al., 1998*).

La reprise de l'activité ovarienne est retardée chez les vaches qui allaitent leur veau par rapport aux vaches qui sont traites. Les vaches allaitantes ne sont cyclées en moyenne que 60 jours après vêlage. La tétée joue un rôle essentiel pour retarder la reprise de cyclicité suite à une inhibition de la sécrétion de LH en relation avec les peptides opioïdes endogènes (*MIALOT et al., 2001*).

III.2. FACTEURS EXTRINSEQUES DE VARIATION DES PERFORMANCES DE REPRODUCTION, HORS ALIMENTATION

III.2.1. Conduite de la reproduction

III.2.1.1. Délai de mise à la reproduction

L'effet de l'IV-1^{ère} IA sur l'IV-IA fécondante est implicite, sa traduction est cependant variable en fonction de la réussite aux IA et des intervalles entre les IA (détection des chaleurs, mortalité embryonnaire). L'effet défavorable, en bilan sur l'IVV, d'IA trop précoces n'existerait qu'en dessous de 50 jours, et commencer à inséminer dès ce stade permettrait d'obtenir les IVV les plus courts y compris chez les fortes productrices. En effet, le gain de fertilité potentiel consécutif au retard de la 1^{ère} IA ne compense pas l'allongement de l'intervalle vêlage-fécondation qui en résulte (*SEEGERS, 1998*).

Les IA précoces ont également un effet sur les anomalies de reprise de cyclicité ainsi : les vaches qui reprenaient une cyclicité avant 19 jours ont un risque plus élevé de présenter une phase lutéale prolongée (*OPSOMER, 2000*).

Lecouteux (2005), montre que 50 % des vaches présentant une phase lutéale prolongée ont une activité lutéale avant 20 jours post-partum, contre 28,7 % pour les vaches à profil normal et que la reprise de la synthèse de progestérone est plus précoce chez les animaux qui présentent une phase lutéale prolongée que chez les vaches à profil normal. Ceci confirme l'hypothèse selon laquelle, si l'ovulation a lieu précocement, avant involution complète de l'utérus, les vaches ont plus de risque de développer une phase lutéale prolongée, éventuellement associée à une métrite.

III.2.1.2. Détection des chaleurs

La détection des chaleurs affecte les critères de fécondité et de fertilité. Elle est l'un des facteurs majeurs responsables des variations des performances de reproduction et serait insuffisante dans au moins un tiers des troupeaux laitiers. Les recommandations classiques de trois périodes de détection de 20 minutes chacune, ne seraient que peu appliquées par les éleveurs et jusqu'à un tiers des vaches inséminées ne seraient pas en chaleurs (*FRERET et al., 2006*).

De plus, il est important de noter que, pour les vaches présentant une anomalie de reprise de cyclicité, la détection est rendue plus difficile du fait de l'inutilité des plannings de reproduction

(chaleurs imprévisibles). Le nombre de chaleurs détectées varie alors selon le profil de reprise de cyclicité observé (*FRERET et al., 2005*).

Cependant, les effets liés à l'alimentation et aux forts niveaux de production, même en utilisant des plannings bien tenus et en mettant en œuvre de très bonnes conditions de détection, l'efficacité effective est dépendante de l'intensité de l'expression de l'œstrus par les vaches (œstrus de durée limitée, signes discrets, manifestations nocturnes plus que diurnes...). La prise en compte, en plus des chevauchements et/ou des acceptations du chevauchement, des signes secondaires associés à l'œstrus, mais de moindre spécificité, est donc indispensable. Ces signes secondaires peuvent être les suivants : perte de mucus vaginal, énervement/suractivité permanente, refus du chevauchement, renflement de la vulve d'une autre vache (*SEEGERS, 1998*).

En cas de problème d'efficacité de détection insuffisante, l'accroissement du temps de surveillance supplémentaire est, en général, la solution la moins coûteuse. Mais il est sans doute préférable de recourir aux traitements de maîtrise de l'œstrus, qui seraient plus intéressants que les dispositifs révélateurs de chevauchement (coût élevé, ne résolvent pas le problème de l'expression des chaleurs) (*FRERET et al., 2005*).

III.2.1.3. Moment et technique d'IA

Les meilleurs résultats de reproduction sont obtenus avec une insémination artificielle réalisée entre le milieu des chaleurs et 6 heures après leur fin. Mais, en conditions d'élevage, la règle s'appliquera à des vaches dont les chaleurs peuvent avoir commencé bien plus tôt (*SEEGERS, 1998*). Et que la période la plus propice à l'insémination était l'intervalle entre 12h et 22h (*FRERET et al., 2006*). Ces derniers mentionnent que les variations imputables à la technique d'IA sont surtout liées au non-respect du protocole de décongélation de la semence avant mise en place et de celui de mise en place proprement dite, voire exceptionnellement à la conservation, et les résultats sont meilleurs lorsque la contention est jugée bonne contre une mauvaise, et lorsque le passage du col est jugé facile contre difficile. Il faut aussi mentionner le stress subi par les animaux le jour de l'IA dont notamment le maintien à l'attache et/ou la séparation du reste du troupeau.

III.2.2. Présence du taureau

Dans des conditions hivernales de stabulation on ne constate aucun effet favorable de la présence d'un mâle. L'effet positif de la présence de mâles sur l'apparition de la cyclicité est observé essentiellement chez des femelles allaitantes en pâturage. Dans l'étude où les vaches laitières en stabulation libre, sont exposées au taureau (ponctuellement 2 fois par jour ou en continu) montraient même une augmentation du délai de reprise de cyclicité par rapport aux vaches non exposées. L'effet majeur de la présence de mâles serait dû à une meilleure expression des chaleurs, et donc une détection plus facile (*SHIPKA et ELLIS, 1999*).

III.2.3. Logement et environnement

La stabulation entravée est associée à de moins bons résultats de reproduction, notamment en raison d'une détection des chaleurs plus difficile et plus tardive (absence de l'activité motrice). Ainsi que les sols des aires de stabulation libre, s'ils sont glissants et recouverts en permanence de lisier, sont associés à une réduction des tentatives de chevauchement. Il en est de même avec les sols durs (béton) comparativement aux sols stabilisés ou recouverts de litière (*ORIHUELA, 2000*).

Le principal facteur d'ambiance responsable de dégradations des performances de reproduction est la température ambiante. La température critique supérieure de la vache durant le premier tiers de la lactation est située vers 24-27°C (30°C pour certains). Pour des températures ambiantes supérieures ou très faibles, la durée et l'intensité de l'œstrus sont diminuées. L'effet de l'humidité excessive est aussi d'ordre thermique. La faible luminosité jouerait également un rôle défavorable (*SEEGERS, 1998*).

III.2.4. Saison

En fait, les effets de la saison sur les performances de reproduction correspondent en fait à des différences de conduite ou à des effets climatiques, plus ou moins répétables entre exploitations et années. De plus, la saison (de vêlage ou d'IA) doit probablement davantage être considérée comme une conséquence que comme un facteur de risque. Au début du printemps, les chaleurs sont moins facilement observables, elles ne se remanifestent clairement que quelques semaines après la

mise à l'herbe (effet de la sous-alimentation ou de l'excès d'azote soluble, stress, activité physique) (*SEEGERS, 1998*).

III.2.5. Troupeau et exploitation

L'importance relative des effets « troupeau » qui résument les conditions de milieu communes à tous les animaux. A 60 jours post-partum, les taux de cyclicité varient de 0 à 100% suivant les troupeaux. Ces effets sont généralement difficiles à expliquer car les facteurs liés au troupeau ont des effets beaucoup moins importants que les facteurs individuels ; en fait, ils cumulent ce qui n'est pas mesuré : l'alimentation, le logement et la conduite d'élevage (détection des chaleurs et pratiques d'insémination), ainsi que, parfois, l'état sanitaire global de l'exploitation (*SEEGERS, 1998*).

Les effets " Taille du troupeau " sont décrits comme variables, avec une tendance majoritaire à la dégradation des performances avec l'accroissement de la taille du troupeau. Suite à une moins bonne surveillance de détection des chaleurs, un moins bon ajustement individuel du rationnement et, souvent, un accroissement du niveau de production. En revanche, la détection des chaleurs est en principe facilitée par le fait que, dans les lots plus importants, plus de vaches sont en œstrus simultanément (notion de SAG - sexually active group- : meilleure accessibilité de partenaires et stimulation sexuelle lorsque plusieurs animaux en chaleurs). De plus, la technicité et les réactions en cas de problème sont en général plus efficaces dans les troupeaux à effectifs élevés (*FRERET et al., 2005*).

III.3. FACTEURS NUTRITIONNELS DE VARIATION DES PERFORMANCES DE REPRODUCTION

Parmi les causes d'infertilité chez les vaches laitières, l'alimentation occupe une place importante et on remarque qu'à peu près tous les déséquilibres alimentaires ont été invoqués dans la genèse de troubles de la reproduction. Parmi ces anomalies de rationnement, le rôle de l'alimentation énergétique est dominant dans le risque d'infertilité bovine, mais les excès azotés et les mauvaises conduites de l'alimentation minérale et vitaminique sont aussi fréquemment mis en cause (*ORIHUELA, 2000*).

III.3.1. Niveau énergétique de la ration en post-partum

Les déficits énergétiques après vêlage sont fréquents chez la vache laitière, et, avec les niveaux génétiques actuels en élevages, systématiques et inévitables. Ils tiennent, physiologiquement, à une capacité d'ingestion qui augmente beaucoup moins vite que les besoins, et à une aptitude des vaches à bon potentiel génétique à donner la priorité à la production laitière par rapport à leurs réserves corporelles. Cette priorité est, au plan hormonal, la traduction d'une forte sécrétion d'hormone de croissance (GH) et d'une insulïnémie faible (*FOURRICHON et al., 2001*).

III.3.1.1. Mode d'action du déficit énergétique

Le mode d'action du déficit énergétique sur les performances de reproduction n'est actuellement pas complètement connu. Les IGF sont synthétisés par le foie sous stimulation de la GH, sauf en cas de déficit énergétique. Ainsi, en début de lactation, la forte sécrétion de GH ne s'accompagne pas d'une forte sécrétion d'IGF. Les concentrations plasmatiques d'IGF-1 ont été significativement plus élevées chez les vaches fertiles (gestantes après 1 ou 2 IA) que chez les vaches infertiles (3 IA ou plus) (*GRIMARD et al., 2005*).

Butler (2000), a également constaté une diminution de la sécrétion de GnRH par l'hypothalamus et de LH par l'hypophyse, et surtout une baisse de la pulsativité de la sécrétion de LH, plus importante que la baisse du niveau de sécrétion. Ce qui entraîne : un ralentissement de la croissance folliculaire donc un retard d'ovulation ; une faible sécrétion de progestérone par le corps jaune et donc une chute du taux de réussite en 1^{ère} IA. Durant les 2 à 3 premiers cycles ovariens postpartum, le niveau de progestérone plasmatique est réduit suite au déficit énergétique, et une chute de la progestérone circulante peut même être observée au troisième cycle lorsque le déficit est particulièrement marqué dans les 10 premiers jours post-partum.

III.3.1.2. Appréciation du déficit énergétique

Le contrôle des rations ne suffit pas à apprécier au niveau individuel les déficits subis, dans la mesure où la variabilité inter-individus du niveau de consommation de fourrages est très forte en

post-partum. La méthode la plus sûre pour apprécier les déficits subis est la notation de l'état corporel de chaque animal (Body Condition Score de 1 à 5). Et que les critères biochimiques utilisés pour la quantification des pertes de poids sont ceux qui permettent aussi de déceler des cétooses sub-cliniques ((glucose, insuline, IGF-1). le taux d'acétone du lait ou le taux de corps cétoniques urinaire ou du lait sont de bons indicateurs du déficit énergétique, et sont en relation avec les critères de fertilité (*ANDERSSON, 1988*).

III.3.1.3. Conséquences d'un déficit énergétique sur les performances de reproduction

Les déficits énergétiques sont la règle pendant les 6 à 12 premières semaines de lactation chez les vaches produisant plus de 6000 kg de lait par lactation, suivie par une détérioration des performances de reproduction lorsque la perte d'état corporel s'accroît. Les vaches laitières présentant une perte d'état corporel supérieure à 1 point ont un risque accru de souffrir d'infertilité, avec des taux de réussite à l'insémination variant de 17 à 38% selon les études (*BUTLER, 2000*).

Déficit énergétique et retard de chaleurs

Suite aux modifications des sécrétions hypothalamo-hypophysaires, les premières chaleurs, ont tendance à être retardées chez les vaches en bilan énergétique négatif, et on note un fort taux de chaleurs silencieuses. Cependant, lorsque les chaleurs sont observables, leur expression comportementale est comparable en durée et en intensité à celle de vaches à bilan énergétique positif (*SPICER et al., 1990*).

Déficit énergétique et première insémination

Par ailleurs, lors de stéatose, la diminution d'activité hépatique entraîne une augmentation de l'IVV par retard des premières chaleurs et diminution du taux de réussite en 1ère IA. Ce dernier est dû à une moindre sécrétion de progestérone par le corps jaune après les premières ovulations, liée à la baisse de sensibilité du corps jaune à la LH voir à une lutéolyse précoce, pourrait entraîner des risques de mortalité embryonnaire. Cependant, dans la majorité des cas, le déficit énergétique n'existe plus lorsque la gestation commence (*ANDERSSON, 1988 ; SPICER et al., 1990*).

III.3.2. Niveau azoté de la ration en post-partum

III.3.2.1. Les excès azotés

Les excès azotés ont des effets défavorables sur les performances de reproduction des vaches laitières, en particulier lorsque ces excès ont lieu pendant les périodes d'insémination. La nature des matières azotées en excédent a une importance capitale. De façon générale, les excès d'azote dégradable (azote non protéique, tourteaux riches en azote soluble, ensilages d'herbe) sont les plus préjudiciables, suite à l'effet délétère des fortes urémies sur la fertilité (*FERGUSON, 1991*). Enjalbert (1994), considère qu'un excès de 100 g de matières azotées dégradables entraîne une baisse de 2,7 % du taux de réussite à l'IA. Ce dernier peuvent être jusqu'à 3 fois moins bons pour les vaches en hyper-urémie (urémie : 0,2 g/l de sang).

Butler (1998), a constaté contrairement à ce qui est observé lors de déficit énergétique, que l'effet des excès protéiques n'est pas lié à une insuffisance de GnRH. En outre, les excès azotés n'ont pas d'effet direct sur l'axe hypothalamo-hypophysaire, mais ont des effets métaboliques ; la nécessité de les détoxifier augmente le déficit énergétique. En effet, la consommation d'énergie par le foie s'accroît pour la synthèse d'urée, processus prioritaire puisque destiné à éliminer l'ammoniac, très toxique, absorbé par la muqueuse ruminale. Cet effet peut être plus manifeste sur des vaches en première lactation, en raison des besoins de croissance supplémentaires de ce type d'animaux. L'urée et l'ammoniac sont des substances toxiques Elles altèrent aussi les fonctions endocrines, et le fonctionnement du corps jaune, ce qui pourrait être à l'origine de la baisse de progestéronémie. En outre, l'urée entraîne une diminution du pH utérin affectant la survie des spermatozoïdes et possède un effet cytotoxique potentiel sur les spermatozoïdes et l'ovocyte, voire sur l'embryon, pouvant entraîner un allongement de l'intervalle entre chaleurs. Ceci pourrait expliquer la baisse du taux de réussite à l'IA et les mortalités embryonnaires.

III.3.3. Alimentation vitaminique et minérale, substances toxiques

D'un point de vue général, toutes les vitamines et les minéraux essentiels sont nécessaires à une bonne conduite de la reproduction en raison de leurs rôles dans le métabolisme, l'entretien et la croissance cellulaire. Néanmoins, ces nutriments ont aussi des fonctions spécifiques au sein des tissus de l'organe reproducteur et de ces fonctions (*BULVESTRE, 2007*).

III.3.3.1. Les carences en vitamines

La carence en vitamine A est le déficit vitaminique le plus souvent rapporté en élevage bovin laitier. La vitamine A conditionne la synthèse protéique avec des répercussions sur l'intégrité des épithéliums, les sécrétions hormonales et l'immunité. Dans le corps jaune, elle participe aux phénomènes d'activation de la synthèse de progestérone. Chez la vache laitière, la vitamine A agit principalement à trois niveaux : les corticosurrénales, l'hypophyse et l'appareil génital. Lors de carence en vitamine A, les follicules peuvent devenir atrésiques ou persistants. La lutéolyse peut également être modifiée et le cycle perturbé. Dans le troupeau, on constate alors un allongement de l'IVV, un nombre élevé d'inséminations par fécondation et des taux de conception réduits

(*MEYER et al., 1975*).

Mais les principaux troubles liés à une carence en vitamine A surviennent après la fécondation, et particulièrement en fin de gestation : le déficit aboutit également à une réduction de taille du placenta et à des troubles de la nidation pouvant entraîner de la mortalité embryonnaire ou des avortements. Si la gestation se poursuit, les veaux souffrent à la naissance de diverses malformations : veaux faibles ou aveugles (*HURLEY et DOANE, 1989*).

Le •-carotène

Le •-carotène est un précurseur connu de la vitamine A, transformé dans de nombreux types cellulaires : entérocytes, hépatocytes et glande mammaire chez les vaches en lactation (*NOZIERE et al., 2006*). Gossen & Hoedemaker (2005), ont montré que le taux plasmatique de •-carotène n'influe pas sur le délai de reprise de la cyclicité post-partum. Lotthammer et al (1976), révèlent que la complémentation en •-carotène modifie la durée et l'intensité des chaleurs, ainsi que l'intervalle entre chaleurs chez les génisses laitières. Les observations cliniques et gynécologiques qualitatives montrent également que la tonicité utérine, l'intensité de l'expression des chaleurs et la quantité de glaires vaginales sont significativement diminuées chez les animaux carencés.

Un apport insuffisant de •-carotène dans la ration chez les vaches multipares peut provoquer une expression des chaleurs de faible intensité et de durée prolongée, ce qui rend le moment optimal d'insémination particulièrement difficile à déceler (*LOTTHAMMER, 1978*).

Une complémentation en •-carotène permettrait donc de réduire la période de pertes liées aux échecs d'insémination (*BINDAS et al., 1984*), de même qu'une carence entraînerait des taux de conception faibles (*MEYER et al., 1975*).

III.3.3.2. Les déséquilibres minéraux

Le métabolisme minéral dépend en grande partie de l'équilibre énergie/azote/fibres. La fertilité peut être diminuée non seulement par une carence, mais aussi par un excès. Toutefois, les effets néfastes d'un excès sont beaucoup plus faibles que ceux d'une sous-alimentation, de sorte que l'apport raisonné d'un supplément permet en général de protéger l'animal contre une carence (*BULVESTRE, 2007*).

Les minéraux majeurs

Le calcium

Le calcium est impliqué dans le contrôle de nombreux processus cellulaires : parmi eux les fonctions sécrétoires des cellules et assemblage de microtubules. De plus, des mécanismes calcium-dépendants sont impliqués dans la synthèse des hormones stéroïdiennes par les glandes surrénales, les ovaires ou le placenta, et dans la stimulation par la GnRH de la décharge du LH par les cellules hypophysaires. Le calcium possède un autre rôle dans la stéroïdogénèse : il influence l'apport et/ou l'utilisation du cholestérol par les mitochondries et stimule la conversion de la prégnénolone en progestérone (*COCKWILL et al., 2000*).

Les carences en calcium en fin de gestation sont impliquées dans les dystocies, les rétentions placentaires et donc les retards d'involution utérine et les métrites, ainsi que dans les prolapsus utérins (*COCKWILL et al., 2000*).

De même, un excès prolongé de calcium diminue l'absorption de phosphore et peut même conduire à des pertes de phosphore endogène. Les troubles de la fertilité sont alors probablement davantage liés à une carence en phosphore ou en oligo-éléments qu'à l'excès de calcium (*ENJALBERT, 1994*).

Phosphore

En dehors de l'influence du rapport Ca/P sur les performances de reproduction et de son interaction avec la vitamine D, le phosphore possède un effet propre. Il est souvent associé à des anomalies de la reproduction chez les vaches laitières, même si l'infertilité due à un déficit en phosphore ne se manifeste habituellement que lorsque les autres signes de carence sont déjà apparents.

Les manifestations classiques d'un déficit en phosphore sur la reproduction consistent majoritairement en une altération de l'œstrus : taux de conception diminués, chaleurs irrégulières, anœstrus, activité ovarienne réduite, kystes folliculaires et dépression généralisée de la fertilité (*ENJALBERT, 1994*).

Sodium et potassium

Les symptômes d'une carence en sodium n'apparaissent qu'après plusieurs mois d'apport insuffisant. Dans le cas d'une carence prolongée, la fertilité est diminuée parallèlement à une baisse d'ingestion d'aliment, de croissance et de production laitière. Et un excès de NaCl peut donc conduire à une baisse de l'ingestion minérale et à donc des troubles similaires à ceux provoqués par une carence en un autre minéral (*COCKWILL et al., 2000*).

Un excès de potassium a un effet néfaste sur l'absorption du magnésium et le métabolisme du sodium. On observe alors une dégradation des performances de reproduction, et surtout de la fertilité (*FERGUSON, 1991*).

Les oligo-éléments

Cuivre

Les carences en cuivre entraînent des diminutions de l'activité ovarienne avec baisse du taux de réussite à l'IA, des mortalités embryonnaires précoces et des avortements, voire des difficultés de vêlage et des rétentions placentaires. L'efficacité du cuivre est réduite lorsque d'autres minéraux (fer, calcium, zinc, et molybdène) sont en excès, ou en présence d'agents réducteurs forts. Des complémentations associant le cuivre au cobalt ou au magnésium ont permis d'améliorer le taux de gestation et la fertilité (*HURLEY & DOANE, 1989*).

III.3.4. Les substances toxiques

Le nombre de substances toxiques que peut contenir la ration des vaches laitières est très important, les plus fréquemment retrouvées : les mycotoxines dans les aliments des ruminants, en particulier les ensilages, n'ont pas été mise en cause dans les troubles de la reproduction. En particulier, la zéaralénone, toxine œstrogénique produite par *Fusarium spp*, est très peu active chez

les ruminants. Une allergie à des *Candida* peut être mise en cause dans certaines baisses de fertilité (*JAMES et al., 1992*).

Les plantes toxiques peuvent représenter un risque plus important. Les troubles dus aux phyto-œstrogènes ont surtout été observés sur des petits ruminants consommant du trèfle souterrain, mais aussi des luzernes contaminées par un champignon, *Pseudopezzia medicaginis*. Par contre l'ingestion chez le vache de plante (lupins et tabac) entraînent des anomalies congénitales (fente palatine) (*JAMES et al., 1992*).

CHAPITRE IV

INDUCTION ET SYNCHRONISATION DES CHALEURS CHEZ LA VACHE

PAR LES PROSTAGLANDINES ET LA GnRH

IV. INDUCTION ET SYNCHRONISATION DES CHALEURS CHEZ LA VACHE

Le patrimoine génétique, la conduite d'élevage, le logement, la maîtrise sanitaire, sont autant de facteurs apportant leur contribution à une production optimale. Néanmoins, tous ces éléments sont conditionnés par la reproduction. C'est l'évènement majeur, sans lequel la vache ne peut donner naissance à son veau et par là même ne peut initier sa lactation (*FROMENT, 2007*).

La maîtrise des performances de reproduction est l'un des postes importants et difficiles à gérer au sein d'une exploitation bovine laitière. Idéalement, l'intervalle vêlage-vêlage devrait être d'un an or la sélection génétique a considérablement augmenté le potentiel de production des animaux, avec un allongement de l'intervalle entre vêlages et la détérioration des performances de reproduction. Ce qui entraîne nécessairement une augmentation des charges de l'exploitation : coûts économiques des inséminations supplémentaires, temps perdu à cause des échecs d'insémination, ou encore réforme d'animaux à performances réduites (*BULVESTRE, 2007*).

Les traitements d'induction et de synchronisation de l'œstrus ont été mis au point pour atteindre un objectif thérapeutique : la réduction de l'ancœstrus post-partum et des objectifs zootechniques et économiques : l'affranchissement de la détection des chaleurs, le choix de la période de mise à la reproduction en fonction de la meilleure saison de ressource d'exploitation et la période de vente optimale des produits (*PERRIN, 2001*).

IV.1. METHODES DE SYNCHRONISATION

Plusieurs méthodes sont utilisées, et reposent sur deux principes généraux : soit le blocage du retour normal de l'œstrus avec un traitement à base de progestérone, après la fin du traitement d'une courte durée, les vaches reviennent en chaleurs et ovulent ; ou un raccourcissement de la phase lutéale par des agents lutéolytiques. La combinaison des deux méthodes est également possible (*ODDE, 1990*).

Les traitements de maîtrise des cycles utilisent ainsi différentes hormones seules ou associées. Ils permettent de synchroniser et parfois d'induire l'ovulation et d'inséminer sur chaleurs observées ou non. Les différents traitements utilisés chez la vache sont :

- l'administration unique ou répétée de prostaglandine F2• .
- l'association GnRH-PGF2• .
- les traitements à base de progestagène ou de progestérone.

Étant donné notre sujet d'étude, nous ne nous intéresserons qu'aux deux premiers protocoles cités.

IV.1.1. Prostaglandine F2• et ses analogues

IV.1.1.1. Principe

Le traitement de la PGF2• s'applique sur des animaux cyclés, et permet le raccourcissement de la période diœstrale. L'action lutéolytique ne peut s'exercer qu'en présence d'un corps jaune fonctionnel ; présent pendant la phase diœstrale (7^e au 18^e jour du cycle). Avant le 5^e jour le corps jaune est en formation et il est dit corps jaune hémorragique, insensible à l'action de la PGF2• (PICARD-HAGEN & BERTHELOT, 1997).

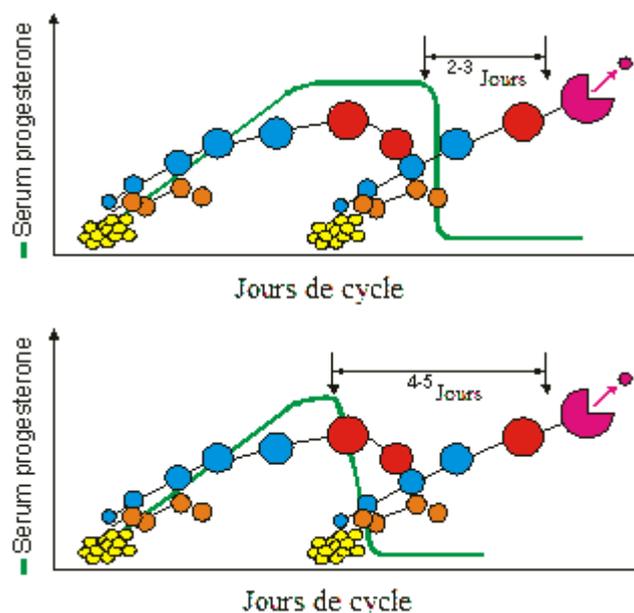


Figure 4 : Induction de la lutéolyse après injection de PGF2• chez la vache
(ROCHE *et al.*, 1997).

L'intervalle traitement-œstrus est variable et dépend du stade de la vague folliculaire où la régression du corps jaune a eu lieu (Figure 4) : l'œstrus apparaît 2 à 3 jours après l'injection de PGF2• si le follicule dominant est présent, c'est-à-dire le 6-7^e jour du cycle pour la 1^{ère} vague (1^{er}

follicule dominant) et 13-15^e jour pour la 2^e vague (2^e follicule dominant). Par contre l'œstrus apparaît plus tardivement après l'injection de PGF2•, si le follicule dominant est absent (phase de sélection), elle correspond au 9-11^e jour du cycle (*ROCHE et al., 1997*).

IV.1.1.2. Stratégie et résultats

Différents programmes ont été développés, basés sur une ou deux injections, suivies d'une ou deux inséminations artificielles à temps fixe ou sur détection des chaleurs.

Injection unique

Avec un groupe de vaches se trouvant à différents stades du cycle œstral, une injection avec la PGF2• donnera: 50 % de réponse (lutéolyse) à J7 – 17, et 16 % déjà en proœstrus à J 18 - 21; Soit un taux de synchronisation apparent de 66 %, avec une exactitude de la palpation rectale en vue de la détection de corps jaune fonctionnel de 75%. Ce traitement présente l'avantage de permettre la synchronisation de plusieurs vaches en même temps et une meilleure expression des chaleurs. Il ne permet en revanche aucun contrôle folliculaire, et s'accompagne donc d'une variabilité du moment des chaleurs sur une période de 2-5 jours et d'un manque de précision de la palpation rectale pour cibler le traitement (*LEBLANC, 2003*).

Le taux de conception après synchronisation varie de 37 à 60 %. Cette variance peut être expliquée par l'interférence entre le protocole de synchronisation et la dynamique de croissance folliculaire ainsi que la mauvaise détection des chaleurs et le moment de l'IA après traitement (*DRILLICH et al., 2000*).

Double injection

Le schéma des deux injections de PGF2• séparées de 11 à 14 jours, se prête bien à une application systématique pour toutes les vaches non saillies, mais dépend toujours de la détection des chaleurs. Dans ce cas également, aucun contrôle folliculaire n'est possible ce qui conduit à une variabilité du moment des chaleurs sur une période de 2-5 jours et un très faible taux de conception pour des vaches inséminées *in fine* sans détection des chaleurs (*LEBLANC, 2003*). Le taux de synchronisation dans ce cas est compris entre 38 et 97 % et les résultats de conception varient entre 38 à 83 % (*PICARD-HAGEN et al., 1996*).

IV.1.2. La GnRH

La GnRH est décapeptide à effet indirect, il induit la libération de FSH et de LH. Ces deux gonadotrophines agissent sur deux structures dans l'ovaire à savoir le follicule et le corps jaune (*THATCHER et al., 1993*). La libération de la GnRH est soumise à l'influence de différents facteurs environnementaux ou alimentaires. Ainsi, elle peut être atténuée par les endorphines libérées en réponse à divers stress tels qu'une hyperthermie environnementale, la présence du veau au pis, un niveau de production laitière élevé surtout chez un animal en croissance. L'insuline est impliquée dans la libération de FSH par la GnRH (*BRITT, 1988*). Les vaches hautement productrices (9000 kg de lait) ont un déficit énergétique entre le 40^e et 59^e jour post-partum qui s'accompagne d'une hypo-insulinémie, donc l'administration de GnRH à des animaux pendant cette période de risque (pic de lactation), peut augmenter le taux de gestation (*HANZEN et al., 1996*).

L'injection de GnRH en début de phase œstrale induit dans les deux heures qui suivent, une augmentation de 43 à 153 % des concentrations de LH. Cette injection contribue à mieux synchroniser le moment de l'ovulation par rapport au début des chaleurs et à prévenir l'absence d'ovulation (*MEE et al., 1993*).

La GnRH possède en outre une action préventive de la mortalité embryonnaire, par un effet lutéotrope indirecte ; imputé à l'augmentation induite de l'hormone LH, par l'injection de GnRH en phase œstrale. L'hormone LH oriente la formation des grandes cellules lutéales dont le niveau de sécrétion de progestérone est plus élevé et qui sont moins sensibles à l'effet lutéolytique de la PGF2• utérine, jouant ainsi un rôle lutéoprotecteur du corps jaune (*RETTMER et al., 1992*).

IV.1.2.1. Principe du Ovsynch

Le 1^{er} jour, une injection de GnRH est faite à n'importe quel moment du cycle ; ce qui provoquera l'ovulation ou la lutéinisation des gros follicules présents ou l'émergence et le recrutement d'une nouvelle vague folliculaire.

Le 7^{ème} jour après l'injection de GnRH, l'administration de PGF2• est faite ; induisant ainsi la régression du corps jaune et permettant par conséquent la maturation finale du follicule dominant synchronisé.

Quarante huit heures après l'injection de PGF2•, une seconde injection de GnRH est utilisée pour induire l'ovulation du follicule dominant sélectionné (Figure 5) (PURSLEY *et al.*, 1995).

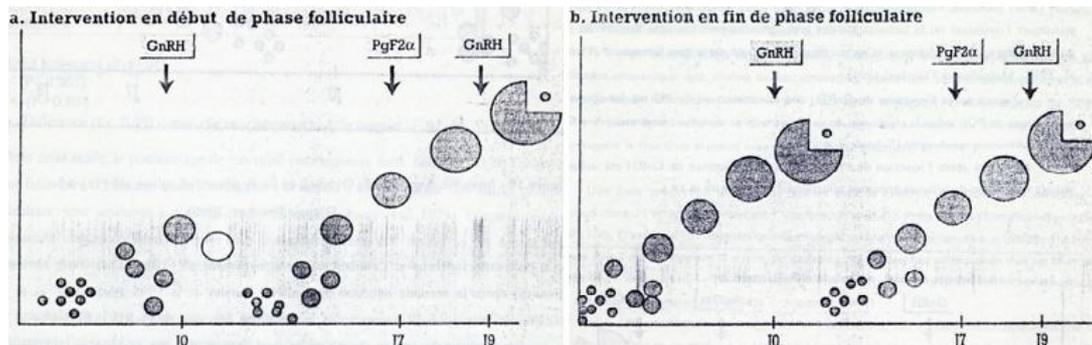


Figure 5 : Protocole Ovsynch chez la vache (ENNUYER, 2000).

Ce protocole synchronise l'ovulation dans une période de 24 à 32 heures après la seconde injection de GnRH. L'IA est faite 16 à 24 heures après la deuxième injection de GnRH (RIVERA *et al.*, 1998). En synchronisant les vagues de croissance folliculaires, il n'est plus nécessaire de détecter les chaleurs après la lutéolyse. Cette seconde injection de GnRH aura également un effet sur le maintien de la gestation et sur la réduction de la mortalité embryonnaire précoce (YAVAS & WALTON, 2000).

IV.1.2.2. Résultats

Les résultats sont variables selon les auteurs et/ou les conditions expérimentales :

En race Fleckvieh et sur des animaux cyclées, le taux de gestation sur génisses est de 76 % par rapport aux génisses sur chaleurs observées avec 63,1 %. Les résultats des vaches sont 53,3 % de taux de gestation par rapport aux vaches sur chaleurs observées avec 45 %. (Les vaches sont des hautement productrices dans la population fleckvieh) (KANITZ *et LEIDING*, 2004).

Cordoba & Fricke (2001), montrent qu'il n'existe aucune différence dans le taux de conception entre les vaches cyclées et non cyclées. Alors que les vaches laitières où le traitement débute après le 76^{ème} jour post-partum ont un taux de gestation supérieur à celles, où le traitement est réalisé entre le 60^e et 75^e jour (43,4 % contre 26 %) (PURSLEY *et al.*, 1995).

Par contre avant le 75^e jour le taux de gestation chez les vaches traitées est supérieur à celles sous chaleurs naturelles chez les vaches Holstein (55,2 % contre 39,1 %) et que le taux de gestation après ce protocole par rapport aux chaleurs naturelles est meilleur en hiver et au printemps qu'en été et à l'automne (SHAN-NAN, 1999).

CHAPITRE V

NOTIONS DE SÉLECTION ET D'AMÉLIORATION

GÉNÉTIQUE

V. NOTIONS DE SÉLECTION ET D'AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE

L'amélioration des performances de production peut être obtenue par amélioration des conditions du milieu ou/et création de génotypes dont les effets d'interaction génétiques sont importants, par l'utilisation de croisement ou/et par amélioration de la valeur génétique additive moyenne en sélectionnant les reproducteurs de valeurs génétique élevée (*DUCROCQ, 1992*).

V.1. AMELIORATION GENETIQUE

L'amélioration génétique des espèces animales vise à améliorer les valeurs génétiques moyennes des populations animales, de façon à obtenir les phénotypes les plus intéressants sur le plan économique.

V.1.1. Définition du choix des caractères à sélectionner

Ce choix devra se faire à partir des critères économiques qui seront par exemple pour les bovins laitiers: la quantité de lait, le taux butyreux, le taux azoté, l'aptitude à la traite...et pour les bovins à viande: le GMQ, le rendement et la classification de carcasse, la musculature...(*BONNE et al., 1986*).

V.1.2. Étude des paramètres génétiques

V.1.2.1. Héritabilité (h^2)

a. Définition

L'héritabilité (h^2) se définit au sens large comme le rapport de la variance génétique totale sur la variance phénotypique, et au sens étroit comme celui de la variance additive sur la variance phénotypique (Formule 1) et indique la part de la variabilité phénotypique qui est d'origine génétique (*MINVIELLE, 1990*).

Formule 1

$$V(P) = V(G) + V(M); \quad h^2 = V(A) / V(P) = V(A) / (V(G) + V(M)) = V(A) / (V(A) + V(I) + V(M))$$

(*BONNE et al., 1986*).

Signification

La valeur de l'héritabilité varie de 0 à 1, une h^2 de 0,40 par exemple signifie que 40% de la variance observée pour le caractère considéré au sein de la population sont dus à des différences génétiques additives, (elle ne signifie pas que 40% des descendant ressembleront à leurs parents, ni que les descendants hériteront de 40 % des qualités de leurs parents) (*JUSSIAU et al., 2006*).

L'héritabilité n'est pas une constante biologique pour un caractère donné, c'est un paramètre statistique valable pour une population donnée à un moment donné. Elle est ainsi susceptible de varier sous l'influence de 2 facteurs:

- *L'amplitude de la variation due au milieu*: Si la sélection est entreprise dans une population située dans un milieu hétérogène, la variance due au milieu augmente et h^2 diminue. Si au contraire, le milieu est assez homogène, h^2 augmente.
- *La structure génétique de la population* : la sélection a pour but d'accroître l'homogénéité soit l'homozygotie de la population pour le caractère considéré. Au fur et à mesure que l'homozygotie augmente, la variance additive tend à diminuer ainsi que l'héritabilité. Compte tenu de ces différentes restrictions, la connaissance de l'héritabilité d'un caractère considéré est précieuse avant d'entreprendre un programme d'amélioration génétique (*MINVIELLE, 1990*).

Ainsi :

- *Une h^2 élevée ($> 0,4$)*, signifie que la corrélation phénotype-génotype est en moyenne bonne quelque soit le milieu, le phénotype reflétant assez bien le génotype, le choix des reproducteurs pourra se faire d'après leurs phénotypes si cela est possible (sélection massale) et que l'effet additif des gènes est important, voire seul a agir, le caractère pourra s'améliorer rapidement par sélection, par contre on a constaté expérimentalement que les caractères à h^2 élevée ne bénéficient pratiquement pas d'hétérosis. L'effet non additif est donc presque nul, et le croisement ne présente pas d'intérêt (*JUSSIAU et al., 2006*).
- *Une h^2 faible ($< 0,2$)* signifie que la corrélation phénotype génotype est faible, les différences observées entre les animaux sont dues essentiellement à la variance du milieu, les

reproducteurs devront être choisis après annulation pratique ou statistique des effets du milieu et, que l'effet additif des gènes est faible ou très faible, le caractère s'améliorera lentement par sélection, mais s'améliorera. Par contre, on a constaté expérimentalement que l'effet non additif est important, ce qui permet une amélioration génétique plus rapide par le croisement (*JUSSIAU et al., 2006*).

Une h^2 moyenne ($0,2 < h^2 < 0,4$), concerne les caractères qui sont moyennement soumis à l'effet additif et moyennement à l'effet non additif des gènes. La sélection et le croisement permettront tous les deux une amélioration du caractère (*JUSSIAU et al., 2006*).

b. Méthodes de calcul

Le calcul de h^2 d'un caractère est basé sur le fait que des individus apparentés ont des gènes en commun, du fait de leurs ancêtre communs en nombre d'autant plus grand que leurs lien de parenté est plus étroit. De ce fait, ils se ressemblent plus que des individus pris au hasard, cette ressemblance se traduit en particulier par des performances qui sont moins différentes que celles d'individus non apparenté (*POUJARDIEU et MALLARD, 1992*).

C'est à partir de cette ressemblance constatée et mesurée entre performances d'individus apparentés que l'on peut estimer l' h^2 d'un caractère par calcul du coefficient de régression ou de corrélation entre les performances d'individus apparentés.

- L' h^2 est égal à 2 fois le coefficient de régression fille – mère:

$$h^2 = 2 \times b (Pf, Pm)$$

où, Pf : performance fille, Pm : performance mère.

- L' h^2 est égal à 2 fois le coefficient de corrélation entre frères ou sœur :

$$h^2 = 2 \times r (P1, P2)$$

où, $P1$ et $P2$: performance de 2 frères ou sœurs respectivement

(*JUSSIAU et al., 2006*).

Valeurs d' h^2 chez les bovins

Quelques valeurs de l'héritabilité de certains caractères sont rappelées dans le tableau I ci-dessous.

Tableau I : Quelques exemples d'héritabilité chez les bovins

Caractère	Héritabilité
<i>Bovins laitiers</i>	
Quantité de lait par lactation (matières utiles)	0.20 à 0.30
Taux butyreux, taux protéique	0.40 à 0.60
Intervalle entre vêlages, nombre d'IA par fécondation	0.05
Pointage laitier	0.20
Répartition de taches dans la robe pie	0.90
Resistance aux mammites	0.05 à 0.10
<i>Bovins à viande</i>	
Poids à la naissance	0.20 à 0.40
Conformation au sevrage	0.20 à 0.30
Difficultés de vêlage	0.10
Intervalle entre mise bas	0 à 0.10

(RICORDEAU, 1992).

Il est constaté en moyenne que :

Tout ce qui a trait à la reproduction et à l'adaptation au milieu présente une h^2 faible (qualités dite d'élevage).

Les paramètres de croissance (GMQ), efficacité alimentaire (indice de consommation) du sevrage à l'âge ont une héritabilité moyenne (qualités dites d'engraissement). Il en est de même de certains caractères de production qui se chiffrent par une quantité (lait)

Les caractères liés à la composition corporelle (qualités de carcasse, % de gras, de muscle conformation) et à la composition de certain production (taux butyreux, taux azoté) ont une héritabilité élevée (*RAGANITSCH et al., 1997*).

Intérêts de la connaissance de l'héritabilité des caractères

Le coefficient d' h^2 permet de prédire si l'amélioration génétique par sélection sera efficace et de décider quelle stratégie adoptée. La sélection est d'autant plus efficace que l' h^2 est élevée. Par exemple, l'IVV avec une h^2 très proche de 0, est un caractère difficile à améliorer par sélection. On choisira d'agir plutôt sur le milieu (alimentation, conduite d'élevage) ou d'effectuer des croisements pour améliorer ces performances (*JUSSIAU et al., 2006*).

Le coefficient d' h^2 permet d'estimer la valeur génétique additive d'un animal à partir de mesures de production de cet individu ou d'animaux qui lui sont apparentés par rapport à la moyenne de la population. Ainsi dans le cas où l'on observe une production P d'un animal dont on ignore les valeurs génétiques A et qui appartient à la population de moyenne respectives P^m (production moyenne de population) et A^m (valeur génétique additif moyenne de population), on estime $(A - A^m)$ son écart par rapport à la population par :

$$h^2 (P - P^m) \quad (\text{BONNE et al., 1986}).$$

V.1.2.2. Répétabilité (•)

Liée à un caractère qui s'exprime plusieurs fois chez le même animal (production laitière), on associe (•) pour mesurer la ressemblance attendue entre les productions successives du même individu. (•) qui est égal au coefficient de corrélation entre performances successives $P1$ et $P2$ d'un même individu

$$\bullet = R(P1, P2) = COV(P1, P2) / \sqrt{V(P1) \times V(P2)}$$

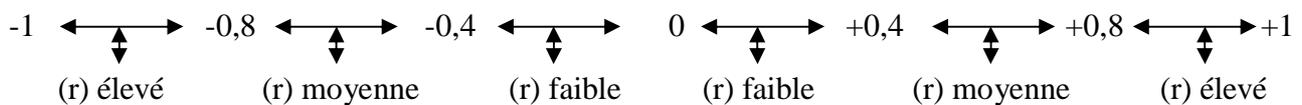
Intérêts : utiliser dans l'évaluation de la valeur génétique A , pour un caractère avec des mesures répétées, et sert aussi à prédire la production future d'un animal à partir de ses productions antérieures; et pour calculer le coefficient de détermination (CD).

$$1 > r > h^2. \quad CD = k h^2 / 1 + (k-1) r$$

La sélection individuelle sur k performances est toujours plus précise que la sélection sur une seule performance (*MINVIELLE, 1990*).

V.1.2.3. La Corrélation (r)

Le coefficient de corrélation permet de mesurer l'intensité de liaison qui existe entre deux caractères ce coefficient varie de -1 à +1. Plus il est proche de 1, plus la liaison est forte et inversement.



Si la corrélation est :

- *Négative*, la valeur des 2 caractères évoluent en sens opposé. (Quantité de lait et taux butyreux = - 0,3).
- *Nulle*, il y'a indépendance entre les caractères.
- *Positive*, la valeur des 2 caractères évoluent dans le même sens. (Quantité de lait et quantité de matière grasse = +0,9).

(*JUSSIAU et al., 2006*).

V.2. LA SÉLECTION

Le but de la sélection est d'améliorer la valeur génétique additive moyenne des individus d'une population (*BONNE et al., 1986*). La sélection consiste à choisir les meilleurs reproducteurs possibles dans une population en vue d'améliorer la production. On distingue la sélection phénotypique qui consiste à choisir les reproducteurs suivant leurs phénotypes, mais le phénotype révèle plus au moins bien la valeur génétique des géniteurs; surtout pour les caractères à faible héritabilité (action du milieu); et la sélection génotypique qui repose sur le choix des reproducteurs d'après leurs valeurs génétiques (*BONNE et al., 1986*).

V.2.1. Sélection naturelle

S'exerce continuellement chez toutes les espèces ce qui fait que les animaux ayant le meilleure « fitness » (aptitude à vivre et à se reproduire) participent en priorité à la création de la génération suivante (*RAGANITSCH et al., 1997*).

V.2.2. Sélection artificielle

Sous la conduite de l'homme, pour les caractères à intérêt économique (lait, viande). Les différentes méthodes de sélections peuvent être classées selon la nature de l'information (Tableau II) :

Tableau II : Les différentes méthodes de sélection selon l'origine de l'information

Origine de l'information	Méthode de sélection
Performance propre du candidat	Sélection individuelle ou phénotypique ou massale
Performances des ascendants	Sélection sur ascendant ou choix du pédigrée
Performances des collatéraux, frères, sœurs, 1/2 frères et 1/2 sœurs.	Sélection sur collatéraux
Performances des descendants fils et filles	Sélection sur descendance ou testage

(*BONNE et al., 1986*).

V.2.3. Problèmes soulevés par la sélection

V.2.3.1. Suivant le caractère à sélectionner

Les caractères à fort h^2 : sont plus facile à sélectionner, les caractères sont peu influencés par le milieu, il s'agit de la plus part des caractères qualitatifs (conformation).

Les caractères à faible h^2 : la sélection est plus difficile et lente, il faut toujours maintenir une pression de sélection et continuer à sélectionner même si la progression est faible sinon l'hétérozygotie apparait est la production diminue (*JUSSIAU et al., 2006*).

V.2.3.2. Suivant le nombre de caractères à sélectionner

a. Sélection sur un seul caractère

Donne un progrès génétique rapide pour le caractère considéré. En pratique, la sélection vise rarement l'amélioration d'un seul caractère (*FOULLEY et MANFREDI, 1992*).

b. Sélection sur plusieurs caractères

En pratique l'amélioration génétique porte sur plusieurs caractères, donc sur plusieurs critères de sélection plus ou moins corrélés.

A titre d'exemple, la sélection par indice de sélection est basée sur l'estimation de la valeur génétique globale du candidat reproducteur, en tenant compte à la fois de l'ensemble des paramètres génétiques (h^2 , corrélation) et de l'importance économique relative des différents caractères. L'animal qui a une valeur d'indice la plus élevée est celui qui est susceptible d'apporter l'amélioration génétique la plus intéressante sur le plan économique (*MALLARD, 1992*).

V.3. LES DIFFERENTES METHODES DE SELECTION

Elles peuvent être utilisées séparément ou simultanément (sélection combinée).

V.3.1. Sélection individuelle (massale)

Les reproducteurs sont choisis sur leurs propres performances. Cette méthode a une bonne précision pour les caractères avec une h^2 forte ou moyenne, elle est facile à mettre en œuvre mais reste peu précise pour les caractères à faible h^2 (*BONNE et al., 1986*).

V.3.2. Sélection sur ascendance

Les animaux sont choisis sur les performances de leurs parents, permet de faire une sélection précoce, peu précise pour les caractères à faible h^2 (*RAGANITSCH et al., 1997*).

V.3.3. Sélection sur collatéraux (Sib-test)

Fait appel au contrôle des collatéraux (frère, sœurs, 1/frère, 1/2 sœurs) elle est peu utilisée.

V.3.4. Sélection sur descendance (Progeny-test)

Elle permet de classer les reproducteurs en se basant sur les performances de leurs descendants. Elle intéresse les caractères à faible h^2 , concerne le mâle pour tous les caractères qui s'expriment chez la femelle (production laitière). Cette méthode fournit une appréciation tardive de la valeur génétique, elle reste longue et coûteuse (*BONNE et al., 1986*).

Dans un programme de sélection, on cherche à compenser les inconvénients d'une méthode par les avantages d'une autre méthode ; grâce à l'utilisation conjointe de plusieurs méthodes en fonction des informations recueillies, et il comprendra: la sélection sur ascendants – la sélection massale - la sélection sur descendants (Figure 6) (*JUSSIAU et al., 2006*).

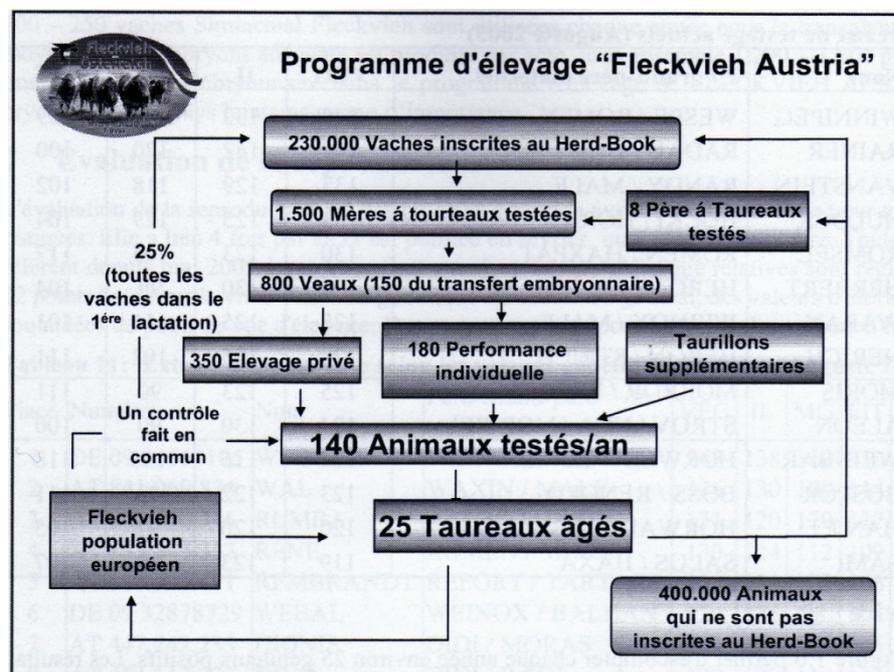


Figure 6 : Programme d'amélioration génétique en race Fleckvieh

(*PICHLER, 2005*).

V.4. INDEXATION

L'index est l'estimation de la valeur génétique additive d'un reproducteur par rapport à la valeur génétique d'une population témoin, pour les caractères considérés à une période donnée. Il est calculé en base fixe et publié en base mobile (par rapport à la moyenne de population).

$$I = A - A^m$$

I : index, A : valeur génétique du candidat, A^m : valeur génétique moyenne.

L'index est établi à partir des performances des animaux. Des formules appropriées à la méthode de sélection, à la race et au sexe; prennent en compte les performances de l'animal considéré, les performances moyennes corrigées des descendants, des index sur ascendance, effets du milieu sur les critères de sélections et le CD ; ou répétabilité (*MINVIELLE, 1990*).

L'index est la meilleure estimation de la valeur génétique d'un reproducteur, soit la plus précise ; qui transmettra sa moitié à sa descendance (PTA: Predicted Transmitting Ability = partie transmissible à la descendance) (*BONNE et al., 1986*).

L'indexation permet de classer des candidats reproducteurs dans une même race (on ne peut pas comparer les index d'animaux de race différente), et à un moment donné, (les index sont réactualisés pour une meilleure comparaison). Pour mettre en évidence leurs qualités et leurs défauts, et choisir les meilleurs conformément aux objectifs de sélection (*JUSSIAU et al., 2006*).

Exemple : Les caractères de productions laitières pour lesquels un index est calculé, pour les mâles comme pour les femelles de bovins laitiers sont: les quantités de lait (QL), de matière grasse (MG), de matière protéique (MP) en kg ; le taux butyreux (TB) et le taux protéique en g/kg. La méthode utilisée pour l'évaluation sur chacun des performances est BLUP (best linear unbiased predictor) sur un ou plusieurs caractères. Après correction en lactation standard QL 305 jours, concernant les facteurs de variations de performances (année, région, durée, rang de lactation, mois de vêlage, âge au 1^{er} vêlage, IVV) (*BARILLET et BONAÏTI, 1992*).

Toutefois, afin de faciliter l'utilisation des index et éviter la disparition de l'effort de sélection, les index sont combinés en un seul index de synthèse général GZW (gesamtzuchtwert), comprend l'index lait MW (milchwert) + l'index viande FW (fleischwert) + l'index fitness FIT (fitnesswert) (*AGÖF, 2004*).

V.5. UTILISATION DES REPRODUCTEURS

La sélection élimine en général les animaux médiocres, il ne reste qu'à accoupler les meilleurs en vue d'obtenir le maximum de descendants.

V.5.1. Définitions

V.5.1.1. Race

C'est un ensemble d'animaux appartenant à la même espèce, présentant un certain nombre de caractère en communs transmissibles d'une génération à une autre. Ce sont les caractères morphologiques définissant le standard (format, profil de tête, couleur de la robe), les caractères physiologiques (production) et biologiques (*BONNE et al., 1986*).

V.5.1.2. Variété, type, lignée, souche

Sous population raciale fortement améliorée pour un ou plusieurs caractères de production.

Exemple : • 16, une souche en race limousine avec faible poids à la naissance (*JUSSIAU et al., 2006*).

V.5.2. Élevage en race pure

I.5.2.1. Race pure

Un animal de race pure est tout animal issu de parents appartenant à une même race et qui est probablement homozygote pour les gènes qui déterminent les caractères de standard à déterminisme génétique simple (mendélien), ex : Race Fleckvieh (*RAGANITSCH et al., 1997*).

L'utilisation des reproducteurs sélectionnés à l'intérieur de chaque race pure, présente des avantages et limites:

Avantages

- Adaptation races à la condition du milieu ;
- Homogénéité du troupeau (standard) et simplicité des méthodes de sélection ;
- Obtention d'un progrès génétique lent et irréversible.

Limites

- Faible efficacité de la sélection pour les caractères à faible h^2 car la précision du choix des reproducteurs est faible. Cet inconvénient peut être atténué par la sélection sur descendance. Difficulté de sélection simultanée sur plusieurs caractères.
- Risque d'insuffisance de la variabilité génétique : la sélection peut entraîner une diminution de la variabilité génétique et donc un ralentissement du progrès génétique surtout dans les populations à effectifs réduits (*RAGANITSCH et al., 1997*).

V.5.3. Les croisements

V.5.3.1. Définitions

C'est l'accouplement de reproducteurs provenant de 2 populations génétiquement différentes, ces dernières peuvent être des races, des souches ou des lignées différentes (*JUSSIAU et al., 2006*).

V.5.3.2. Objectifs

a. Les croisements à but génétique

Ils vont permettre par introduction de gènes étrangers, un changement d'orientation plus rapide que par sélection, afin de permettre une adaptation plus rapide aux modifications des conditions économiques, une amélioration plus efficace que par la seule sélection des populations de niveau génétique insuffisant et une augmentation de la variabilité génétique, donnant ainsi une plus grande efficacité de sélection (*BIDANEL, 1992*).

b. Les croisements à but commercial

Ils présentent le double intérêt de complémentarité et d'hétérosis.

Complémentarité

Le croisement entre des races ou des populations sélectionnées sur des caractères différents, parfois antagonistes, permet de réunir ces différentes qualités acquises chez un même individu en une seule génération.

Exemple : Les caractères d'élevage (fertilité, facilité de mise bas, qualités maternelles) et les caractères de production bouchère (vitesse de croissance, efficacité alimentaire, développement

musculaire) sont des caractères généralement opposés, exemple : mâle Charolais x femelle Holstein (*JUSSIAU et al., 2006*).

Hétérosis

Ou vigueur hybride, elle représente la supériorité manifestée par les individus issus du croisement par rapport à la moyenne des individus des populations parentales (race, souche, variété, lignées). L'hétérosis se matérialise au niveau des caractères dont le déterminisme génétique est essentiellement ou partiellement soumis à des effets non additifs des gènes (dominance, épistasie); il s'agit des caractères à h^2 faible et moyenne (*MINVIELLE, 1990*).

$$H = P_{F1} - P_A + P_B / 2$$

H : effet hétérosis, P_{F1} : performance moyenne des individus croisés, P_A : performance moyenne de la race A, P_B : performance moyenne de la race B.

V.5.3. Les différents types de croisements

Seuls seront développés les croisements à but génétique.

Croisement de métissage

Accouplement d'animaux de races différentes en F1 (1^{ère} génération), ces animaux croisés sont ensuite accouplés entre eux dans les générations suivantes. A chaque génération la sélection élimine les animaux non conforme au but recherché. Lorsque le type d'animaux atteint une certaine homogénéité, on considère qu'une nouvelle race est créée (*BONNE et al., 1986*).

Exemple : Bovins : Durham (Shorthorn) x mancelle = Maine-Anjou

Croisement d'amélioration ou de retrempe

Il consiste en une utilisation momentanée de mâles d'une race améliorée sur des femelles d'une autre race pour introduire des gènes favorables chez les femelles.

Exemple : • fleckvieh x • Red Holstein, a pour objectif d'introduire des gènes de : production laitière, qualité de mamelle et aptitude à la traite ; résultant en une amélioration de la base génétique

de sélection et une augmentation du progrès génétique annuel ainsi qu'une variabilité génétique (**LUNTZ, 2005**).

Croisement d'absorption ou de substitution

C'est la substitution d'une race locale par une race très améliorée grâce à l'utilisation génération après génération de géniteurs mâles de race améliorée. Le renouvellement des femelles se fait exclusivement avec les femelles croisées obtenues, on considère que l'implantation de la race améliorée est réalisée au bout de 5 à 7 générations soit 30 ans chez les bovins.

Exemple : • Pie rouge de l'est x • Fleckvieh = Simmental française (**SIMMENTAL FRANCE, 2010**).

V.6. LA CONSANGUINITE

V.6.1. Définitions

Deux individus sont apparentés entre eux s'ils possèdent un ancêtre commun.

Un accouplement est consanguin si les deux parents sont apparentés entre eux (Figure 7).

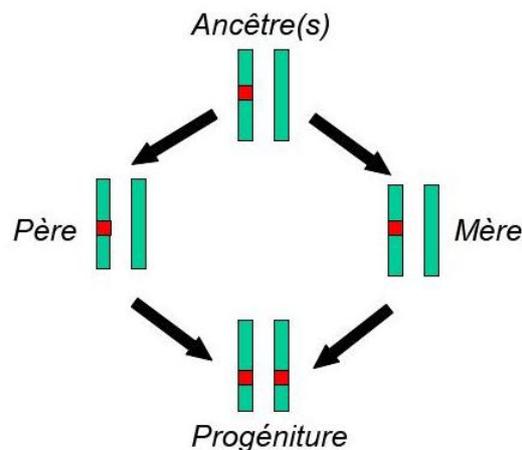


Figure 7 : L'hérédité d'un allèle d'individu consanguin (**VAN DOORMAL, 2008**).

V.6.2. Le coefficient de consanguinité (Fx)

C'est la probabilité que X soit homozygote pour 2 allèles identiques, à un quelconque locus (**MINVIELLE, 1990**). Néanmoins, un individu homozygote n'est pas forcément consanguin (**BONNE et al., 1986**).

Le coefficient de consanguinité se calcule à partir du pédigrée d'un individu, ce pédigrée permet de mettre en évidence les ancêtres communs au père et à la mère, pour cela il faut définir les chaînes de parentés à l'intérieur du pédigrée (JUSSIAU *et al.*, 2006).

Exemple de calcul: $Fx = (1/2)^N \cdot 100$, N : le nombre de générations séparant l'ancêtre du descendant.

S'il y a plusieurs ancêtres en communs, le coefficient de consanguinité est la somme des coefficients de chaque ancêtre (Figure 8).



Un seul ancêtre en commun

$$(1/2)^4 * 100 = 6,25 \%$$

Deux ancêtre en commun

$$[(1/2)^4 + (1/2)^5] * 100 = 9,375 \%$$

Figure 8 : Schéma de pédigrée pour calcul de coefficient de consanguinité (CIAQ, 2010a).

V.6.3. Quelques valeurs courantes

Tableau III : Valeurs de consanguinités selon le lien de parenté entre les deux parents

Lien de parenté entre les deux parents	Consanguinité du produit
N'ayant aucun ancêtre commun	0 %
Ayant un arrière grand parent en commun	0.8 %
Ayant un grand - parent en commun	3.125 %
Cousins germains (2 grands-parents en commun)	6.25 %
Doubles cousins germains (4 grands-parents en commun); Demi frères-sœurs (1 parent en commun); Oncle (tante) - nièce (neveu)	12.5 %
Pleins frères - sœurs (2 parents en commun); Parent - descendant	25 %

(CEIA, 2007).

Une règle d'or : Éviter strictement, d'inséminer une vache avec : son père (25 %), fils de son père ou sa mère (12,5 %), son grand père maternel ou paternel (12,5 %) et un fils de son grand père ou un petit fils de son père (6.25 %) (Tableau III) (CIAQ, 2010b).

V.6.4. Avantages et inconvénients de la consanguinité

V.6.4.1. Avantages

- Accroissement de l'homozygotie et de ses conséquences favorables ;
- Fixation des caractères, homogénéité accrue des population et pouvoir raceur, ainsi qu'une progéniture plus uniforme (BONNE *et al.*, 1986).

V.6.4.2. Inconvénients

- Augmentation de la fréquence d'apparition des anomalies par fixation des gènes défavorables, Diminution de la variabilité génétique ;
- Effets dépressif pour certains caractères économiquement important liés à la reproduction et à la vigueur (hétérosis) (Tableau IV) : en l'occurrence la dépression de consanguinité.

Cette dépression de consanguinité concernant la production laitière se traduit par une réduction de 135 kg de lait pour chaque 6,25% de consanguinité (FALCONER, 1981), ou une diminution de 25 kg de lait, 0,9 kg de gras et 0,8 kg de protéine pour une vache Holstein en 1^{er} lactation typique pour chaque 1% de consanguinité; ainsi qu'augmentation du taux de mortalité des veaux et surtout une diminution des performances de reproduction (CIAQ , 2010c).

- Une diminution du taux de réussite d'IA suite à la consanguinité par effet indirect par mortalité embryonnaire (25% des femelles inséminées reviennent en chaleurs suite à une mortalité embryonnaire) (CEIA, 2007).

Tableau IV : Effets de la dépression de consanguinité sur la production laitière, la matière grasse et la mortalité embryonnaire

Consanguinité	MG (kg)	Lait (kg)	Mortalité embryonnaire*
0	0	0	0 %
3.1	- 2	- 68	6 %
6.25	- 4	- 135	12.5 %
12.5	- 8	- 270	25 %
25	- 16	- 540	50 %
Héritabilité	Bonne	Moyenne	Faible
Effets	+	++	++++

(LEE, 2008).

V.7. ANOMALIES GENETIQUES

V.7.1. Définitions

Une anomalie est une déviation plus ou moins accusée par rapport au type normal; elle se caractérise par des modifications plus ou moins apparentes de l'aspect des individus et /ou du fonctionnement de certains organes ou appareils. Elles peuvent être d'origine génétique (le déterminisme génétique n'est pas toujours établi), infectieuse ou nutritionnelles (*DUVAL-DESNOES, 2005*).

La plupart des anomalies sont néfastes et se traduisent par la mort plus ou moins précoce de l'animal (anomalie létale), d'autres peuvent être neutres, passer inaperçues. D'autres encore, peuvent présenter à la fois des conséquences favorables et défavorables en même temps (*DARNIS, 2006*).

Les anomalies génétiques (indésirables ou parfois recherchées) sont nombreuses, soit 500 affections génétiques décrites chez les bovins et font suite à des mutations des gènes (*FERRAND et al., 2005*).

V.7.2. Déterminisme génétique

La majorité des anomalies ont un déterminisme génétique mendélien (*DUCOS et al., 2003*).

V.7.2.1. Déterminisme autosomal récessif

De loin le plus courant, représente 60% des anomalies héréditaires. Seuls les animaux homozygotes pour la mutation (aa) expriment la maladie. Qui ne peuvent être atteints que si les deux parents sont porteurs. Exemple : Arachnomélie (*HUSTON, 1993*).

V.7.2.2. Déterminisme autosomal dominant

Représente 20% des anomalies héréditaires. Les animaux de génotypes (Aa) et (aa) expriment l'anomalie. Regroupe les anomalies non létales, n'interdisant pas la reproduction et économiquement viables. Exemple : hypertrichose (*LEIPOLD, 1996*).

V.7.2.3. Déterminisme liée au sexe

Cas rares dans l'espèce bovine. Le locus morbide est porté par le chromosome X. Les mâles sont atteints (à cause d'absence de l'autre gène allèle). Le cas la dysplasie ectodermique (Absence totale de poils sur différentes parties du tégument) chez la Holstein allemande (*DRÖGEMÜLLER et al., 2003*).

V.7.3. Anomalies génétiques parfois recherchées

V.7.3.1. Le caractère culard chez les bovins

Les bovins culards bénéficient d'une valorisation bouchère très supérieure à celle de leurs contemporains de phénotype normal mais posent des problèmes d'élevage. Le caractère culard est sous l'influence d'un gène (mh) autosomal dominant avec une pénétrance incomplète et une expressivité variable, il a des effets pléiotropiques, surtout sur la reproduction, par augmentation des dystocies, perturbation du comportement sexuelle (manifestation des chaleurs), sub-fertilité voire stérilité des vaches et viabilité inférieure des veaux.

Les vaches ont des problèmes pendant la gestation suite au rétrécissement de l'abdomen, les génisses présentent un retard de développement des organes sexuels, voire même sous-développement et poseront des problèmes à la reproduction naturelle (*ERNST, 2009*).

Il faut signaler que le taureau Fleckvieh BAMHARRY (Figure 9) avec index musculature 132, qui était présent au CNNIAG Algérie, est porteur du caractère Culard (après naissance d'un veau mâle avec une vache FL; culard avec tous les symptômes en 07.2004).

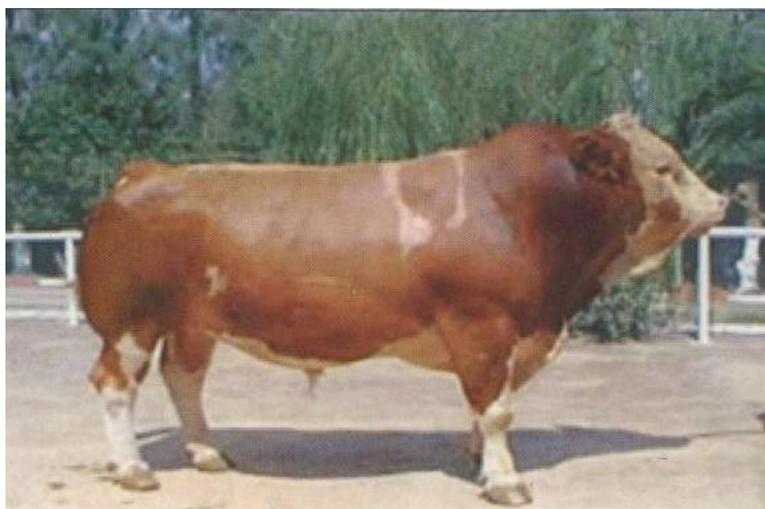


Figure 9 : Photo du taureau Fleckvieh BAMHARRY, au niveau du CNIAAG Algérie (*CNIAAG, 2002*).

V.7.4. Anomalies génétiques indésirables

V.7.4.1. Arachnomélie (Spinnengliedrigkeit) = Maladie à Articulation d'Araignée

Anomalie génétique létale, présente chez la Brown suisse et Fleckvieh, à déterminisme génétique mono-génique autosomal récessif, à pénétrance complète et expressivité unique (veau mort et déformé) (*FÜRST, 2006*).

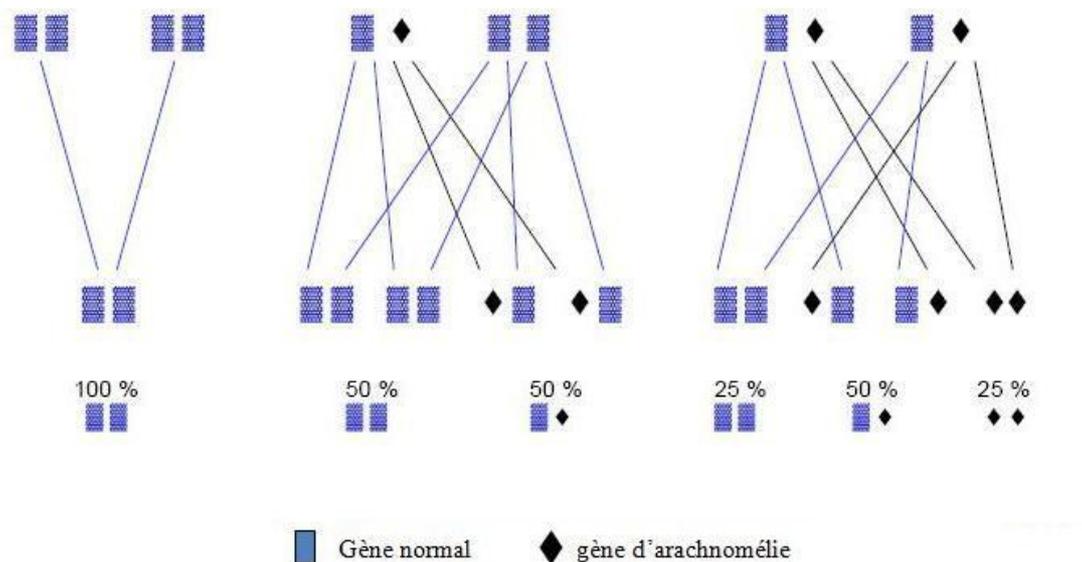


Figure 10 : Schéma de transmission génétique d'Arachnomélie (*AUMANN et KEWITZ, 2005*).

L'accouplement à risque est celui de deux hétérozygotes, qui donne 25% de veaux atteints, mais aussi pour un homozygote sain avec un hétérozygote (Figure 10), résultant un accroissement dans la population des porteurs de l'anomalie (hétérozygote) soit 50% pour chaque accouplement suscité (*AUMANN & KEWITZ, 2005*).

L'Arachnomélie se caractérise par un trouble de formation cartilagino-osseuse, les os sont typiquement changés ; minces et fragiles, les articulations épaisses et raides, la musculature atrophiée, le crâne déformé et soudé à la nuque avec un brachygnathisme mandibulaire (Figure 11). Les fractures surviennent au moment du vêlage suite au passage dans la filière pelvienne avec dystocie. Le veau est mort-né ou meure juste après la naissance (*CASANOVA, 2004 ; TIERGESUNDHEITSDIENST BAYERN, 2005*).



Figure 11 : Photos de veaux arachnoléliens braunvieh et fleckvieh
(CASANOVA, 2004 ; TIERGESUNDHEITSDIENST BAYERN, 2005).

V.8. INDEX DE FERTILITE FEMELLE

Les caractères fonctionnels appartiennent au complexe de la santé animale. Ils baissent les frais de production, adaptant l'animal à son environnement ainsi que les frais vétérinaires pour une excellente longévité. Le principal problème de l'appréciation de la valeur d'élevage de ces caractères fonctionnels et sanitaires est la faible héritabilité (*LUNTZ, 2005*).

À ce jour on ne s'intéresse qu'à sept caractères fonctionnels en races Fleckvieh et Braunvieh qui sont : la longévité, la persistance de lactation, le comptage cellulaire, la vitesse de traite, la fertilité, le déroulement du vêlage et la mort-natalité. La longévité, le comptage cellulaire et la fertilité sont les plus importants économiquement (*PICHLER, 2005*).

V.8.1. Fertilité

La fertilité est l'aptitude d'une vache ou d'un troupeau à être fécondé lors de l'IA. Les problèmes de fertilité deviennent les facteurs les plus coûteux dans l'élevage de bovin laitier. L'augmentation considérable de la performance laitière a un effet négatif sur la fertilité (corrélation -0,3), qui doit être compensé par une augmentation en parallèle de l'héritabilité concernant la fertilité (*FÜHRER, 2005*). La sélection sur la fertilité maternelle devient de plus en plus importante et une évaluation précise serait nécessaire dans la valeur génétique totale, malgré la faible h^2 du caractère qui égal à 0.02 (*GREDLER et FÜRST, 2008*).

V.8.2. L'index fertilité de la vache

La fertilité est un caractère très complexe, difficile à mesurer directement et n'est mesurable qu'à partir des résultats (gestante, non gestante) (*GREDLER et FÜRST, 2008*).

Jorjani (2006), confirme que la fertilité génétique révèle l'aptitude de la vache à produire une chaleur, à devenir gestante, à maintenir la gestation, à résister à des problèmes de fertilité et sa capacité à former un nouveau cycle de reproduction après chaque vêlage.

L'index fertilité représente 8,9 % de la valeur génétique globale (GZW) chez la Fleckvieh, et 10,4% chez la Brown Swiss autrichienne (*FÜRST et EGGER-DANNER, 2002*).

V.8.2.1. Paramètres d'index

Suivant les corrélations entre les différents critères d'appréciation de la fertilité femelle.

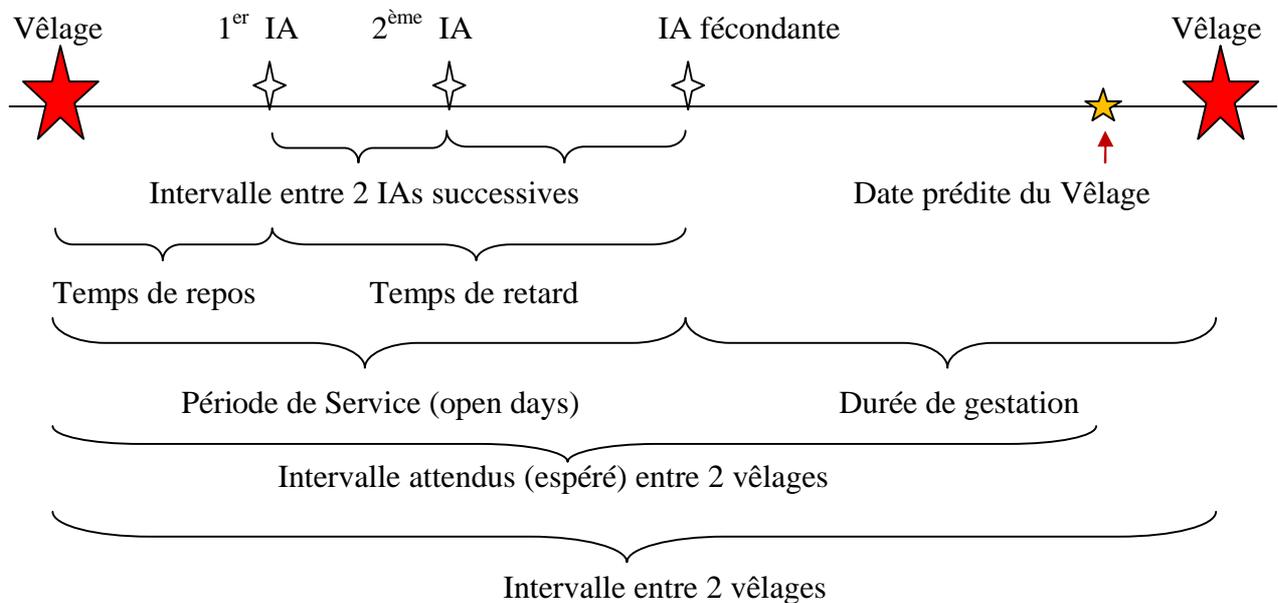


Figure 12 : Relation entre les différentes caractéristiques de l'intervalle vêlage-vêlage (*OBRITZHAUSER, 2000*).

De nombreux caractères peuvent être envisagés (Figure 12), mais ils sont soit tardifs et incomplets comme l'IVV, soit dépendants de la conduite d'élevage comme l'IV-1^{ère} IA, la durée de

la période d'insémination, le nbr d'IAs / fécondation, ou l'IV – IA fécondante. Une approche consiste à distinguer l'activité sexuelle, qui pourrait être appréciée à partir de l'intervalle vêlage – première IA, et l'aptitude à conduire une gestation traduite par le succès ou l'échec (oui/non) de chaque insémination. Ce dernier caractère est jugé plus important car il est plus déterminant pour l'intervalle entre les mises bas, et plus dégradé par la sélection laitière (*REGALDO, 2007*).

L'index est calculé à partir des paramètres suivants :

- Pour les génisses : NR56 et le temps de retard.
- Pour les vaches : NR56, temps de repos, temps de retard et IVV.

a. NR56

Taux de non retour à 56 jours après la 1^{ère} IA, si aucun service n'est signalé après cette date la vache a une forte probabilité d'être gestante, si la détection des chaleurs de retour et l'ambiance de l'animale est bien correcte (alimentation et santé) (*GREDLER et FÜRST 2008*).

b. Temps de retard

Il est nul en cas de réussite en 1^{ère} IA, révèle la période de service (étroitement lié au nombre d'IA /gestation). Avec le NR56 sont des révélateurs de la capacité de devenir gestante d'une vache (*GREDLER et FÜRST, 2008*).

c. Temps de repos

Révèle le début de cyclicité, étroitement lié à la capacité de former, extérioriser et exprimer une chaleur et la récupération de la cyclicité après vêlage (*GREDLER et FÜRST, 2008*).

La prise en compte des paramètres n'est, qu'après correction des effets de variation telle que : région, année, mois d'IA, exploitation, âge au 1^{er} vêlage, âge au 1^{ère} IA, gémellité, lactation, fertilité taureau d'où provient la paillette, centre d'IA, inséminateur et les effets permanents d'environnement (alimentation...) (*GREDLER, 2008*).

d. IVV

L'idéal est d'avoir un vêlage / an, soit 365 jours. Ce temps varie suivant les races, plus la race est laitière, plus il augmente. Donc il est plus important chez Holstein que la Braunvieh que la Fleckvieh. Chez cette dernière la moyenne d'IVV est de 391.9 ± 7.7 jours (*FÜRST, 2009*).

La durée de gestation est variable, mais on peut prédire sa durée donc prédire la date du vêlage ainsi que l'IVV (*OBRITZHAUSER, 2000*).

Chez les bovins, la durée moyenne de gestation est variable selon la race (Holstein : 279 jours, Braunvieh : 290 jours et Fleckvieh 285 jours) et à l'intérieur de la race, suivant les individus. Parmi les facteurs de variations : l'âge de la mère, son état de santé, les anomalies génétiques du fœtus, le génotype du fœtus (race), le sexe (•) du fœtus et la gémellité (s'accompagnent d'une réduction de la durée de gestation). Les facteurs génétiques interviennent pour 30 à 64 % dans le déterminisme de la durée de gestation (*DERIVAUX et ECTORS, 1980*).

ÉTUDE

EXPÉRIMENTALE

OBJECTIFS,

MATÉRIELS ET MÉTHODES

I. OBJECTIF

L'objectif de cette étude a été d'étudier l'intérêt d'un protocole du protocole Ovsynch dans l'amélioration des taux de gestation comparé à un protocole de synchronisation des chaleurs basé sur une injection unique de PGF2 α .

Son efficacité a été étudiée selon l'état de cyclicité des vaches, de leur BCS corrigé et de leurs classes de fertilité génétique respectives

II. MATERIELS & METHODES

II.1. LIEU ET PERIODE DE L'ETUDE

L'étude a été réalisée au niveau de la «Ferme Pilote Ouamri», située à environ 30 km de la wilaya de Médéa (longitude 36°16'00"N et latitude 2°45'00"E) pendant une période totale de 6 mois qui a débuté au mois de décembre 2008 pour se terminer au mois de mai 2009.

La région de Médéa se caractérise par un climat méditerranéen semi continental, froid et humide en hiver, tempéré au printemps et chaud et sec en été. En plus de l'effectif initial de la ferme; 38 génisses ont été importées comprenant 37 génisses Fleckvieh autrichiennes et une (01) génisse Braunvieh autrichienne (brune des Alpes) introduites en mars 2008.

Avec un effectif global de 93 bovins, la Ferme Pilote Ouamri a pour vocation première l'élevage de vaches laitières. Néanmoins la production laitière reste faible avec 3842 litres de lait produit/ cycle/ vache soit une en moyenne un rendement de 11,56 litres/ vache/ jour.

II.2. MATERIELS

II.2.1. Animaux étudiés

Animaux

L'étude a porté sur 38 vaches, en 1^{ère} lactation importées d'Autriche en 2008 : 37 vaches de race Fleckvieh et une seule de race Braunvieh autrichienne. L'alimentation des vaches était à base de foin d'avoine de qualité moyenne enrichi d'ensilage de maïs et de luzerne coupée et de concentré (aliment VL 20% protéine fabriqué par ATNA Sarl, Blida).

Les vaches étaient âgées de 24 à 30 mois, présentant un poids moyen de 600 kg et étaient en moyenne à 170 jours *post partum* le jour du premier traitement.

II.2.2. Médicaments

Toutes les vaches ont été déparasitées au Panacur®, deux mois plutôt.

Les traitements hormonaux entrepris au cours de cette étude comprenaient les produits suivants :

II.2.2.1. ESTRUMATEÒ (CLOPROSTENOL) Solution Injectable

L'Estrumate® (Intervet -Schering-Plough Animal Health, UK) contient du sodium de cloprosténol, un analogue de PGF2 α (soit 0,250 μ g/ml de clorprosténol). Il s'agit d'un agent lutéolytique et utérotonique très puissant, capable d'induire la régression fonctionnelle et morphologique du corps jaune (lutéolyse) et la stimulation des fibres musculaires lisses de l'utérus. La lutéolyse est habituellement suivie de la réapparition l'œstrus 2-4 jours après l'injection avec ovulation normale.

Indications chez les bovins

1. Traitement thérapeutique

- Sub-œstrus (ou œstrus non détecté) ;

Si la présence d'un corps jaune sur l'ovaire est diagnostiquée par palpation rectale, ces animaux peuvent être traités avec l'Estrumate. Dès lors, ils seront observés attentivement pour déceler l'œstrus et inséminés ou saillis,

Si les chaleurs n'ont pas observées et les animaux non inséminés, à la suite de la 1^{ère} injection; il est nécessaire de réaliser une 2^{ème} injection 11 jours après la première. L'insémination sera effectuée sur chaleurs observées ou deux fois 72 et 96 h après le second traitement sans détection des chaleurs.

- Interruption de gestations normales non désirées ;
- Elimination de fœtus momifiés;
- Endométrite chronique, pyomètre
- Induction de la parturition ;
- Kyste lutéal.

2. Maîtrise de la reproduction :

- Maîtrise de l'œstrus chez un animal donné ;
- Synchronisation d'un lot complet de vaches ou de génisses.

Administration :

Voie intramusculaire.

- Usage thérapeutique : 1 injection de 2 ml (500 µg de cloprosténol) sauf en cas de subœstrus.
- Contrôle de la reproduction : la date d'administration est déterminée à la convenance de l'éleveur pour maîtriser des vaches saines et normalement cyclées.

Contre indications

Ne pas administrer aux vaches gravides que l'on ne désire pas faire avorter.

Délais d'attente

Viande : 24 heures ; Lait : nul.

Présentation

Flacon de 10 ml

Lot utilisé

Lot N°7539114. A utiliser avant février 2010.

(FONTAINE et al., 1988 ; PETIT et al., 2009).

II.2.2.2. FERTAGYL® (GONADOLIBERINE) Solution Injectable

Le Fertagyl est un décapeptide de synthèse identique à la GnRH élaborée par l'hypothalamus. Aux posologies recommandées, le Fertagyl induit la libération de FSH et l'apparition d'une décharge de LH.

Indications chez la vache

- Traitement des vaches à ovulation nulle ou retardée (repeat breeders) ;
- Traitement de l'aneustrus post partum et du syndrome kystique folliculaire.

Administration

Voie intramusculaire

5 ml/ vache (soit un flacon, équivalent à 0,5 mg de gonadolibérine).

Vaches « repeat breeder » :

1. Intervention en milieu de cycle ;

Û Stimulation de la croissance folliculaire (injection entre le 13^e et 15 jours du cycle) chez des vaches souffrant d'insuffisance en LH.

Û Intervention au moment des chaleurs

2. Anœstrus vrai post partum

Û Le diagnostic doit être établi avec certitude ;

Û Vérifier l'absence d'organites ovariens.

3. Kystes folliculaires

Û Intervenir dès que le diagnostic est établi ;

Û Quelque soit le moment du cycle, Fertagyl va favoriser la lutéinisation et favoriser la relance d'un cycle normal.

Contre indications

Ne pas administrer aux vaches gravides.

Délais d'attente

Nul

Présentation

Flacon de 5 ml

Lot utilisé

Lot N°A129A01. Fabriqué en février 2007. A utiliser avant février 2010.

(FONTAINE et al., 1988 ; PETIT et al., 2009).

II.2.3. SEMENCE UTILISEE POUR L'INSEMINATION

La semence Genetic Austria fut achetée sous forme de paillettes conservées dans de l'azote liquide auprès du CNIAAG au moment de l'expérience qui avait en stock la semence des trois taureaux Fleckvieh suivants :

HERBERT

AT 388.887.842. (Figure 13), 25% RH (Red Holstein) ; Né le : 07.03.2000. Lignée Horex.

Généalogie : Héron (AT 444.171.941) * Caveman Red (US.1.842.371) * Ivo (AT 376.800.371) * Merkur (AT 005.181.831) * Dom (AT126.600.171) (*ZAR/ZUCHT DATA, 2008*).

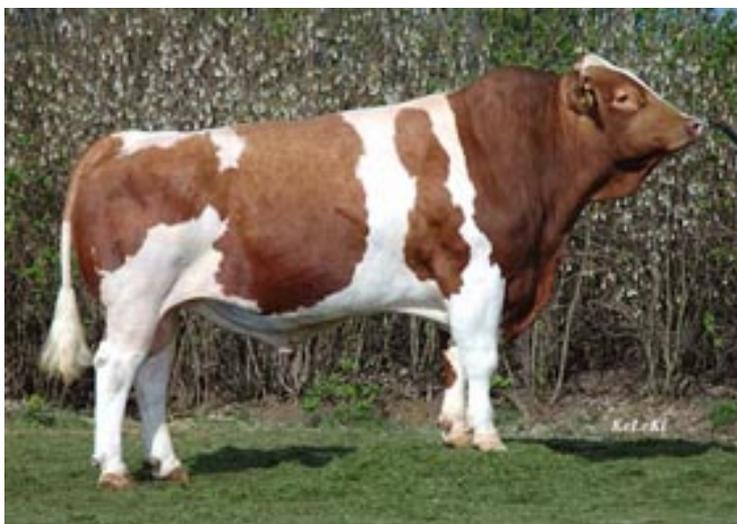


Figure 13 : Photo du taureau Fleckvieh Herbert (*ZAR/ZUCHT DATA, 2008*).

WEINBAR

AT 809.838.334. (Figure 14) ; Né le : 24.08.1999. Lignée Horex.

Généalogie : Horwein (DE 0112851233) * Rom (DE 0912971290) * Moras (AT 834.595.932) * Rom (AT 652.550.832) (*ZAR/ZUCHT DATA, 2008*).

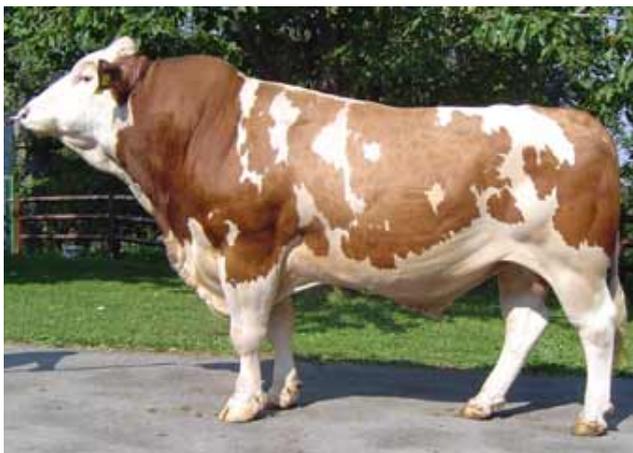


Figure 14 : Photo du taureau Fleckvieh Weinbar (*ZAR/ZUCHT DATA, 2008*).

RUBI-ET (A)

AT 295.914.645. (Figure 15) ; Né le : 22.01.2001. Lignée Redad.

Généalogie : Rumba (AT 623.710.746) * Haxala (DE 0928574137) * Patron II (AT 344.196.346) * Morello (AT 842.871.443) (*ZAR/ZUCHT DATA, 2008*).



Figure 15 : Photo du taureau Fleckvieh Rubi-ET (A) (*ZAR/ZUCHT DATA, 2008*).

La semence retenue a été celle d'HERBERT.

II.2.4. ÉCHOGRAPHE

L'appareil échographique utilisé était un échographe polyvalent multi-espèces «AGROSCAN A14», équipé d'une sonde sectorielle rectale de 3,5/5 MHz, offrant une image échographique de bonne qualité (256 niveaux de gris). Compact et léger (1,5 kg) (Figure 16), l'appareil possède une autonomie de 3h30 grâce à la présence d'une batterie interne, qui nous a permis de nous affranchir des contraintes de branchements sur secteur lors de nos interventions sur les vaches (www.agroscan.com).



Figure 16 : Photo de l'AGROSCAN A14 (www.agroscan.com).

NB : le petit matériel utilisé (consommables et autres petits instruments) ne sera pas détaillé dans un souci de concision et de clarté du document.

II.3. METHODES

II.3.1. METHODES ET CRITERES DE SELECTION DES ANIMAUX

Avant d'être incluses dans le protocole expérimentales, les vaches ont été soumises à :

- Un examen général de leur état de santé et leur body condition score (BCS) a été déterminé;
- Un examen gynécologique systématique ;
- Une évaluation de l'état de cyclicité des vaches incluses dans le protocole expérimental.

Une analyse des index parentaux a été réalisée afin de déterminer les valeurs génétiques des génisses avant leur répartition en lots.

II.3.1.1. Examen de l'état de santé général et détermination des BCS

Tout animal présentant un antécédent pathologique a été systématiquement exclu du protocole expérimental.

Les BCS ont été déterminés par un examen visuel et les animaux classés selon une grille à 5 points avec 0.5 comme intermédiaire entre deux classes.

Appréciation de la note de l'état corporel

Signification du BCS

Le BCS est un indicateur du bilan énergétique de l'animal. Il s'agit d'une méthode subjective d'évaluation de la quantité d'énergie stockée dans les muscles et dans les tissus adipeux (*EDMONSON et al., 1989*). La note d'état corporel a été mesurée sur une échelle de 1 à 5 (*AGABRIEL et al., 1986*), indépendamment de l'ossature de l'animal, et en relation avec le poids et les réserves totales de l'animal (*GERLOFF, 1987*).

Correspondance avec la race et méthode d'appréciation

Si le système de notation diffère d'un pays à l'autre, il en va de même selon les races de vaches prises en compte. Le principe de la notation reste le même mais l'appréciation des repères est un peu différente. On distingue ainsi une grille de notation pour les vaches de type laitière (Holstein,

Braunvieh), une autre pour les vaches de type mixte (Fleckvieh) et enfin une dernière grille pour vache de type viandeuse (Blonde d'Aquitaine) (**PARKER, 1990**). Elles partagent néanmoins, les mêmes repères anatomiques de notation (processus épineux des vertèbres thoraciques et lombaires, processus transverses des vertèbres lombaires, attache de la queue, pointe des fesses, ligament sacro-tubéral, détroit caudal, pointe de la hanche).

La concavité, l'aplatissement ou la convexité des régions suivantes ont été appréciés pour les 38 génisses étudiées

- Entre les pointes des hanches et des fesses ;
- Entre les pointes des hanches, le contour des côtes et entre les cotes,
- L'angle entre les processus transverses et épineux des vertèbres lombaires ;

La note minimale de 1 point a été attribuée aux vaches émaciées, dans ce cas les vertèbres sont proéminentes, les pointes latérales des vertèbres lombaires sont pointues (figure 17) et les os de la hanche et les ischions sont également proéminents, les régions des trochanters et des cuisses sont creuses avec une courbe vers l'intérieur. La région anale est reculée ce qui rend la vulve proéminente.

La note maximale de 5 points a été donnée aux vaches grasses, à l'épine dorsale, les os des ischions et des hanches ainsi que les vertèbres lombaires non apparentes (figure 17). Les dépôts de gras autour de l'attache de queue et sur les côtes dans ce cas sont évidents. Les cuisses vont en s'évasant. Et des notes supérieures à 1 et inférieures à 5 points pour les formes intermédiaires (**PARKER, 1990**).

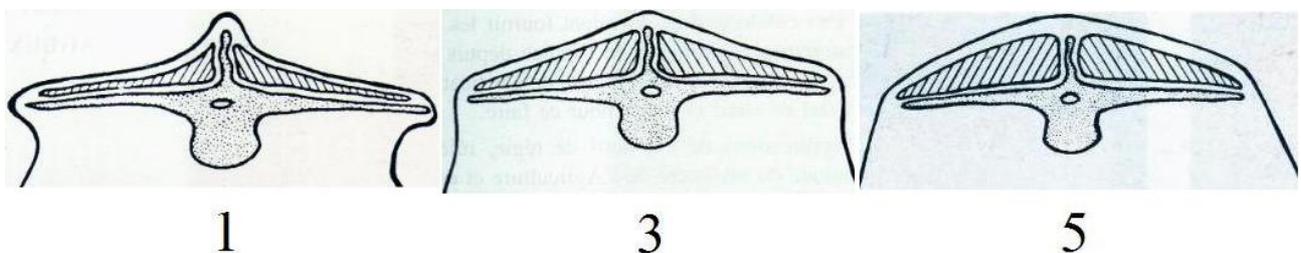


Figure 17 : Indice de l'état de chair des bovins laitiers, notes de 1, 3, 5 (**PARKER, 1990**).

Dans le cadre de notre étude la forme du muscle (musculature) a été prise en compte dans la mesure cette dernière peut modifier l'appréciation visuelle et tactile du BCS. Une première différence du 1^{er} ordre est dépend du type de production (lait, mixte ou viande). Une seconde de 2^{ème} ordre inhérente aux différences individuelles de musculature (d'ordre génétique) au sein du même type de bovin. C'est ainsi qu'une héritabilité de 0,28 est attribuée pour la Fleckvieh et de 0,29 pour la Braunvieh (*ZUCHTWERTSCHÄTZUNG EXTERIEUR, 2010*).

Les mêmes repères des bases anatomiques musculaires du BCS, en plus des cuisses et du garrot ont ainsi pris en compte lors de l'appréciation de la musculature (figure 18).

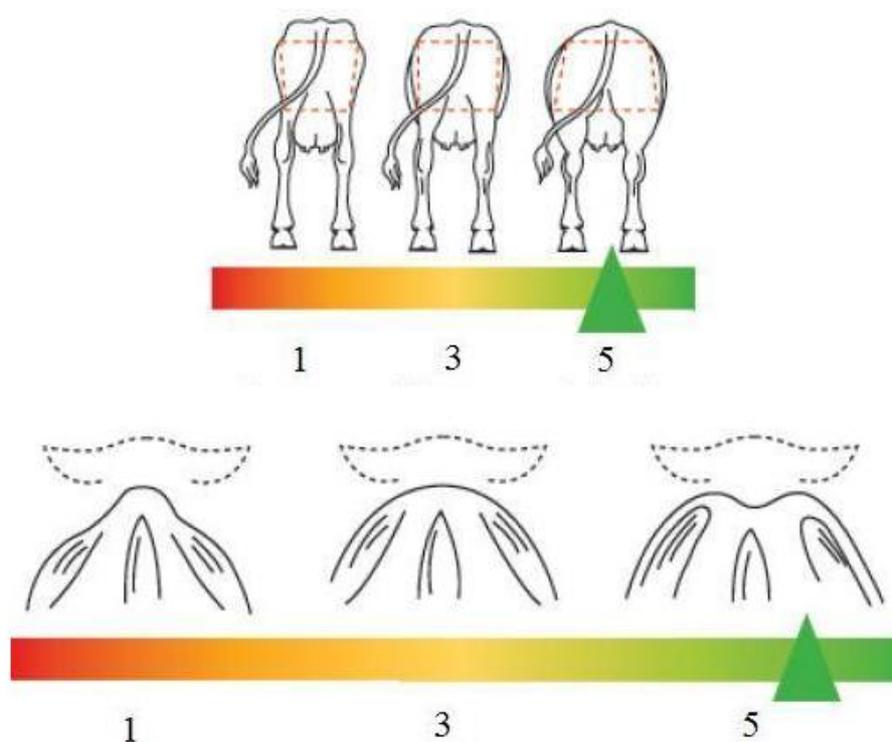


Figure 18 : Pointage de musculature de l'arrière train et du garrot chez les races Fleckvieh et Braunvieh (*TANZLER, 2004 ; WINKLER, 2004*).

Néanmoins le caractère musculature n'a pas été pris en compte pour la race Holstein, chez cette dernière, le caractère laitier est apprécié en tout premier lieu (figure 19) or il s'agit d'un caractère en corrélation négative avec la musculature (la note 1 est plus charnue et moins recherchée en sélection Holstein) et comme on retient les meilleurs reproducteurs avec des musculatures les plus basses ;

l'utilisation des taureaux Holstein rouge en croisement d'amélioration sur des femelles Fleckviehs, tend à dégrader le standards de la race en musculature.

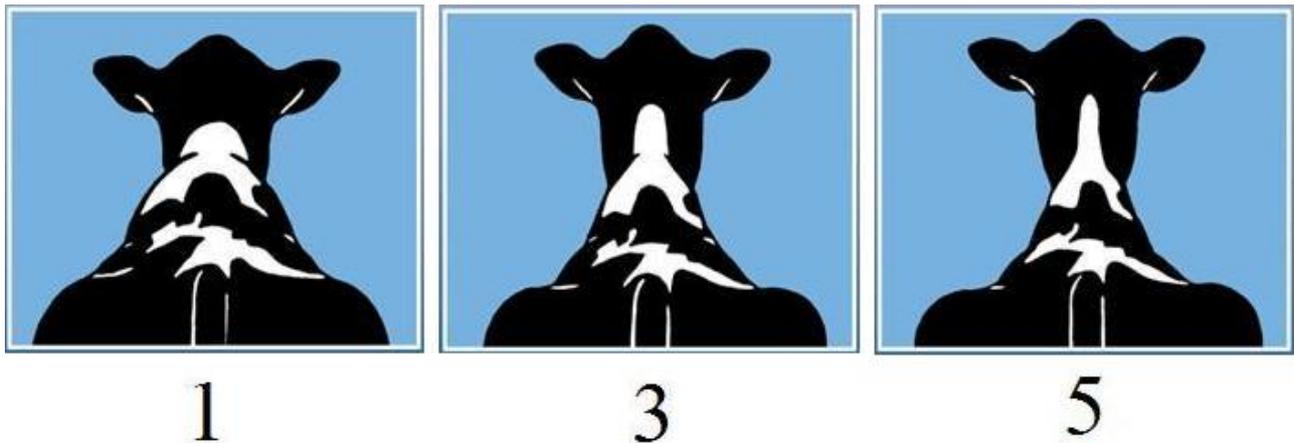


Figure 19 : Pointage du caractère laitier chez la race Holstein (*RENSING, 2004*).

Cette couverture musculaire pourrait modifier le BCS soit en le favorisant, soit en le défavorisant ou étant sans influence sur le BCS réalisé et en modifiant son impact sur la reproduction?

Pour cette raison, nous avons procédé à la correction du BCS des génisses étudiées sur la base de leur index musculature. En effet, dans la mesure où la vache reçoit la moitié de la valeur génétique additive moyenne du père et le quart de cette valeur du grand père maternel (GPM). L'influence de ce dernier est donc non négligeable, elle a donc été prise en compte en plus de celui du père dans la détermination de la nature de l'effet cumulatif obtenu. Trois cas de figure se sont alors présentés à nous : cumul soit positif (+/+), négatif (-/-), moyen (M/M) ou complémentarité (+/-), (-/+) qui correspondent à donc trois classes : musculature bonne, musculature faible et musculature moyenne.

Une vache présentant une bonne musculature verra une dégradation de son BCS de - 0.5 point, en revanche celle présentant une faible musculature bénéficiera d'une amélioration du BCS de + 0.5 point, enfin le BCS constaté sera maintenu chez celles arborant une musculature moyenne

NB : L'effet sang Red Holstein a également été pris en compte, et le BCS d'une vache avec % plus 6.5 % de sang Red Holstein sera bonifié de + 0.5 point.

II.3.1.2. Détermination de l'état du tractus génital des vaches

Un examen rigoureux du tractus génital de toutes les vaches a été réalisé, afin de détecter d'éventuelles gestations accidentelles non constatées ou enregistrées (en raison de la présence d'un taureau reproducteur à la ferme). Cet examen comprenait :

Recherche d'antécédent pathologique génital

Les signes de rétention placentaire, de pyromètre et/ou écoulements vaginaux ont été recherchés lors d'examens vaginaux et vulvaires. A cela s'est ajouté une appréciation des écoulements sur les plans quantitatifs (absence, présence et quantité) et qualitatif (aspect muqueux, floconneux, purulent ; coloration et présence de sang).

Palpation rectale

Elle a été réalisée systématiquement afin de déceler d'éventuelles anomalies anatomophysiologiques du tractus génital (vagin, col, corps et cornes ; ovaire et oviducte ...). Un examen minutieux des ovaires a été effectué afin de déterminer l'activité ovarienne (follicule mûre, corps jaune, follicule en croissance, ovaire lisse...) et en apprécier la cyclicité, la détection de pathologie ovarienne (kyste, adhérence), pathologie du col et des cornes (abcès, anomalie, myomètre).

La cyclicité a pu être mise en évidence par palpation transrectale et/ou par échographie : un corps jaune fonctionnel, c'est-à-dire de plus de 2 cm de diamètre a été recherché.

L'inclusion des vaches dans les lots expérimentaux a été dictée par l'arbre décisionnel ci-dessous (figure 20).

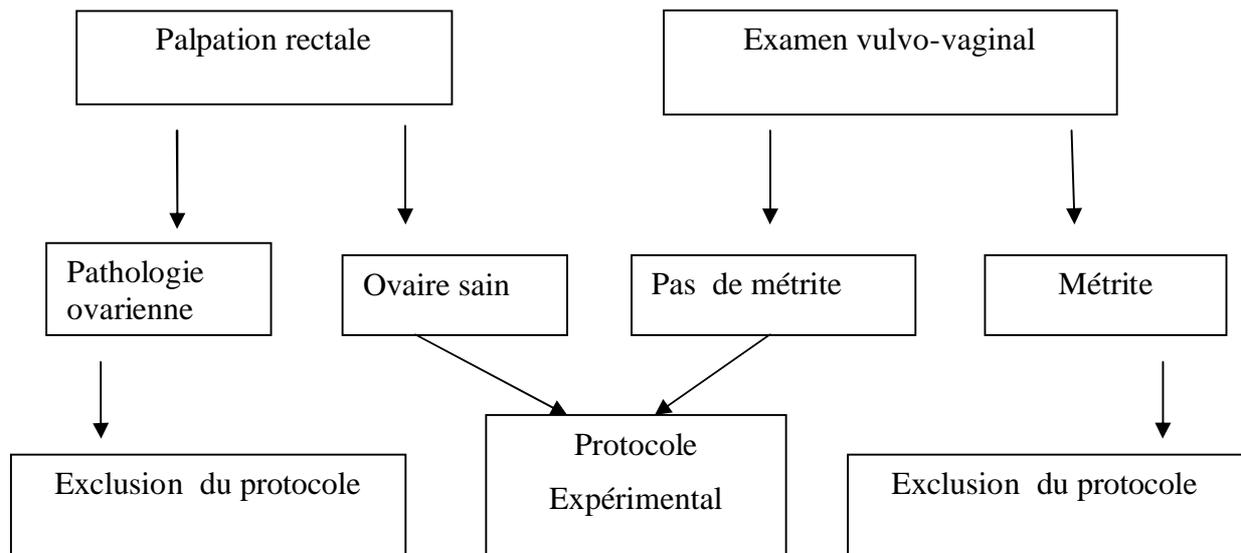


Figure 20 : Arbre décisionnel gynécologique d'inclusion des vaches dans le protocole expérimental.

II.3.1.3. DÉTERMINATION DE L'ÉTAT DE CYCLICITÉ DES VACHES

La cyclicité ou non des vaches a été déterminée par palpation transrectale et examen échographique des ovaires (les deux examens ont été espacés de 11 jours d'intervalle).

La présence d'un corps jaune de diamètre supérieur à 2 cm sur l'un des deux ovaires en dehors de la période péri-ovulatoire a permis de déclarer le dit animal comme cyclé.

PALPATION TRANSRECTALE

L'examen des ovaires par palpation transrectale a débuté tout d'abord par une appréciation de leur taille suivie par une identification des différents organites éventuellement présents : corps jaunes, follicules, kystes ovariens et exceptionnellement tumeurs.

Afin de surmonter le risque de confusion entre follicule et corps jaune, quatre éléments ont été pris en compte :

- présence ou non d'un sillon disjoncteur entre l'ovaire et la partie de l'organite faisant saillie,

- surface de l'organite : lisse (glissante pour le doigt) ou rugueuse,
- présence ou non d'une cicatrice d'ovulation,
- texture souple ou dure.

La différence de taille entre les deux ovaires a été appréciée. Un ovaire au repos a approximativement la forme d'une amande. Comme la plupart du temps, un seul ovaire porte un corps jaune, nous avons considéré le plus petit des deux ovaires comme représentant le volume initial de l'ovaire en fonctionnement. Sur cette base deux situations se sont présentées à nous :

- Ovaires de petite taille : dans ce cas, il n'existe alors pas de preuve de l'ovulation et de formation d'un corps jaune fonctionnel (2 cm de diamètre minimum) : la vache a été considérée comme non cyclée,
- L'un des ovaires, ou les deux, sont de grande taille et s'ils sont de type tuberculeux (contours irréguliers), dans ce cas, il y a un corps jaune fonctionnel, preuve d'une ovulation après vêlage et que donc la vache est cyclée. Si par contre, ils ont les contours réguliers, nous avons conclu à la présence d'un organite lisse tel qu'un follicule ou un kyste.

L'EXAMEN ÉCHOGRAPHIQUE

L'examen échographique des ovaires (figure 21) a permis la confirmation des résultats « vache cyclée ou vache non cyclée », en particulier lors de la découverte d'un corps jaune.

Trois types de corps jaunes peuvent être visualisés dans ce cas :

- plein et uniformément homogène ;
- plein, avec un trait échogène central allongé ;
- cavitaire.

Un corps jaune a été considéré comme fonctionnel lorsqu'il a présenté un diamètre supérieur à 2 cm.

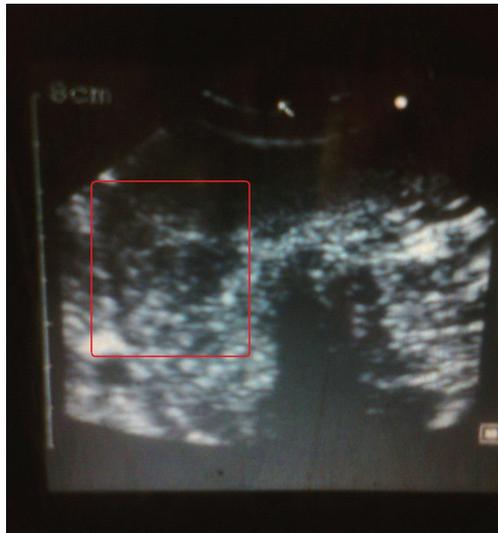


Figure 21 : Cliché échographique d'un ovaire de la vache HERTA en activité pris avec l'AGROSCAN A14 (photo personnelle).

Echographiquement, le corps jaune ne devient individualisé et visible qu'à partir de 4 jours après l'ovulation, lorsque la cavité a été comblée par des cellules de la granulosa lutéinisées. Il se présente alors sous la forme d'une surface ovale grise, grossière, granuleuse et nettement délimitée du tissu ovarien. Son échogénicité est homogène (moins intense que celle du stroma ovarien).

Un trait hyperéchogène peut apparaître au centre du corps jaune, correspondant à du tissu conjonctif ramifié. Entre le 5^{ème} et le 8^{ème} jour suivant l'ovulation, le corps jaune peut présenter une excroissance extra ovarienne, appelée « bouchon de champagne », caractéristique à la palpation.

Lorsqu'il s'agissait d'un corps jaune cavitaire, nous avons pu observer une cavité anéchogène entourée d'une paroi épaisse. Celle-ci était ovale, parfois ronde et centrale. Son diamètre pouvait mesurer de quelques millimètres à 2 cm maximum. Le volume du corps jaune cavitaire est en général supérieur à celui du corps jaune plein. Les corps jaunes cavitaires ne sont pas pathologiques.

II.3.1.4. Détermination des index sur ascendance

Afin d'estimer la fertilité sur le plan génétique ainsi que BCS corrigé (selon la musculature génétique sur ascendance), les index des 38 vaches étudiées ont été déterminés après étude de la généalogie complète des vaches à partir de leurs certificats de pédigrées (Figure 22) « exemple génisse Fleckvieh HERTA (Figure 23) » et de la base de données ZAR/ZUCHT DATA, 2008 (Figure 24) afin de déterminer la lignée du père et du grand père maternel, le degré de consanguinité entre le père et le grand père maternel, la consanguinité entre la vache et le taureau fournissant la semence utilisée lors de l'insémination artificielle, l'index de fertilité génétique du père et du grand père maternel et l'index de musculature d'ordre génétique.

HERTA geb. 19.02.06(2.) W E	AT 488.071.209	V: EINSTEIN DE 09 36385320 A3 GZW 108 83% (FL) MW 106 88% +449-0,21+3-0,07+11 FW 108 95% 108/102/106 FIT 100 68% ND 115 47% Pers 93 88% F -/103 K 90/105 T 86/94 91%/74% ZZ 88 83% M 101 89% EX 43T 102/116/102/108/(110) 72T 5.734 4,12 236 3,36 193	VV: BILIG DE 09 13404342 *TA GZW 130 99% (FL) MW 119 99% +785-0,22+16+0,00+28 FW 116 99% 116/104/112 FIT 113 99% EX 2505T 93/102/ 95/102/(107)	VWV: EGOL (A) DE 09 10915308 VWV: SINA DE 09 19645697
		M: HEIKE AT 760.134.147 GZW 95 55% (FL) MW 89 56% -567+0,09-18+0,14-11 FIT 103 45% ND 106 32% Pers 102 56% ZZ 97 42% M 104 48% LL: 1766/1601 41.762 1.617 1.428 1. 304 6.717 3,77 253 3,40 228 5/4 305 8.219 3,91 322 3,40 279 HL:3. 305 9.089 3,99 363 3,35 305 M 1/2,40 ZKZ 4/384	VM: DORA DE 09 12420252 GZW 108 67% (FL) MW 115 70% +544+0,04+25-0,03+17 3/2 305 10.527 4,18 441 3,77 397	VWV: PROMO DE 09 17387753 VWV: DELLA DE 09 11028553
		MV: RUMBA AT 623.710.746 A3 GZW 120 99% (FL) MW 112 99% +78+0,07+8+0,21+17 FW 110 99% 117/98/109 FIT 110 99% EX 2163T 114/120/ 93/101/(103)	MV: HERTA AT 060.130.785 GZW 67 37% (FL) MW 58 41% -1401+0,21-47+0,08-45 +6/3 287 6.526 4,46 291 3,44 225	MVW: RALBO DE 09 11825633 MVW: STUTZI AT 477.737.946 MVW:
Tue: Burghuber Anton Bes:		4594 Ternberg Steinbacherstr. 55 ZV 142		

Figure 22 : Exemple de certificat de pédigrée (génisse HERTA).



Figure 23 : Photo de la génisse Fleckvieh HERTA (photo personnelle).

Zuchtwert-Datenbank
Stand: April 2010 (nächster Termin: 17. August 2010)

Bitte geben Sie an, welche Besamungsstiere gezeigt werden sollen!

Rasse:
 Name: Nummer:
 Stier: HB
 Vater: HB
 Station:
 Auswahl: alle Stiere nur Stiere in Ausgabe

Fremdgen max. (%):
 Name: Nummer:
 Mutter:
 MV: HB
 Geburtsjahr: von bis

Zuchtwertkriterien (mind.)

Gesamtzuchtwert		Fleischwert		Fitnesswert		Exterieur	
Milchwert	<input type="text"/>	Netto	<input type="text"/>	Nutzungsdauer	<input type="text"/>	Rahmen/Mtyp	<input type="text"/>
Milch-kg	<input type="text"/>	/Tägl. Zunahme	<input type="text"/>	Persistenz	<input type="text"/>	Bem./Beck./Körp.	<input type="text"/>
Fett-%	<input type="text"/>	Ausschlachtung	<input type="text"/>	Zellzahl	<input type="text"/>	Fundament	<input type="text"/>
Fett-kg	<input type="text"/>	Handelsklasse	<input type="text"/>	Melkbarkeit	<input type="text"/>	Euter	<input type="text"/>
Eiweiß-%	<input type="text"/>			Befru./Frucht. mat.	<input type="text"/>	Euterreinheit	<input type="text"/>
Eiweiß-kg	<input type="text"/>			Kalbeverlauf pat./mat.	<input type="text"/>		
von	<input type="text"/>			Totgeburten pat./mat.	<input type="text"/>		
bis	<input type="text"/>						
GZW-Sicherheit	<input type="text"/>						

Genotypen bzw. Erbfehler

Arachnomelie: ohne Kennz. (A) (A*) *TA TA
 Weaver: ohne Kennz. (W) (W*) *TW
 SMA: ohne Kennz. (M) (M*) *TM
 SDM: ohne Kennz. (D) (D*) *TD
 Hornstatus: ohne Kennz. PP Pp P PS
 Kappa-Kasein: ohne Kennz. AA AB BB

Sortierung und Ausgabe

1.
 2.

Figure 24: Capture d'écran d'une page de la base de données génétique bovine autrichienne (ZAR/ZUCHT DATA, 2008).

L'index exprimé en point, moyenne 100 écart-type 12

Très faible	faible	moyenne	bonne	très bonne
76	• 88	• 100 •	112 •	124

L'amélioration positive apparaît à partir de la valeur d'index 104 aussi une valeur d'index supérieure à 104 est en faveur d'une tendance à l'amélioration (*SCHWEIZERISCHER FLECKVIEHZUCHTVERBAND, 2009*).

Au cours de notre étude les valeurs d'index variaient de faible, moyen à bon.

Faible	moyen	bonne
• 100 •	104 •	

Si l'index est compris entre 100 et 104 : la fertilité a été considérée comme moyenne ;

Si l'index est à 100 : la fertilité est faible ;

Si l'index est à 104 : la fertilité est bonne.

L'index est calculé chez les mâles à partir des index de leurs filles, surtout pour les caractères influencés par le sexe et/ou qui ne s'expriment que chez la femelle (production laitière, fertilité femelle). Pour cela on pourra à partir de l'index du taureau déduire l'estimation de la fertilité de ses filles auparavant (inversement de la source d'information).

II.3.1.5. Estimation de la fertilité des vaches

L'index du taureau exprimé en BV (breeding value) ou valeur d'élevage qui est (2n) chromosomes mais comme la transmission des gamètes est de (1n), la progéniture ne reçoit que la moitié du BV pour les caractères quantitatifs, tels que la quantité de lait, les matières grasse et protéique.

Mais pour les caractères qualitatifs une vache reçoit la même caractéristique paternelle donc :

Lors de notre classification, nous avons admis qu' :

- Une vache issue d'un père fertile, était fertile (+) ;
- Une vache issue d'un père moyennement fertile, était moyennement fertile (M) ;
- Une vache issue d'un père peu fertile, était peu fertile (-).

Les génisses recevant la moitié de la valeur génétique additive moyenne du père et le quart du GPM. L'influence de GPM est prise en compte dans l'effet d'addition ou cumulatif avec celui du père. Se sont alors présentés à nous, quatre cas de figures différents :

Cumul soit : positif (+/+), négatif (-/-), moyen (M/M) ou complémentaire (+/-), (-/+).

Sur cette base, nous avons réparti les génisses en trois classes soit : fertilité bonne, fertilité faible et fertilité moyenne (la complémentarité aboutissant à une valeur moyenne).

II.3.2. Constitution des lots

Les vaches ont d'abord été réparties en trois groupes selon leur niveau de fertilité : fertilité bonne, moyenne et faible. Par la suite, chaque groupe a été scindé en deux sous groupes ou lots comprenant à chaque fois : le sous groupe Témoin et Expérimental. Les lots Témoins étaient composés de vaches cyclées en période de sensibilité du corps jaune à la PGF2•. Dans, les lots Expérimentaux ont été incluses les vaches en période réfractaire à la PGF2• en post-œstrus ou en œstrus ou douteuse qui ont été soumises au traitement Ovsynch (détaillé un peu plus loin).

De sorte que : le lot témoin comprenait 47 % (18/38) et le lot expérimental 53 % (20/38) des vaches étudiées (figure 25).

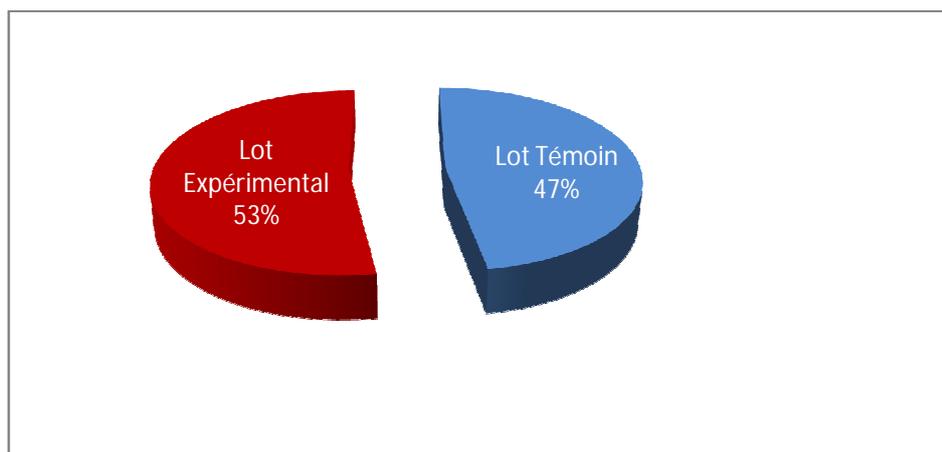


Figure 25 : Répartition sectorielle représentant la constitution des lots.

L'étude de la fertilité a permis de répartir les vaches en trois classes :

Huit vaches présentaient une fertilité faible soit un pourcentage de 21 % (8/38), 42 % (16/38) d'entre elles une fertilité moyenne et enfin 37 % (14/38) montraient une bonne fertilité.

Par la suite, chaque groupe a été scindé en deux sous groupes ou lots comprenant à chaque fois : le sous groupe témoin PGF2 α et Expérimental Ovsynch. La répartition détaillée est résumée dans le tableau ci-dessous (Tableau V) :

Tableau V : Répartition des lots expérimentaux en fonction de la fertilité génétique.

Fertilité Traitement	Faible	Moyenne	Bonne
Témoin (PGF2α)	4	7	7
Expérimental (Ovsynch)	4	9	7
Total	8	16	14

II.3.3. TRAITEMENTS HORMONAUX APPLIQUES

II.3.3.1. Lots Témoins

Les trois lots témoins ont reçu :

- Une injection unique de cloprosténol (Estrumate®, 2ml) ;
- L'insémination artificielle a été réalisée sur chaleurs observées (Figure 26).

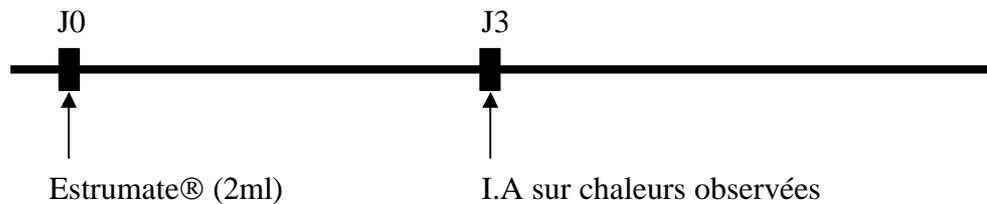
II.3.3.2. Lots tests ou expérimentaux

Les lots expérimentaux ou tests ont reçu :

- Une première injection de GnRH (Fertagyl®, 5 ml) ;
- Une injection unique de cloprosténol (Estrumate®, 2ml) à J7 ;
- Une seconde injection de GnRH (Fertagyl®, 5 ml), 48 heures après, soit à J9 ;

- L'insémination artificielle a eu lieu systématiquement 16-20 heures après la dernière injection de GnRH (Fertagyl®), soit à J10 (Figure 26)

Protocole des lots témoins



Protocole des lots expérimentaux

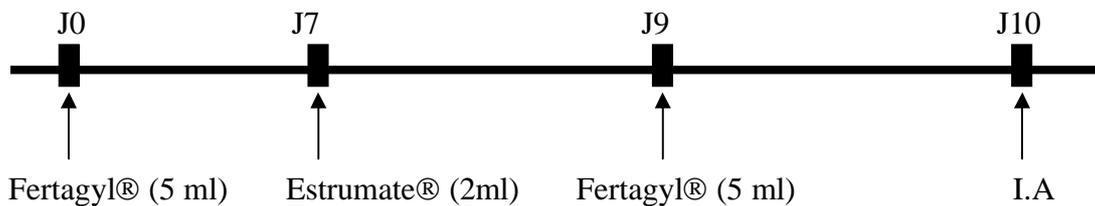


Figure 26 : Protocole des traitements appliqués aux lots témoins et expérimentaux.

II.3.4. DÉTECTION DES CHALEURS

Elle a été effectuée par observation directe et tri-journalière des vaches en liberté. L'acceptation du chevauchement a été retenue comme signe majeur d'œstrus. L'intensité quant à elle a été appréciée par la fréquence des chevauchements, la quantité de glaire et la congestion des lèvres vulvaires. La diminution de l'appétit et de la production laitière a également été prise en compte.

Au moment de l'insémination un examen transrectal minutieux et délicat de l'état de l'ouverture du col et de la tonicité des cornes utérines a également été entrepris.

Toute vache observée en chaleur a été inséminée à 12 h en moyenne après le début de constatation.

II.3.5. INSEMINATION ARTIFICIELLE

Les vaches ont artificiellement inséminées avec de la semence bovine conditionnée, congelée.

Pour ce faire les matériaux suivants ont été utilisés :

- Ü Semence bovine issue du taureau retenu sous forme de paillettes de 0,25 ml conservé dans l'azote liquide à -196 °C.
- Ü Pistolet d'insémination artificielle universelle CASSOU pour gaine fendu.
- Ü Gaines universelle CASSOU fendu jetables.
- Ü Pince brucelle.
- Ü Thermomètre.
- Ü Ciseau.
- Ü Serviettes de papier jetables, chiffon.
- Ü Thermos pleine d'eau chaude, un récipient de 1 litre.
- Ü Lubrifiant (savon de Marseille).
- Ü Gants d'IA jetables.

NB : Absence d'appareil de réchauffement des pistolets d'IA.

REALISATION

Le matériel d'insémination a été maintenu propre et le pistolet, la gaine et les paillettes maniés de manière à éviter toute salissure ou contamination. Après décongélation douce (35-37°C), les paillettes de semences sont utilisées.

Chaque vache à inséminer a été correctement identifiée, bien contentionnée et ses chaleurs vérifiées. Après retrait du couvercle du biostat la paillette est retirée rapidement à l'aide d'une pince brucelle après rehaussement du cannaistaire afin d'éviter tout choc thermique trop important préjudiciable pour la semence.

La paillette est immédiatement secouée à son retrait du biostat pour éliminer la goutte d'azote résiduelle et placée rapidement dans le récipient de décongélation, pendant 20-30 secondes ; puis

elle est ressortie est asséchée au moyen d'une serviette de papier (Une seule paillette est décongelée à la fois).

Une fois insérée dans le pistolet, la paillette est coupée avec un ciseau à angle droit dans l'espace vide de son extrémité supérieure et la gaine fendu Cassou est placée.

La vulve est correctement nettoyée avec un chiffon et le pistolet est introduit dans la commissure des lèvres vulvaires après un léger écartement avec un angle de 45° évitant ainsi le meatus urinaire.

Par voie rectale, une main gantée lubrifiée est introduite pour fixer le col de l'utérus au milieu. L'entrée du col est localisée par le pouce. Et au fur et à mesure que le pistolet avance dans le vagin le col est tiré vers l'avant pour atténuer les plis du vagin. Une fois l'extrémité antérieure du pistolet a franchi le 1^{er} anneau du col, Le col est ramené et manipulé par voie rectale. Après le franchissement du dernier anneau du col ressenti par l'index, la semence est déposée à 1 cm de ce dernier.

En dernier lieu le pistolet d'IA est retiré doucement, et la main par voie rectale fait un léger massage du corps de l'utérus pour aider à la diffusion de la semence.

NB : Le temps écoulé entre la préparation des doses à inséminer et l'introduction dans le vagin-col varie de 03 à 10 mn selon le tempérament de l'animal.

II.3.6. DIAGNOSTIC DE GESTATION

II.3.6.1. PAR EXAMEN ECHOGRAPHIQUE



Figure 27 : Diagnostic de gestation par examen échographique avec l'AGROSCAN A14 sur les vaches étudiées (Photo personnelle).

Le diagnostic de gestation a été posé par échographie transrectale au 53^{ème} jour après IA (en moyenne entre les deux lots) avec l'échographe « AGROSCAN A14 » (figure 27). L'utilisation de cette technique devait non seulement nous permettre d'effectuer un diagnostic précoce de gestation mais aussi de déterminer le nombre, l'âge et éventuellement le sexe du fœtus.

L'établissement d'un diagnostic de gestation positif a été basé sur la détection de la présence du conceptus (figure 28). Au 53^{ème} jour, l'embryon est visualisé sous forme d'une petite tâche claire dans une poche liquidienne. Le diamètre de la cavité extra-embryonnaire est alors de 30-40 mm.

La sonde a été placée par voie transrectale à proximité de l'utérus. Une première zone anéchogène a été recherchée et correspondait à la vésicule embryonnaire ou au liquide allantoïdien. La vésicule, de forme circulaire ou elliptique, était entourée de la paroi utérine épaisse (environ 5 mm), d'échogénicité moyenne et homogène. Le contenu liquidien de cette vésicule apparaissait

anéchoïque et homogène. L'embryon était bien décollé de la paroi de la vésicule et la membrane amniotique entourant l'embryon sous forme d'un trait continu fin était de même échogénicité que le conceptus.

Les traits fins, hyperéchogènes et collés à la paroi utérine observés correspondaient au placenta ou à la membrane allantoïdienne. L'amnios, la colonne vertébrale et les membres étaient susceptibles d'être discernés.

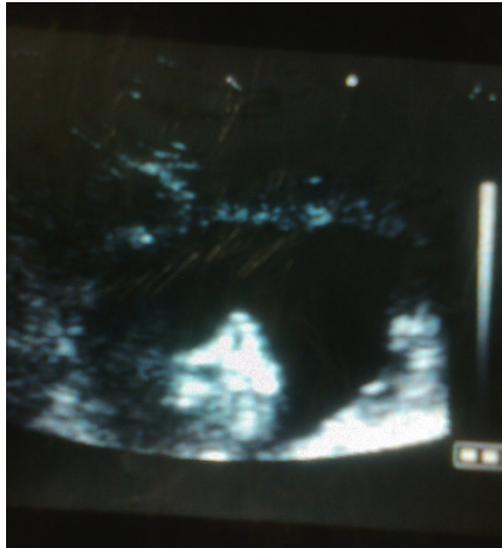


Figure 28 : Cliché échographique d'un utérus gravide au 53^{ème} jour (photo personnelle).

Cas du diagnostic de gestation négatif

L'utérus apparaît avec une lumière quasiment inexistante au centre, entouré d'une muqueuse endométriale (environ 0,5 à 1 cm d'épaisseur) accolée, forme une ligne claire. La section de la paroi utérine apparaît en tons gris et avec une structure granuleuse variable.

La bordure des cornes apparaît comme une étroite ligne peu échogène séparant la paroi utérine de son entourage un peu plus échogène (figure 29).



Figure 29 : Cliché échographique d'un utérus de vache vide (Photo personnelle).

II.3.6.2. PAR PALPATION TRANSRECTALE

Elle a été pratiquée à 90 jours de gestation chez les vaches de l'expérience, permettant une confirmation et la connaissance du taux de maintien des gestations déjà diagnostiquées par échographie. Ce diagnostic repose sur l'observation clinique du tractus génital à travers la paroi rectale qui permet de percevoir les éléments caractéristiques d'un utérus gravide (Figure 30).

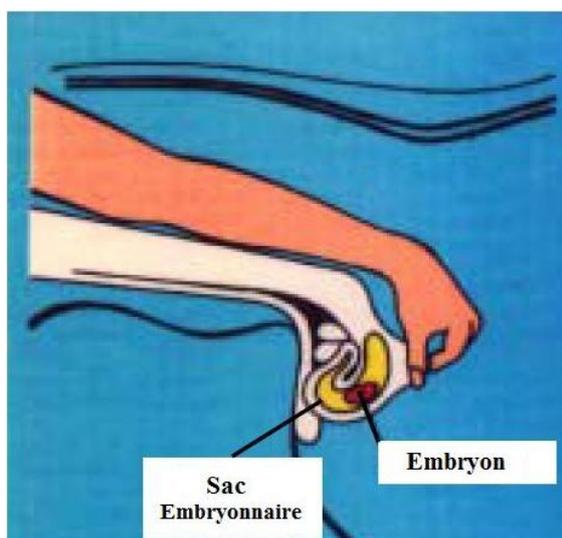


Figure 30 : Diagnostic de gestation par exploration rectale (*OBRITZHAUSER, 2000*).

Les vaches doivent être bien contentionnées car les risques d'avortement restent non négligeables à ce stade.

Les critères ou conditions nécessaires et suffisantes de positivité de gestation sont : le signe de la manche ou double pli, la mise en évidence de la vésicule amniotique, la présence des cotylédons palpables et la perception du conceptus.

II.3.7. ETUDE ECONOMIQUE

Une étude économique comprenant l'évaluation du cout de chaque protocole (Témoin PGF2 α et Ovsynch) et celui d'une gestation confirmée obtenue par chacun des protocoles suscités. L'ensemble des actes facturés par vache qui ont été inclus dans l'étude est compilé dans le tableau VI ci-dessous :

Tableau VI : L'ensemble des actes facturés par vache qui ont été inclus dans l'étude.

DESIGNATION ACTE	CODE	PRIX UNITAIRE (DA)
Feuillé rectale	FR	200
Examen vaginale	EV	100
Échographie	ECHO	1000
Étude génétique. (pédigrée, consanguinité, choix de taureau d'IA et classification génétique)	E GEN	650
Acte d'injection	INJ	200
Détection de chaleur	DC	100
Insémination artificielle	IA	00

Les prix des médicaments au mois de décembre 2008, étaient de :

- PGF2• : 307,18 DA / dose.
- GnRH : 762,02 DA / dose.

Le déplacement du vétérinaire (DEP) a été évalué à 2000 DA et a été divisé par le nombre de vaches examinées et/ou traitées (correspond à chaque déplacement).

II.3.8. ANALYSE STATISTIQUE

Les résultats obtenus ont été analysés par le logiciel STATISTICA, les relations entre taux de gestation et chaque variable ont été testées par le test de CHI^2 , les différences observées ont été jugées significatives pour une valeur de $p < 0,05$.

RÉSULTATS

& DISCUSSION

III. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Par soucis de clarté, certaines conditions de la présente étude seront d'abord discutées et les résultats obtenus seront ensuite présentés et discutés.

III.1. DELAIS DE LA MISE EN REPRODUCTION

Les valeurs moyennes de l'intervalle vêlage - 1^{ère} IA ont été compilées dans le tableau VII ci-dessous :

Tableau VII : Valeurs moyennes de l'intervalle vêlage - 1^{ère} IA.

	Valeur moyenne de l'intervalle Vêlage -1 ^{ère} IA (mois)
Effectif total	5,63 ± 1,24
Lot témoin	5,31 ± 1,11
Lot Experimental	5,92 ± 1,3

Idéalement la moyenne d'un vêlage par an est recherchée, ce qui implique une mise à la reproduction avant trois mois *post-partum*. En effet, le gain de fertilité potentiel consécutif au retard de la 1^{ère} IA ne compense pas l'allongement de l'intervalle vêlage-fécondation qui en résulte (*SEEGERS, 1998*). Cependant, cet objectif n'était pas celui de la ferme de l'étude qui a exigé la programmation des mises bas hors saison chaude, soit à partir du mois d'octobre 2009, afin :

- D'éviter tout stress thermique aux vaches qui auraient fraîchement vêlées et celles qui seraient en lactation ;
- De réaliser le tarissement en été pour éviter les mammites.
- De se prémunir des mortalités élevées des veaux nouveaux nés en période chaude.
- De coïncider la disponibilité des ressources vertes (fourrage vert) avec le bonne période de production de lactation -pic de lactation.

III.2. TAUX DE CYCLICITE OVARIENNE AVANT TRAITEMENT

L'examen échographique et la palpation transrectale ont permis de déterminer à une date médiane de $5,63 \pm 1,24$ mois post-partum, la cyclicité des vaches incluses dans la présente expérimentation. Les résultats obtenus et compilés dans le tableau VIII, ont permis de montrer que 76,31 % (29 /38) des vaches étaient cyclées et que 23,68 % (9/38) des vaches ne l'étaient pas.

Tableau VIII : Pourcentage des vaches cyclées incluses dans l'étude expérimentale.

Cyclicité	Taux (%)
Vache non cyclée	23,68 % (9/38)
Vache cyclée	76,31 % (29/38)

Ces résultats rejoignent les observations de Mialot & Chastant (2001) qui rapportent que 86 % des femelles sont cyclées à 60 jours *post-partum*.

Toutes les vaches cyclées avec un corps jaune réceptif à la PGF2• ont été incluses dans le lot Témoin, le traitement à la PGF2• ne s'appliquant que sur des animaux cyclés. Son action lutéolytique ne peut en effet s'exercer qu'en présence d'un corps jaune fonctionnel ; présent pendant la phase diœstrale. Avant le 5^e jour le corps jaune en formation est insensible à l'action de la PGF2• (**PICARD-HAGEN & BERTHELOT, 1997**).

Le lot Expérimental comprenait à la fois des vaches non cyclées 28,9% (9/38) et des vaches cyclées à différents stades 23,7% (11/38), par rapport au lot témoin qui ne comprend que des vaches cyclées au stade de corps jaune sensible à l'action des prostaglandines 47,4% (18/38) (figure 31).

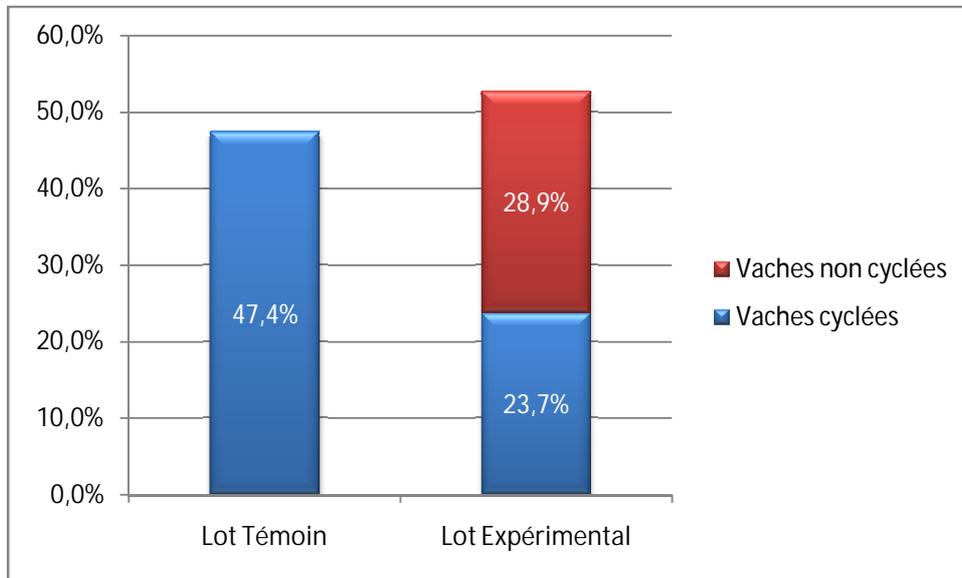


Figure 31 : Répartition des vaches selon leur cyclicité.

III.3. TAUX DE GESTATION

Les résultats du diagnostic échographique de gestation réalisé au 53^e jour post IA, confirmés par la palpation rectale, ont été compilés le tableau IX ci-dessous :

Tableau IX : Résultats du diagnostic échographique de gestation à 53 jours post IA.

Lot	Diagnostic de gestation	
	Négatif	Positif
Témoin (PGF2a)	78% (14/18)	22% (4/18) ^a
Expérimental (Ovosynch)	10% (2/20)	90% (18/20) ^a
Total	42% (16/38)	58% (22/38)

^a : P < 0,05

Les résultats obtenus montrent un taux de gestation positive de 90% (18/20) dans le lot Expérimental (Ovosynch) contre seulement 22 % (4/18) dans le lot témoin (PGF2 α) (figure 32). Ce dernier taux assez bas n'est pas réellement étonnant, en effet, Drillich et al (2000), rapportent un taux de conception après synchronisation par injection unique de PGF2 α variant de 37 à 60 %. Le succès de ce protocole dans l'induction de l'œstrus dépend de la présence d'un corps jaune fonctionnel et du stade de dioestrus (*KRISTULA et al, 1992*). Aussi ce taux peut être expliqué par l'interférence entre le protocole de synchronisation et la dynamique de croissance folliculaire ainsi que la mauvaise détection des chaleurs qui passent souvent inaperçues dans ce type de protocole. De plus il ne permet aucun contrôle folliculaire, et s'accompagne donc d'une variabilité du moment des chaleurs sur une période de 2-5 jours (*LEBLANC, 2003*), ce qui rend encore plus difficile leur observation et le choix du meilleur moment pour l'IA.

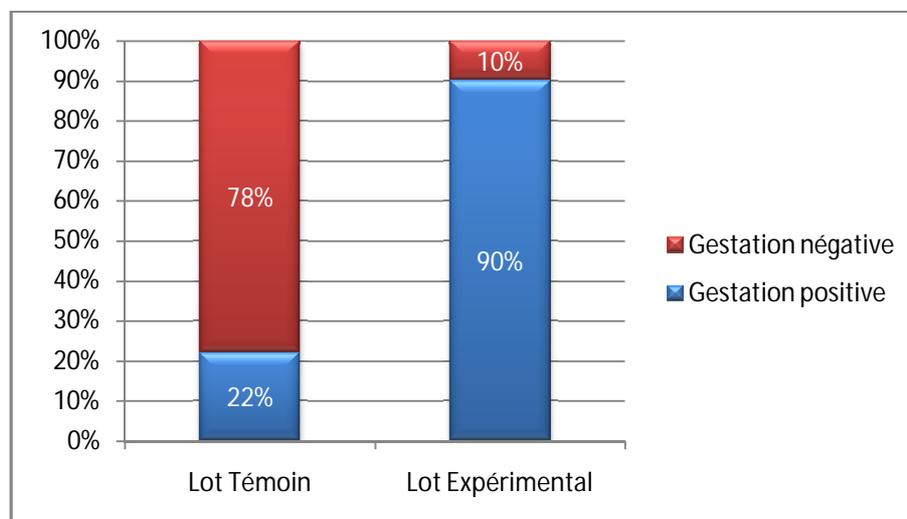


Figure 32 : Résultats du diagnostic de gestation à 53 jours post IA dans les groupes Témoin et Expérimental.

Dans le cas présent, la détection des chaleurs des vaches du lot témoin a été très difficile en raison de leur courte durée, de leur discrétion ainsi que de leurs manifestations nocturnes plus que diurnes. Une difficulté supplémentaire a été matérialisée par la nature glissante du sol de l'étable où les vaches étaient maintenues en stabulation entravée et ne se déplaçaient que pour se rendre à la salle de traite. Les glissades répétées sur ce type de revêtement a rendu de ce fait les vaches rétives à tout chevauchement afin d'éviter toute blessure supplémentaire. Un constat similaire a été

rapporté par Phillip et Morris (2001) et Hernandez et al (2001) qui rapportent une réduction de 50 % du taux de conception chez les vaches souffrant de boiteries suite aux glissades sur béton. Notre tentative d'outrepasser cet inconvénient, par l'aménagement d'une aire de repos en terre battue pour les vaches étudiées, afin de faciliter l'observation des chaleurs en permettant une meilleure stimulation sexuelle par les vaches en chaleurs entre elles, n'a pas été suffisante.

L'application du schéma des deux injections de PGF2• séparées de 11 à 14 jours, bien qu'il permette un taux de synchronisation supérieur (*PICARD-HAGEN et al., 1996*), dépend néanmoins toujours de la détection des chaleurs. Dans ce cas également, aucun contrôle folliculaire n'est possible ce qui conduit à une variabilité du moment des chaleurs sur une période de 2-5 jours et un très faible taux de conception *in fine* pour des vaches inséminées sans détection des chaleurs (*LEBLANC, 2003*).

L'application du protocole Ovsynch a permis d'obtenir un taux de gestation global de 90 %, attribuable en partie à l'action préventive de la GnRH de la mortalité embryonnaire par un effet lutéotrope indirecte. La seconde injection de GnRH exercerait en particulier, un effet antilutéolytique en provoquant la lutéinisation des follicules présents sur l'ovaire (*YAVAS & WALTON, 2000*). Elle fait chuter la sécrétion d'œstrogènes ce qui limite l'apparition des récepteurs endométriaux à l'ocytocine (ocytocine responsable de la synthèse endométriale de prostaglandines F2 α) (*MEE et al, 1993*). La GnRH favorise les grandes cellules lutéales qui sont plus actives pour la synthèse de progestérone (effet lutéotrope) et moins sensibles à l'effet lutéolytique que les petites cellules (effet lutéoprotecteur), participant ainsi au maintien du corps jaune et de la gestation, car un fort taux de progestérone après l'ovulation favorisera le développement embryonnaire (*LARSON et al, 1997 ; RETTMER et al, 1992*).

Le taux de gestation obtenu dans nos conditions expérimentales est bien supérieur à ceux de 53,3 % et 76 % rapportés par Kanitz et Leiding (2004), respectivement sur vaches Fleckvieh cyclées hautement productrices et génisses de la même race. Les travaux de Pursley et al (1995) rapportent également un taux de gestation positive supérieur chez les vaches recevant le protocole Ovsynch après le 76^{ème} jour post-partum. Ce résultat serait imputable à l'allongement de l'intervalle vêlage-1^{ère} IA à $5,92 \pm 1,3$ mois, ce qui a permis aux vaches étudiées de dépasser le pic de lactation, période critique de la mise à la reproduction. La production laitière moyenne au moment de l'IA

(Au mois de décembre 2008) par vache était de $10 \pm 2,69$ litres est largement couverte par la ration alimentaire distribuée, éliminant toute possibilité de déficit énergétique potentiellement délétère.

Les vaches ont reçu une ration alimentaire uniforme composée de foin d'avoine de qualité moyenne, de couleur pâle du fait de son exposition excessive au soleil pendant le fanage, d'un ensilage de maïs à volonté de luzerne verte (02 fois /jour) et de concentré (0,9 UFL/kg), à raison d'un kg/animal/jour à la réception du lot à la ferme pour atteindre 5 kg/animal/ jour en fin de gestation. Après la mise bas, le concentré est distribué 3 fois par jour soit un total de 10 kg/animal /jour. Y compris 02 fois dans les salles du traite soit un total de 10 kg/jour. En l'absence d'une évaluation exact des valeurs nutritives de chaque constituant de la ration (indisponibilité des analyses relatives), et en admettant qu'un affourrage de bonne qualité doit couvrir les besoins d'entretien de la vache plus ceux nécessaires à la production de 5 kg de lait standard en énergie, nous avons estimé que la ration distribuée au cours de cette étude permettait une production de 20 litres de lait standard à 4 % de MG (soustraction faite des besoins de croissance après 28 mois).

L'intensité de l'expression des chaleurs et la quantité de glaires vaginales sont souvent significativement diminuées chez les animaux carencés en β -carotène (*LOTTHAMMER et al, 1976*). L'ensilage, de manière générale, renferme des teneurs en β -carotène plus importantes que le foin et la plupart des aliments concentrés. Dans le cas présent, la luzerne verte a constitué une source appréciable de β -carotène et éliminant ainsi tout risque de carence majeure.

III.3.1. TAUX DE GESTATION EN FONCTION DE LA CYCLICITE

L'analyse des résultats des taux gestation selon la cyclicité des vaches a permis de montrer que dans le lot Expérimental ces taux atteignaient les 90,9 % (10/11) chez les vaches cyclées et pas moins de 88,88% (8/9) chez celles qui ne l'étaient pas, contre seulement 22 % (4/18) des vaches cyclées du lot témoin (tableau X).

Tableau X : Taux de diagnostic de gestation positif à 53 jours post IA selon la cyclicité.

Lot	Témoin	Expérimental	
	Vaches cyclées	Vaches cyclées	Vaches non cyclées
Taux de gestation	22% (4/18) ^a	90,9% (10/11) ^{ab}	88,88% (8/9) ^b

^a : $p < 0,05$; ^b : $p > 0,05$

Le protocole Ovsynch a permis une amélioration significative de la fertilité des vaches du lot Expérimental (cyclées et non cyclées) par rapport aux vaches du lot témoin qui étaient toutes cyclées au moment de l'IA. En 2001, Cordoba & Fricke avaient montré qu'il n'existait aucune différence dans le taux de conception entre les vaches cyclées et non cyclées toutes traitées par l'Ovsynch (*Cordoba & Fricke, 2001*). Effectivement, ce protocole permet la synchronisation de l'ovulation dans une période de 24 à 32 heures après la seconde injection de GnRH et l'insémination des vaches dans une période de 16 à 24 heures après la deuxième injection de GnRH (*RIVERA et al., 1998*). En synchronisant les vagues de croissance folliculaires, le protocole Ovsynch rend inutile la fastidieuse et souvent incertaine opération de détection des chaleurs. Les erreurs commises dans la détection de ces dernières pour les diverses raisons que nous avons détaillées plus haut (chaleurs silencieuses, discrètes, diurnes, personnel inexpérimenté...) peuvent être non seulement responsables d'une diminution des taux de conception (*DALTON et al, 2001*), mais également de l'insémination de vaches en phase lutéale ou à des phases précoces de gestation et induire ainsi de la mortalité embryonnaire à hauteur de 17 % (*STURMAN et al, 2000*), ce qui pourrait expliquer le taux de 22 % constaté chez les sujets du lot Témoin.

III.3.2. TAUX DE GESTATION SELON LA CLASSE DE FERTILITE

Les taux de gestation positive obtenus chez les lots Témoin et Expérimentale selon la classe de fertilité génétique repris dans le tableau XI ; rapportent des valeurs respectives de **25%** (1/4) et **75%** (3/4) pour la classe fertilité faible, de **14%** (1/7) et **89%** (8/9) pour la classe de fertilité moyenne et de **29%** (2/7) et **100%** (7/7) pour la classe de fertilité bonne.

Tableau XI : Taux de diagnostic de gestation positif à 53 jours post IA selon la classe de fertilité.

Fertilité \ Lot	Faible	Moyenne	Bonne
Témoin	25% (1/4) ^{ad}	14% (1/7) ^{bd}	29% (2/7) ^{cd}
Expérimental	75% (3/4) ^{ae}	89% (8/9) ^{be}	100% (7/7) ^{ce}

^{a ; b ; c ;} : $p < 0,05$; ^{d ; e} $p > 0,05$

Néanmoins, les différences observées entre les trois classes de fertilité à l'intérieur de chaque lot se sont révélées non significatives par le test de CHI^2 d'indépendance ($p > 0,05$). Ce qui signifie que les traitements hormonaux entrepris ont permis d'obtenir des taux de gestation comparables (Figure 33). La fertilité reste un caractère très complexe avec une héritabilité (h^2) très faible.

Le protocole Ovsynch a donc permis d'atteindre des taux de gestation positive élevés dans les classes de fertilité faible et moyenne. Hors, très souvent les vaches importées en Algérie sont pour la plupart de fertilité faible ou moyenne et certaines ont été carrément éliminées des procédures de testage dans leur pays d'origine et sont souvent porteuses d'anomalies rédhibitoires. Le protocole Ovsynch pourrait constituer une stratégie d'amélioration payante des performances de reproduction, en compensant en partie les déficits d'origine génétique.

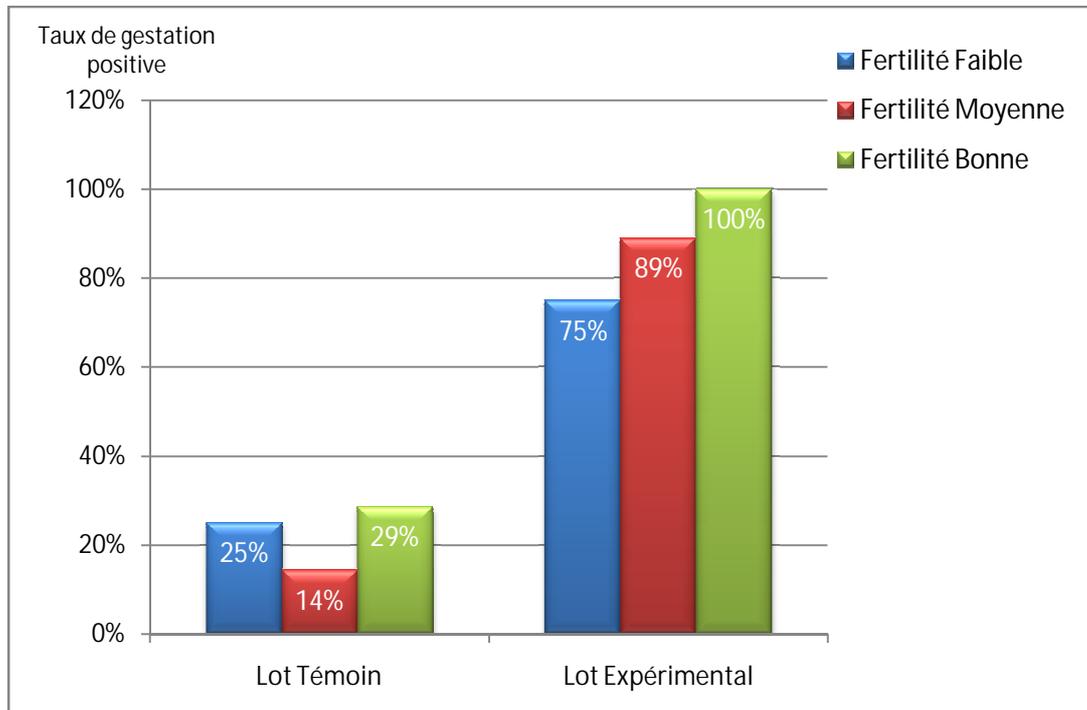


Figure 33 : Taux de gestation des deux lots pour chaque classe de fertilité.

Le choix étudié du taureau utilisé pour l'IA a certainement permis de maximiser les chances de conception et la production de veaux viables et résistants. Après étude des pédigrées (lignées) des vaches incluses dans l'étude (*RAGANITSCH, 2001*), le taureau **HERBERT** a ainsi été retenu pour plusieurs raisons :

- Possibilité d'inséminer tous les lots étudiés sans aucune restriction due à une possible consanguinité étroite avec ce taureau.
- Permet une amélioration de la production laitière des génisses produites (croise 25% RH) et confère une qualité de mamelle supérieure, ce dernier caractère étant recherché dans la ferme de l'étude où la traite est réalisée mécaniquement.
- Bien qu'Herbert et Weinbar soient issus de la même lignée (HOREX) (Weinbar est le demi frère paternelle de Heron qui est le père de Herbert), seul Herbert a été retenu en raison d'un avantage génétique qu'il possède sur Weinber : en effet sa descendance se caractérise par la présence de lunettes autour de ses yeux, les protégeant des pathologies de l'œil fréquemment observées chez

le bétail à face blanche dans les pays chauds, contrairement à la descendance de Weinbar qui présente une face toute blanche (*ZAR/ZUCHT DATA, 2009*).

Le taureau **RUBI-ET (A)** a quant à lui été exclu de l'expérience en raison de l'absence de données génétiques concernant l'arachnomélie. En effet, les accouplements d'un reproducteur hétérozygote avec des femelles dont le père ou le grand-père est porteur de l'anomalie génétique sont proscrits (*MEIER et LUNTZ, 2007*).

III.3.3. TAUX DE GESTATION SELON LE BCS corrigé

Selon les notes de BCS corrigé sur index génétique qui leur ont été attribuées, les 22 vaches diagnostiquées gestantes ont été réparties en deux groupes : BCS dégradé (n=7) et BCS amélioré (n=15).

Les résultats obtenus montrent une nette amélioration des taux de gestation positive dans chez les vaches du lot Expérimental quelque soit leur BCS corrigé avec des valeurs de 71,43% (5/7) et 86,67% (13/15) contre seulement 28,57% (2/7) et 13,33% (2/15) pour les vaches du lot Témoin (Tableau XII et Figure 34).

Tableau XII : Taux de diagnostic de gestation positif à 53 jours post IA selon le BCS corrigé.

BCS	Lot témoin	Lot Expérimental
BCS Dégradé (n=7)	28,57% (2/7) ^a	71,43% (5/7) ^a
BCS Amélioré (n=15)	13,33% (2/15) ^b	86,67% (13/15) ^b

^a ; ^b : $p < 0,05$

Un bon BCS est généralement corrélé positivement à des taux de gestation élevés. La note d'état corporel, ou BCS mesurée en général sur une échelle de 1 à 5, est un bon indicateur de l'état nutritionnel des animaux. Sa mesure à différents moments du *post-partum* montre qu'elle est en

relation avec la durée de l'œstrus. Une note légèrement supérieure à la moyenne (3 sur 5) apparaît optimale pour obtenir des taux de cyclicité élevés (*FRERET et al., 2005*). L'importance du BCS a fait l'objet d'un certain nombre d'études : un bon BCS est généralement corrélé positivement à des taux élevés de gestation (*BURKE et al., 1996*). Il est également établi que toute augmentation d'une unité du BCS s'accompagnait d'une amélioration variant de 13% à 37% des taux de gestation associée certainement à une meilleure expression des chaleurs et une meilleure fertilité (*AMBROSE et al., 1999 ; BURKE et al., 1996*).

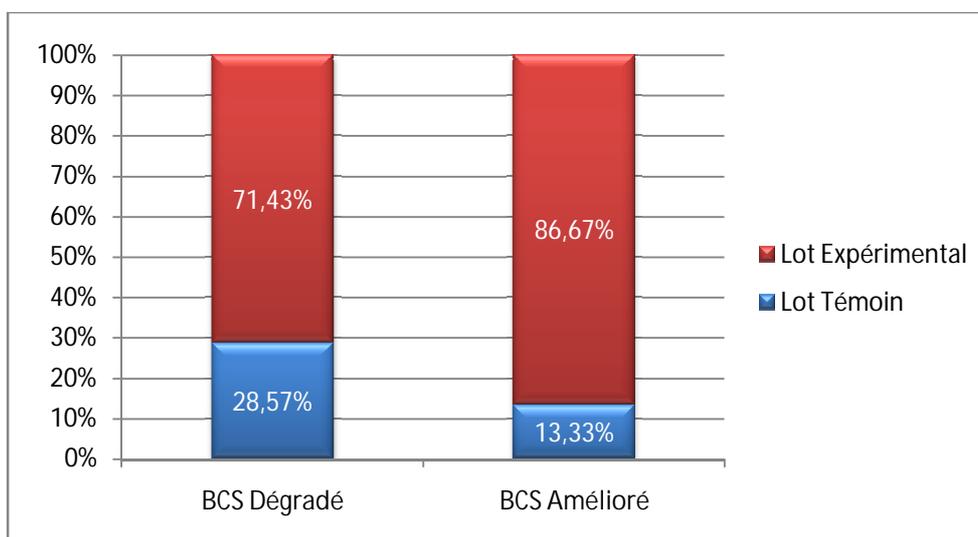


Figure 34 : Taux de diagnostic de gestation positif à 53 jours post IA selon le BCS corrigé.

Le protocole Ovsynch a donc permis d'éliminer l'effet négatif des BCS dégradés sur les taux de gestation positive (*BUTLER & SMITH, 1989 ; DOMEQ et al., 1997 ; RUEGG & MILTON, 1995*) et pourrait être appliqué sur des vaches trop maigres qui sont trop souvent mises à la reproduction dans notre pays. L'action lutéotrope de l'injection de GnRH en favorisant le maintien d'un taux sanguin élevé de progestérone réduirait les risques de mortalité embryonnaire précoce décrits chez les vaches à BCS dégradé. L'indisponibilité des kits de dosage de la progestéronémie a rendu impossible la vérification de cette dernière hypothèse déjà discutée par Morreira et al (2000). Néanmoins une amélioration qualitative et quantitative de la ration de ces vaches reste obligatoire.

III.4. INTERET ECONOMIQUE DU PROTOCOLE OVSYNCH

L'évaluation du cout de chaque protocole (Témoin : PGF2 α et Expérimental : Ovsynch) a révélé un cout global du protocole Ovsynch par vache de 4 981,22 DA contre 3512,73, DA pour une vache du lot PGF2 α , ce qui correspond à une majoration de 41, 80 % (Tableau XIII). Ce surcout est du au prix de revient des hormones du protocole Ovsynch (1831,22 DA) contre seulement 307,18 DA pour le protocole PGF2 α . Toutefois pour dernier, 4 déplacements ont été nécessaires pour inséminer les vaches contre un seul pour le lot Expérimental, auxquels se sont ajoutés les frais répétés de détection des chaleurs.

Tableau XIII : Démarche de calcul des frais d'IA et prix d'une gestation dans l'étude comparative Prostaglandine-Ovsynch.

Lot	Témoin		Expérimental	
	Actes effectués	Prix (DA)	Actes effectués	Prix (DA)
1 ^{er}	DEP/38+FR+EV+E GEN	500	DEP/38+FR+EV+EGEN	500
2 ^{ème}	DEP/38+ECHO+E GEN	1200	DEP/38+ECHO+E GEN	1 200
3 ^{ème}	DEP/38+INJ+PGF2•	557,18	DEP/38+INJ+GnRH	1 012,02
5 ^{ème}	DEP /18+DC	211,11		
6 ^{ème}	*DEP/10+DC+IA	800		
7 ^{ème}	*DEP/4+DC+IA	1100		
8 ^{ème}	*DEP/1+DC+IA	2600		
9 ^{ème}	*DEP/3+DC+IA	1266,66		
10 ^{ème}			DEP/20+INJ+ PGF2•	607,18
12 ^{ème}			DEP/20+INJ+ GnRH	1 062,02
14 ^{ème}			DEP/20+IA	600

Prix moyen / IA		3 512,73		4 981,22
50^{ème}	DEP (38)+ECHO	1050	DEP (38)+ECHO	1050
90^{ème}	DEP+FR	250	DEP+FR	250
Cout moyen / vache		4 812,73		6 281,22
Cout moyen / gestation		21 657,28		6 979,13

Rapporté au cout d'une gestation ce montant est ramené à 21657,28 DA pour le protocole PGF2 α contre seulement 6979,13 DA pour le lot expérimental soit une réduction de 62,23 % du cout d'une gestation avec le protocole Ovsynch. Par conséquent, ce dernier permet outre une réduction de la démultiplication des actes, de proposer une solution économiquement plus intéressante.

CONCLUSION

GÉNÉRALE

CONCLUSION

La présente étude menée sur un lot de vaches en 1^{ère} lactation comprenant 37 vaches de race Fleckvieh et une seule de race Braunvieh. La supériorité en termes de rusticité, de fertilité, et de résistance aux mammites de la race Fleckvieh a motivé notre choix. En effet cette race figure parmi les premières races où un effort de sélection sur les caractères fonctionnelles a été consenti depuis 1984. Ces qualités devrait lui permettre vivre correctement et de bien vieillir au sein d'une exploitation en Algérie.

Ce travail a permis de montrer l'intérêt d'une plus large utilisation du protocole Ovsynch dans les exploitations bovines dans notre pays. L'efficacité de ce protocole a été vérifiée quelque soit l'état de cyclicité et du BCS des vaches étudiées et sa pertinence économique démontrée. Il permet notamment de s'affranchir de la détection des chaleurs toujours fastidieuse et imprécise et une meilleure gestion des opérations d'insémination artificielle qui sont ainsi regroupées et programmées à un temps fixe.

Les résultats obtenus soulignent également l'intérêt de ce protocole dans l'amélioration des taux de gestations des vaches aux BCS dégradés et de faible fertilité génétique, assez répandues dans nos exploitations.

Une étude élargie à un plus grand nombre d'animaux associée à une analyse plus complète des différents facteurs de variation de la fertilité permettrait sans doute une appréciation plus précise de l'intérêt du protocole Ovsynch dans nos conditions terrain.

BIBLIOGRAPHIE

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- **AGABRIEL J., GIRAUD JM., PETIT M., 1986** : Détermination et utilisation de la note d'état d'engraissement en élevage allaitant. Bull. Tech. Centre de Recherche Zootechnique et Vétérinaire de Theix, 66, 43-50.
- **AGÖF., 2004** : Le top liste d'Autriche fleckvieh/simmental.
http://agoef/Topliste/Zeichenerklärung/zu/den/Topliste_neu.doc (15.01.2005).
- **AKAGI S., KANEKO H., NAKANISHI Y., TAKEDOMI T., WATANABE G., TAYA K., 1997** : Ovarian response and FSH profile in cows following injection of various doses of inhibin antiserum. J Vet Med Sci, 59,1129-1135.
- **AMBROSE JD., DROST M., MONSON RL., RUTLEDGE JJ., LEIBFIED-RUTLEDGE JJ., THATCHER MJ., KASSA T., BINELLI M., HANSEN PJ., CHENOWETH PJ., HATCHER WW., 1999** : Efficacy of timed embryo transfer with fresh and frozen in vitro produced embryos to increase pregnancy rates in heat-stressed dairy cattle. J Dairy Sci, 82, 2369-2376.
- **ANDERSSON L., 1988** : Metabolic diseases of ruminant's livestock. Subclinical ketosis in dairy cows. Vet Clin of North Am. Food Anim Pract, 4, 233-251.
- **AUMANN J., KEWITZ A., 2005** : Spinnengliedrigkeit/Arachnomelie.
http://www.bvnonline.de/uploads/media/arachnomelie_12-16.pdf (23.02.2010).
- **BARILLET F., BONAÏTI B., 1992** : La production laitière des ruminants traits. INRA Pro Anim, Génétique quantitative, Nr hors série, 117-121.
- **BIDANEL JP., 1992** : Comment exploiter la variabilité génétique entre races : du croisement simple à la souche synthétique. INRA Pro Anim, Génétique quantitative, Nr hors série, 249-254.
- **BINDAS EM., GWAZDAUSKAS .C., AIELLO RJ., HERBEIN JH., MCGILLIARD ML., POLAN CE., 1984** : Reproductive and metabolic characteristics of dairy cattle supplemented with β -carotene. J Dairy Sci, 67, 1249-1255.
- **BONAMY PJ., BENHAIN A., LEYMARIE P., 1990** : Estrous cycle-relate changes of high luteinizing hormone/human chorionic gonadotropin binding sites in the rat uterus. Endocrinology, 126,1364-1269.
- **BONNE G., DARRE A., FUGIT G., GADOUD R., JUSSIAU R., NADREAU N., PAPET A., VALOGNES R., 1986** : Amélioration génétique des animaux d'élevage. Collection ENRAP. Edition Foucher, Paris, 286 pages.
- **BONNES G., DESCLAUDE J., DROGOUL C., GADOUD R., JUSSIEAU R., LE LOC'H A., MONTMEAS L., ROBBIN G., 1988** : Reproduction des mammifères d'élevage. Collection INRAP. Edition Foucher, Paris, 239 pages.
- **BRITT JH., 1988** : Current concepts of folliculogenesis and endocrinology. Embry Transf, 3,1-3.
- **BULVESTRE MD., 2007** : Influence du β -carotène sur les performances de reproduction chez la vache laitière. Thèse de doctorat vétérinaire. ENV Alfort, 114 pages.
- **BURKE JM., DE LASOTA RL., RISCO CA., STAPLES CR., SCHMITT EJP., THATCHER WW., 1996** : Evaluation of timed insemination using a gonadotropin, releasing hormone agonist in lactating dairy cows. J Dairy Sci, 79,1385-1393.
- **BUTLER WR., EVERETT RW., COPPICK CE., 1981**: The relationships between energy balance, milk production and ovulation in postpartum Holstein cows. J Anim Sci, 53, 742-749.
- **BUTLER WR., SMITH RD., 1989** : Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. J Dairy Sci, 72, 767-783.
- **BUTLER WR., 1998**: Effects of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. J Dairy Sci., 81, 2533-2539.
- **BUTLER WR., 2000**: Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. Anim Reprod Sci, 61, 449-457.

- **CASANOVA L., 2004** : Erbfehler und erbfehlerdatenbank beim brauvieh. http://www.anarb.it/Bruna2004/inglese/Presentazioni/Ver_PRT/Venerdi/Mattino/4%20CASANOVA_Vortrag%20Erbfehler%20definitiv%20%5BSola%20lettura%5D_P.pdf (25.02.2010).
- **CEIA., 2007**: Consanguinité des accouplements en race abondance et montbéliarde sur la Haute-Savoie incidence sur les performances de reproduction. http://www.ceia74.fr/GestionFichiers/Documents/Genetique/TNR_et_CONSANGUINITE.pdf (25.09.2009).
- **CHASTANT-MAILLARD S., FOURNIER R., REMMY D., 2005** : Actualité sur le cycle de la vache. Point Vét, 36 (N° spécial reproduction des ruminants). 10-15.
- **CIAQ., 2010a** : Principes génétiques de consanguinité calcul de consanguinité. <http://www.ciaq.com/ressources/formation-et-information/principes-genetiques-de-consanguinite.html> (10.02.2010).
- **CIAQ., 2010b** : Principes génétiques de consanguinité, à éviter. <http://www.ciaq.com/ressources/formation-et-information/principes-genetiques-de-consanguinite.html> (11.02.2010).
- **CIAQ., 2010c** : Principes génétiques de consanguinité, effets de la consanguinité. <http://www.ciaq.com/ressources/formation-et-information/principes-genetiques-de-consanguinite.html>. (11.02.2010).
- **CNIAAG., 2002** : Catalogue des taureaux d'Insémination Artificielle, page 3.
- **COCKWILL CL., McALLISTER TA., OLSON ME., MILLIGAN .N., RALSTON BJ., HUISMA C., et al., 2000** : Individual intake of mineral and molasses supplements by cows, heifers and calves. Canad J Anim Sci, 80, 681-690.
- **CORDOBA MC., FRICKE PM., 2001** : Evaluation of two hormonal protocols for synchronization rate, size of the ovulatory follicle, and pregnancy rate after synchronization of ovulation beginning on different days of the estrus cycle in lactating dairy cows. Theriogenology, 52, 1067-1078.
- **DALTON JC., NADIR S., BAME JH., NOFTSINGER M., NEBEL RL., SAACKE RG., 2001**: Effect of time of insemination on number of accessory sperm, fertilization rate, and embryo quality in non lactating dairy cattle. J Dairy Sci, 84, 2413-2418.
- **DARNIS A., 2006** : Les anomalies d'origine héréditaire chez les bovins. http://oatao.univ-toulouse.fr/1685/1/debouch_1685.pdf (07.02.2010).
- **DERIVAUX J., ECTORS F., 1980** : Physiologie de la reproduction et obstétrique vétérinaire. Edition le point vétérinaire, Maisons-Alfort, 273 pages.
- **DISENHAUS C., 2004** : Mise à la reproduction chez la vache laitière : actualités sur la cyclicité post- partum et l'œstrus. Journées nationales des GTV. Tours, 26, 27, 28 mai, 859-865.
- **DISENHAUS C., GRIMARD B., TROU G., DELABY L., 2005** : De la vache au système : s'adapter aux différents objectifs de reproduction en élevage laitier? Renc Rech Ruminants, 12,125-135.
- **DOMECQ JJ., SKIDMORE AL., LLOYD JW., KANEENE JB., 1997** : Relationship between body condition scores and milk yield in a large dairy herd of high yielding Holstein cows. J Dairy Sci, 80, 101-112.
- **DRILLICH M., TENHAGEN BA., HEUWIESER W., 2000** : Effect of one spontaneous estrus cycle after synchronization with PGF2 α on reproductive performance in dairy cows. Theriogenology, 54, 1389-1394.
- **DRION PV., HANZEN C., HOUTAIN JY., ECTORS F., BECKERS JF., 1998** : Connaissances actualisées des régulations de la croissance folliculaire chez les bovins. Journées Nationales des GTV. Tours, 27-28-29 Mai. Paris : SNGTV, 15-26.
- **DRION PV., BECKERS JF., DERKENNR F., HANZEN C 2000** : Le développement folliculaire chez la vache. 2. Mécanismes hormonaux au cours du cycle et du post-partum. Ann Méd Vét, 144, 385-404.

- **DRIONCOURT MA., THATCHER WW., TERQUI M., ANDRIEU D., 1991 :** Dynamics of ovarian follicular development in cattle during the estrous cycle, early pregnancy and in response to PMSG. *Dom Anim Endocrinol*, 8, 209- 221.
- **DRÖGEMÜLLER C., DISTL O., LEEB T., 2003 :** X-linked anhidrotic ectodermal dysplasia (ED1) in Men, mice and cattle. *Genet Sel Evol*, 35, 137-145.
- **DUCOS A., EGGEN A., DARRE R., BOICHARD D., 2003 :** Les anomalies génétiques dans l'espèce bovine. <http://www.cytogenetique.envt.fr/Publications/C-15.pdf> (11.02.2010).
- **DUCROCQ V., 1992 :** Du modèle génétique au modèle statistique. *INRA Pro Anim, Génétique quantitative, Nr hors série*, 75-81.
- **DUVAL-DESNOES OA., 2005 :** Anomalies congénitales chez les bovins. Étiologie et proposition de conduites à tenir. <http://theses.vet-alfort.fr/telecharger.php?id=751> (07.02.2010).
- **EDMONSON AJ., LEAN IJ., WEAVER LD., FARVER T., WEBSTER G., 1989 :** A body condition scoring chart for holstein dairy cows. *J Dairy Sci*, 72, 68-78.
- **ENJALBERT F., 1994 :** Relations alimentation - reproduction chez la vache laitière. *Point Vét*, 158, 984-991.
- **ENNUYER M., 2000 :** Les vagues folliculaires chez la vache, applications pratiques à la maîtrise de la reproduction. *Le point vétérinaire*, 31, 9-15.
- **ERNST G., 2009 :** ARGE, Fleischrinder-Zuchttrainerseminar. Zar. <http://www.zar.at/filemanager/download/21995> (15.02.2010).
- **FALCONER DS., 1981 :** Introduction to quantitative genetics, Longmann édition, 365 pages.
- **FERGUSON JD, 1991:** Nutrition and reproduction in dairy cows. *Vet Clin of North Am. Food Anim Pract*, 7, 483-507.
- **FERRAND M., AUDREY F., GANTIER C., 2005 :** Les anomalies héréditaires des bovins laitiers. <http://www.facmv.ulg.ac.be/cours/genquant/29032004gr1.ppt> (02..02.2010).
- **FIENI F., TAINTURIER D., BRUYAS JF., BATTUT I., 1995 :** Physiologie de l'activité ovarienne cyclique chez la vache. *Bul GTV*, 4, 35-49.
- **FINDLAY JK., 1993 :** Ap update on the roles of inhibin, activin and follistatin as local regulators of folliculogenesis. *Biol Reprod*, 48, 15-23.
- **FONTAINE M et al., 1988 :** Vade-mecum du vétérinaire. Les thérapeutiques hormonales. 15^{ème} édition, 359-384.
- **FORTUNE JE., SIROIS J., QUIRK SM., 1988 :** The growth and differentiation of ovarian follicles during the bovine estrous cycle. *Theriogenology*, 29, 95-109.
- **FORTUNE JE., 1993 :** Follicular dynamics during the bovine estrous cycle : a limiting factor in improvemen of fertility?. *Anim Reprod Sci*, 33, 111-125.
- **FORTUNE JE., 1994 :** Ovarian follicular growth and development in mammals. *Biol Reprod*, 50, 225-232.
- **FOULLEY JL., MANFREDI E., 1992 :** L'évaluation génétique des reproducteurs pour des caractères à seuil. *INRA Pro Anim, Génétique quantitative, Nr hors série*, 201-204.
- **FOURRICHON, SEEGER S H., BAREILLE N., BEAUDEAU F., 2001 :** Estimation des pertes et de l'impact économiques consécutifs aux principaux troubles de santé en élevage bovin laitier. *Renc Rech Ruminants. Paris*, 5-6 Décembre 2001. Institut de l'Élevage – INRA, 137-142.
- **FRANCHIMONT P., DEMOULIN A., VALCHE JC., 1987 :** Mécanisme endocriniens, paracrines et autocrines du développement folliculaire. *J GynecoObst Biol Reprod*, 16, 695-708.
- **FRERET S., CHARBONNIER G., CONGNARD V., JEANGUYOT N., DUBOIS P., LEVERT J., et al, 2005 :** Expression et détection des chaleurs, reprise de la cyclicité et perte d'état corporel après vêlage en élevage laitier. *Renc Rech Ruminants. Paris*, 7-8 Décembre. Institut de l'Élevage – INRA, 149-152.

- **FRERET S., PONSART C., RAI DB., JEANGUYOT N., PACCARD P., HUMBLLOT P., 2006** : Facteurs de variation de la fertilité en première insémination et des taux de mortalités embryonnaires en élevages laitiers Prim'Holstein. Renc Rech Ruminants. Paris, 7-8 Décembre. Institut de l'Élevage – INRA, 281-284.
- **FROMENT P., 2007** : Note d'état corporel et reproduction chez la vache laitière. Thèse de doctorat vétérinaire, ENV Alfort, 112 pages.
- **FÜHRER F., 2005** : Zuchtstrategien beim fleckvieh aus sicht der Zuchtorganisationen. Evf-Kongress journal, 26, 13-17.
- **FÜRST C., EGGER-DANNER C., 2002** : Joint genetic evaluation for fertility in Austria and Germany. Interbull Bulletin, 29, 73-76.
- **FÜRST C., 2006** : Spinnengliedrigkeit – keine Panik ! Kärntner Rinderzuchter, 2, 7-10.
- **FÜRST C., 2009** : Zuchtwertschätzung Fruchtbarkeit.
<http://cgi.zar.at/download/ZWS/Fruchtbarkeit.pdf> (25.03.2010).
- **GERLOFF BJ., 1987** : Body condition scoring in dairy cattle. Agri-practice, 8, 31-36.
- **GINTHER OJ., 2001** : Follicle selection in monovular species. Biol Reprod, 65, 638-647.
- **GOSEN N., HOEDEMAKER M., 2005** : Einfluss der β - Karotin-Serum-konzentration auf die Fruchtbarkeitsleistung von Milchkühen. Berl Münch Tierärztl. Wochenschr, 11, 326-333.
- **GREDLER B., 2008** : Entwicklung einer Zuchtwertschätzung für Merkmale der Fruchtbarkeit beim Rind. Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien, 235 seiten.
- **GREDLER B., FÜRST C., 2008** : Zuchtwertschätzung Fruchtbarkeit – NEU BOKU und ZuchtData. Wien. <http://www.zar.at/filemanager/download/21325/> (02.03.2010).
- **GRIMARD B., DISENHAUS C., 2005** : Les anomalies de reprise de la cyclicité après vêlage. Le point vétérinaire, N° spécial reproduction des ruminants : maîtrise des cycles et pathologie, 36, 16-21.
- **GRIMARD B., RICHARD C., MARQUANT-LEGUIENNE B., HUMBLLOT P., PONTER AA., 2005** : Relations entre bilan énergétique, production d'ovocytes et d'embryons in vitro en début de lactation et fertilité chez la vache laitière. Renc Rech Ruminants. Paris, 7-8 Décembre. Institut de l'Élevage – INRA, 169-174.
- **HAFEZ B et al., 2000** : Reproductive cycles. Reproduction in farm animals, 7th edition, Kiawah Island, USA, 55-67.
- **HAMMOUD JM., MONDCHEIN JS., SAMARAS SE., SMITH SA., HAGEN DR., 1991** : The ovarian insulin-like growth factor system. J Reprod Fert, 43, 199-208.
- **HANZEN C., HOUTAIN JY., LAURENT Y., 1996** : Mise au point relative à l'utilisation de la gonadolibérine en reproduction bovine. 1 Justification physiologique de son application au traitement de l'infertilité. Le Med Vet du Québec, 26 (1) ,07-11.
- **HANZEN C., LOURTIE O., DRION PV., 2000** : Le développement folliculaire chez la vache. 1. Aspects morphologiques et cinétiques. Ann Méd Vét, 144, 223-235.
- **HELMER SD., HANSEN PJ., THATCHER WW., JOHNSON JW., BAZER FW., 1989** : Intrauterine infusion of highly enriched bovine trophoblast protein 1 complex exacts an antiluteolytic affect to extend corpus luteum lifespan in cyclic cattle. J Reprod fert, 87, 89-101.
- **HERATH S., 2007** : Ovarian follicular cells have innate immune capabilities that modulate their endocrine function. Reproduction, 134, 683-693.
- **HERNANDEZ J., SHEARER JK., WEBB DW., 2001** : Effect of lameness on the calving-to-conception interval in dairy cows. JAVMA, 218, 1611-1614.
- **HURLEY WL., DOANE RM., 1989**: Recent developments in the roles of vitamins and minerals in reproduction. J Dairy Sci, 72, 784-804.
- **HUSTON K., 1993** : Heritability and diagnosis of congenital abnormalities in food animals. Vet Clin Food Anim, 9, 1-9.
- **IRELAND JJ., ROCHE JR., 1982** : Effect of progesterone on basal LH and episodic LH and FSH secretion in heifers. J Reprod Fert, 64, 295-302.

- **JAMES L.F., PANTER K.E., NIELSEN D.B., MOLYNEUX R.J., 1992:** The effect of natural toxins on reproduction in livestock. *J Anim Sci*, 70, 1573-1579.
- **JORJANI H., 2006 :** International genetic evaluation for female fertility traits. *Interbull Bulletin* 34, 57-64.
- **JUSSIAU R., MONTMEAS L., PAPET A., 2006 :** Amélioration génétique des animaux d'élevage. Base scientifique, sélection et croisement. Collection zootechnie. Edition Educagri, Dijon, 321 pages.
- **KANITZ W., LEIDING C., 2004 :** Aus forschung und wissenschaft : Terminorientierte rinderbesamung. *BVN Zuchtwahl und besamung*, 151, 22-23.
- **KINN IC., SCHOMBERG DW., 1989 :** The production of transforming growth factor b activity by rat granulose cell cultures. *Endocrinology*, 124, 1345-1351.
- **KRISTULA M., BARTHOLOMEW R., GALLIGAN D., 1992 :** Effects of a prostaglandin F_{2α} synchronization program in lactating dairy cattle. *J Dairy Sci*, 75, 271-293.
- **LA TRIBUNE., 2010 :** Production laitière en Algérie. <http://www.afriquejet.com/afrique-du-nord/algerie/production-laitiere-en-algerie-2010110259955.html> . (03.12.2010).
- **LARSON SF., BUTLER WR., CURRIE WB., 1997 :** Reduced fertility associated with low progesterone postbreeding and increased milk urea nitrogen in lactating cows. *J Dairy Sci*, 80, 1288-1295.
- **LEBLANC S., 2003 :** Outils de gestion de la reproduction. Symposium sur les bovins laitiers. http://www.agrireseau.qc.ca/bovinslaitiers/Documents/Leblanc_SStephen.pdf (09.03.2010).
- **LECOUTEUX M., 2005 :** Anomalies de la reprise de cyclicité post-partum chez la vache laitière, facteurs de risque, effets sur les performances de reproduction. Thèse Méd Vét, Nantes, 82 pages.
- **LEDOUX D., HUMBLLOT P., CONSTANT F., PONTER A., GRIMARD B., 2006 :** Echecs précoces de gestation chez la vache laitière. *Point Vet*, 37 (numéro spécial reproduction des ruminants), 50-55.
- **LEE K., 2008 :** IN Ceia. Comment améliorer ses résultats de reproduction ? http://www.ceia74.fr/GestionFichiers/Documents/Insemination/Regles_pour_avoir_de_bons_resultats_IA.pdf (26.09.2009).
- **LEIPOLD HW., 1996 :** Congenital defects and hereditary disorders in ruminants. *Large animal internal medicine*. Smith BP, 2nd ed, Mosby, 1719-1770.
- **LEWIS GS., 1997:** Symposium: Health problems of the postpartum cow. Uterine health and disorders. *J Dairy Sci*, 80, 984-994.
- **LOPEZ H., SARTORI R., WILTBANK MC., 2005 :** Reproductive hormones and follicular growth during development of one or multiple dominant follicles in cattle. *Biol Reprod*, 72, 788-795.
- **LOTTHAMMER KH., AHLWEDE L., MEYER H., 1976 :** Untersuchung über eine spezifische, vitamin-A-unabhängige Wirkung des β-Carotins auf die Fertilität des Rindes. Mitteilung: Weitere klinische Befunde und Befruchtungsergebnisse (Versucht III). *Dtsch Tierärztl Wschr*, 83, 351-390.
- **LOTTHAMMER KH., 1978 :** β-Carotène et fertilité de la vache laitière. Journée de Vitaminologie-Nutrition Animale- Hoffmann La Roche. Neuilly-sur-Seine : 9 février. 1-9.
- **LUKASZEWSKA J., HANSEL W., 1980 :** Corpus luteum maintenance during early pregnancy in the cow. *J Reprod Fert*, 59, 485-493.
- **LUNTZ B., 2005 :** Zukünftige anforderungen an leistungsprüfung und zuchtplanung. *Evf-Kongress journal*, 26,7-12.
- **MALLARD J., 1992 :** Les index multicaractères. *INRA INRA Pro Anim, Génétique quantitative*, Nr hors série, 213-217.
- **MEE MO., STEVENSON JS., ALEXANDER BM., SASSER RG., 1993 :** Administration of GnRH at estrus influences pregnancy rates, serum concentrations of LH,

- FSH, oestradiol 17 β , progesterone, proportion of luteal cell types and in vitro production of progesterone in dairy cows. *J Anim Sci*, 71, 185-198.
- **MEIER N., LUNTZ B., 2007** : Totgeburten und Missbildungen bei Kälbern, Den Ursachen auf der Spur. *Milch pur*, 3, 24-27.
 - **MEYER H., AHLWEDE L., LOTTHAMMER KH., 1975** : Untersuchungen über eine spezifische, Vitamin-A-unabhängige Wirkung des β -Carotins auf die Fertilität des Rindes. Mitteilung. Versuchsanstellung, Körperentwicklung und Eierstocksfunktion. *Dtsch Tierärztl Wschr*, 82, 429-472.
 - **MIALOT JP., PONSART C., PONTER AA., GRIMARD B., 1998** : L'anoestrus post-partum chez les bovins : thérapeutique raisonnée. Journées nationales des GTV, Tours, SNGTV, 71-77.
 - **MIALOT JP., CHASTANT S., 2001** : Reproduction bovine. Infertilité femelle. Polycopié de cours ENVA, 27-35.
 - **MIALOT JP., CONSTANT F., CHASTANT S., PONTER AA., GRIMARD B., 2001** : La croissance folliculaire ovarienne chez les bovins : nouveautés et applications. Société Française de Buiatrie, Paris, 163-168.
 - **MINVIELLE F., 1990** : Principes d'amélioration génétique des animaux domestiques. INRA. Edition les Presses de l'université Laval, Québec Canada, 211 pages.
 - **MOREIRA F., RISCO C., PIRES MFA., AMBROSE JD., DROST M., DELORENZO M., THATCHER WW., 2000** : Effect of body condition on reproductive efficiency of lactating dairy cows receiving a timed insemination. *Theriogenology*, 53, 1306-1319.
 - **NOZIERE P., GRAULET B., LUCAS A., MARTIN B., GROLIER P., DOREAU M., 2006** : Carotenoids for ruminants: from forages to dairy products. *Anim Feed Sci Tech*, 131, 418-450.
 - **OBRIITZHAUSER W., 2000** : Fruchtbarkeit beim Rind, Stallseminare der milchwirtschaftlichen Arbeitskreise in der Steiermark. <http://www.stmk-tgd.at/Sektionen/Rind/daten/Fruchtbarkeit.pdf> (10.12.2009).
 - **ODDE KG., 1990** : A Review of synchronization of estrus in postpartum cattle. *J Anim Sci*, 68, 817-830.
 - **OPSOMER G., GRÖHN YT., HERTL J., CORYN M., DELUYKER H., DE KRUIF A., 2000** : Risk factors for post partum ovarian dysfunction in high producing dairy cows in Belgium. A field study. *Theriogenology*, 53, 841-857.
 - **ORIHUELA A., 2000** : Some factors affecting the behavioural manifestation of estrus in cattle, a review. *Appl Anim Behav Sci*, 70, 1-16.
 - **PARKER R., 1990** : Indice de l'état de chair des bovins laitiers. Ministère de l'agriculture et de l'alimentation. Ontario Canada, fiche technique n° 90-026.
 - **PERRIN C., 2001** : Induction et synchronisation des chaleurs en élevage bovin allaitant : Essai clinique de l'Eazi breed. Thèse de docteur vétérinaire, ENV Toulouse, 52 pages.
 - **PETERS AR., LAMMING GE., 1986** : Regulation of ovarian function in the post partum cow : An endocrine model. *Vet Rec*, 118, 236-239.
 - **PETIT S et al., 2009** : Dictionnaires des Médicaments Vétérinaires et des produits de Santé Animale. 15^e édition, le Point Vétérinaire. Maison Alfort, France, 1886 pages.
 - **PHILLIPS CJ., MORRIS ID., 2001** : The locomotion of dairy cows on floor surfaces with different frictional properties. *J Dairy Sci*, 84, 623-628.
 - **PICARD-HAGEN N., BERGONIER D., BERTHELOT X., 1996** : Maîtrise médicale du cycle œstral chez la vache. *Le Point Vétérinaire*, 28, 933-941.
 - **PICARD-HAGEN N., BERTHELOT X., 1997** : Maîtrise hormonale des cycles chez les ruminants : principes généraux et principaux protocoles. *La Semaine Vétérinaire*, 847, 8-10.
 - **PICHLER R., 2005** : Fleckvieh Austria – Fit für die Zukunft. *Evf-Kongress journal*, 26, 32-42.
 - **POUJARDIEU B., MALLARD J., 1992** : Les méthodes d'estimation de l'héritabilité et des corrélations génétiques. INRA Pro Anim, Génétique quantitative, Nr hors série, 87-92.

- **PURSLEY JR., MEE MO., WILTBANG MC., 1995** : Synchronization of ovulation in dairy cows using PFG2a and GnRH. *Theriogenology*, 44, 915-923.
- **RAGANITSCH G., HUBER ., RAITH., 1997**: Tierzucht und tierhaltung. Band 1. Landwirtschaftliche Nutztier, Halten, Füttern, Züchten. Leopold Stocker Verlag, Graz-Stuttgart, 91 pages.
- **RAGANITSCH G., 2001** : Das Österreichische Fleckvieh und seine Genetik. Die Vergangenheit ist der Schlüssel für die Zukunft. AGÖF, Eigenverlag, Zwettl, 368 pages.
- **REGALDO D., 2007** : Les facteurs génétiques de la fertilité des vaches laitières. http://www.inst-elevage.asso.fr/html1/IMG/doc/Facteurs_genetiques_Fertilite.doc (17.03.2010).
- **RENSING S., 2004** : Lineare Beschreibung bei Holstein. <http://cgi.zar.at/download/Rensing-Internet.zip> (12.03.2010).
- **RETTMER I., STEVESON JS., CORAH LR., 1992** : Endocrine responses and ovarian changes in inseminated dairy heifers after an injection of a GnRH agonist 11 to 13 days after estrus. *J Anim Sci*, 70, page 508.
- **RICHARD JS., JANHSEN T., HEDIN L., LIFKA J., RATOOSH S., DURICA JM., GOLDING NB., 1987** : Ovarian follicular development: from physiology to molecular biology. *Recent Prog Horm Res*, 43, 231-276.
- **RICORDEAU G., 1992** : Synthèse des estimations de la variabilité génétique et des liaisons entre caractères dans les différentes espèces. INRA Pro Anim, Génétique quantitative, Nr hors série, 107-116.
- **RIVERA GM., GONI CG., CHAVES MA., FERRERO SB., BO GA., 1998** : Ovarian follicular wave synchronisation and induction of ovulation in postpartum beef cows. *Theriogenology*, 49, 1365-1375.
- **ROBERTS RM., 1989** : Conceptus interferons and maternal recognition of pregnancy. *Biol Reprod Fert*, 40, 449-452.
- **ROCHE JF., MIHM M., DISKIN MB., 1997** : Physiology and practice of inducing and control of estrus cycle in cattle. *Bovine practitioner*, 31, 4-10.
- **ROCHE JF., IRELAND JJ., 1998** : A review of regulation of follicle growth in cattle, *J Anim science*, 76, 16-29.
- **ROSE TA, FISCHER B, SHEFFIELD LG., 1991** : Role of EGF in oocyte-somatic cell interactions in the bovine follicle. *Biol Reprod*, 44, 144-148.
- **RUEGG PL., MILTON RL., 1995** : Body condition scores of Holstein cows on Prince Edward Island, Canada: relationships with yield, reproductive performance, and disease. *J Dairy Sci*, 78, 552-564.
- **SAVIO JD., BOLAND MP., ROCHE JF., 1990** : Development of dominant follicles and length of ovarian cycles in postpartum dairy cows. *J Reprod Fert*, 88, 581-591.
- **SCHWEIZERISCHER FLECKVIEHZUCHTVERBAND., 2009** : Zuchtwertschätzung. http://www.fleckvieh.ch/SFZVWeb/Rainbow/Documents/ZWS_sfzv09_d.pdf (18.05.2010).
- **SEEGERS H., 1998** : Performances de reproduction du troupeau bovin laitier: variations dues aux facteurs zootechniques autres que liés à l'alimentation. Journées Nationales des GTV. Tours 27-28-29 Mai. Paris : SNGTV, 57-66.
- **SEEGERS H., BEAUDEAU F., BLOSSE A., PONSART C., HUMBLLOT P., 2005** : Performances de reproduction aux inséminations de rangs 1 et 2 dans les troupeaux Prim Holstein. Renc. Rech. Ruminants. Paris, 7-8 Décembre 2005. Institut de l'Élevage –INRA, 141-144.
- **SHAN-NAN L., 1999** : Use of GnRH-PGF-GnRH as a method of timed insemination to improve fertility in lactating Holstein cows in Southern Taiwan. *Taiwan J Dairy Sci*, 28, 373-380.
- **SHIPKA P., ELLIS LC., 1999** : Effects of bull exposure on postpartum ovarian activity of dairy cows. *Anim Reprod Sc*, 54, 237-244.

- **SI SALEH N., 2003** : Production laitière et performance de reproduction des vaches laitières au niveau des wilayas de Relizane, Blida et zone de Guerrara. Thèse de magistère, ENV El Harrach, 143 pages.
- **SIMMENTAL FRANCE., 2010** : La Race Simmental. Origine et historique. <http://www.simmentalfrance.fr/origine-et-historique.html> (15.02.2010).
- **SPICER LJ., TUCKER WB., ADAMS GD., 1990** : Insulin like growth factor I in dairy cows. Relationship among energy balance, body condition, ovarian activity, and estrus behavior. *J Dairy Sci*, 73, 929-937.
- **STURMAN H., OLTENACU EA., FOOTE RH., 2000** : Importance of inseminating only cows in estrus. *Theriogenology*, 53, 1657-1667.
- **SUNDERLAND SJ., CROWE MA., BOLAND MP., ROCHE JF., IRELAND JJ., 1994** : Selection, dominance and atresia of follicles during the oestrus cycle of heifers. *J Reprod Fert*, 101, 547-555.
- **TANZLER J., 2004** : Exterieur–beschreibung Fleckvieh. <http://cgi.zar.at/download/Tanzler-Internet.zip> (12.03.2010).
- **THATCHER WW., DROST M., SAVIO JD., MACMILLAN KL., ENTWISTLE KW., SCHMITT EJ., DE LA SOTA RL., MORRIS GR., 1993** : New clinical uses of GnRH and its analogues in cattle. *Anim Reprod Sci*, 33, 27-49.
- **THIBAUT C., LEVASSEUR MC., 1991** : La reproduction chez les mammifères et l’homme. INRA, Paris, 768 pages.
- **TIERGESUNDHEITSDIENST BAYERN E V., 2005** : Spinnengliedrigkeit (Arachnomélie). http://www.bvn-online.de/uploads/media/merkblatt_spinnengliedrigkeit_tgd_05-12-20.pdf (25.02.2010).
- **TIRET L., LEFRANÇOIS T., 2002** : Physiologie de l’appareil reproducteur. Polycopié. École Nationale Vétérinaire d’Alfort, Unité pédagogique de Physiologie et Thérapeutique. 94 pages.
- **TOUZÉ JL., LAIGRE P., THOMERET F., BOSCH M., GRIMARD B., 2004** : Anomalies des profils de rétablissement de la cyclicité post-partum chez les vaches laitières Prim Holstein. Relations avec les caractères zootechniques. *Renc Rech Ruminants*. Paris, 8-9 Décembre. Institut de l’Élevage – INRA, 1-40.
- **VAN DOORMAL B., 2008** : La consanguinité au fil du temps. http://www.agrireseau.qc.ca/bovinslaitiers/documents/Van%20Doormaal_Brian_AR.pdf (13.02.2010).
- **WINKLER R., 2004** : Lineare beschreibung Braunvieh. <http://cgi.zar.at/download/Winkler-Internet.zip> (12.03.2010).
- **YAVAS Y., WALTON JS., 2000** : Induction of ovulation in postpartum suckled beef cows a review. *Theriogenology*, 54, 1-23.
- **ZAR/ZUCHT DATA, 2008**: Zuchtwert-Datenbank. Alle rassen. http://cgi.zar.at/cgi-bin/zw_default.pl (20.12.2008).
- **ZUCHTWERTSCHÄTZUNG EXTERIEUR., 2010** : <http://cgi.zar.at/download/ZWS/Exterieur.pdf> (13.05.2010).

ANNEXES

Annexes

Renseignements détaillés concernant chaque vache de l'expérience :

Nr : numéro en expérience ; Dte Nais-IA : date de naissance et IA ;
lot tem et exp : lot témoin et expérimentale. Activ OV : activité ovarienne/Dgc rectal

IOGD : inactivité ovarienne gauche et droite, CJ : corps jaune. PO : postœstrus

Nr	Vache-Nom	Nr de boucle d'oreille	Dte Nais-IA	Dte Vêlage	Activ OV	Lot
1	Lerina	40 3259 607	13.01.06 / 16.08.07	13.05.08	CJ	Tem
2	Else	09 6877 508	09.01.06 / 17.08.07	30.05.08	PO	Exp
3	Sausi	48 2290 409	23.03.06 / 07.10.07	16.08.08	PO	Exp
4	Cora	48 8073 409	11.03.06 / 16.10.07	20.08.08	IOGD	Exp
5	Gonza	52 0429 209	09.02.06 / 18.08.07	26.07.08	IOGD	Exp
6	Fritzi	08 9193 309	28.03.06 / 28.08.07	30.05.08	CJ	Tem
7	Mast	37 1496 709	25.03.06 / 16.08.07	20.06.08	CJ	Tem
8	Sandi	25 3615 109	01.05.06 / 18.08.07	16.07.08	CJ	Tem
9	Atlanta	47 8255 309	01.04.06 / 19.10.07	26.08.08	CJ	Tem
10	Elina	46 6114 609	13.05.06 / 17.10.07	07.09.08	PO	Exp
11	Reli	47 5456 909	10.05.06 / 18.08.07	18.07.08	CJ	Exp
12	Lisa	88 1420 507	05.06.06 / 20.10.07	06.09.08	CJ	Tem
13	Rita	79 2487 909	29.06.06 / 12.08.07	25.06.08	CJ	Tem
14	Rocki	08 0589 209	28.05.06 / 15.09.07	18.06.08	PO	Exp
15	Honig	29 1967 709	03.02.06 / 05.11.07	30.07.08	IOGD	Exp
16	Verona	48 6899 909	06.12.05 / 04.10.07	25.06.08	IOGD	Exp
17	Rita	25 0368 508	26.12.05 / 13.10.07	25.06.08	CJ	Tem
18	/	45 1531 707	02.02.06 / 10.10.07	11.07.08	IOGD	Exp
19	Schnippi	25 9845 309	27.12.05 / 18.10.07	16.07.08	PO	Exp
20	Blume	50 5507 509	05.01.06 / 01.08.07	16.07.08	CJ	Tem
21	Uta	46 9226 809	23.04.06 / 13.09.06	17.06.08	IOGD	Exp
22	Braunvieh	44 1454 307	24.01.06 / 09.10.07	11.07.08	PO	Exp
23	Dili	45 5868 609	09.01.06 / 16.10.07	16.07.08	CJ	Tem

24	Marina	47 5004 209	10.01.06 / 13.08.07	22.05.08	CJ	Exp
25	Leina	75 6991 509	04.02.06 / 20.10.07	16.07.08	CJ	Tem
26	Netti	66 7823 907	19.01.06 / 22.07.07	01.05.08	PO	Exp
27	Balerina	47 7769 309	10.04.06 / 16.10.07	30.08.08	CJ	Tem
28	Frika	42 8335 272	22.03.06 / 18.10.07	13.09.08	IOGD	Exp
29	Herta	48 8071 209	19.02.06 / 14.10.07	26.07.08	CJ	Tem
30	Sabine	48 2367 609	16.04.06 / 09.09.07	23.06.08	CJ	Tem
31	Branka	66 7762 809	07.04.06 / 11.08.07	03.08.08	CJ	Tem
32	Herma	47 9004 109	30.03.06 / 17.10.07	04.08.08	CJ	Tem
33	Supi	86 6443 407	03.05.06 / 16.08.07	14.05.08	PO	Exp
34	Alfa	24 9871 409	25.05.06 / 20.09.07	25.06.08	IOGD	Exp
35	Wanela	90 5635 707	01.06.06 / 15.10.07	26.07.08	CJ	Tem
36	Bianka	69 3497 209	18.06.06 / 19.08.07	22.07.08	PO	Exp
37	Burgi	76 7233 909	01.07.06 / 20.10.07	24.09.08	CJ	Tem
38	Palme	88 9334 109	/	31.08.08	IOGD	Exp

GPM : Grand père maternel ; PGMM : père de la grande mère maternelle ;
Lact : lactation ; GMM : grande mère maternelle. HL 3.5513 : la meilleure lactation avec Nr de lactation et (3), et quantité de lait (5513 kg).

Nr	Père	GPM	PGMM	Lact Mère	Lact GMM
1	Webal DE 0932878729	Primus AT 485130246		HL 3.5513	HL 4.7385
2	Honig AT 670141334	Marko AT 260233148		HL 7.6978	HL 4.5294
3	Paul AT 856614 772	Hofer AT 498149944		HL 3.7238	HL 6.9482
4	Ress AT 348995433	Maxim AT 633295444		HL 2.7249	HL -5.8558
5	Madera DE 0918923365	Rocket AT 378211733		-580 MW 95 GZW 101	HL 6.6582
6	Sami AT 114384834	Ress AT 348995433		HL 2.4862	HL 3.6644
7	Plus AT 698392246	Streib DE 0917956193		HL /	HL /
8	Ress AT 348995433	Sami AT 114384834		HL 3.7161	HL 1.4893

9	Rento AT 748927772	Streller AT 474437441		HL 2.7314	HL 5.7668
10	Pobal AT 417068572	Stromer AT 718090542		HL 1.5673	HL 2.5454
11	Rehakles AT 649337372	Heron AT 444171 941		HL 2.7050	HL 5.6570
12	Idealo AT 614598572	Bonsai AT 307347233		HL /	HL 4.7462
13	Hubert AT 685301842	Heto AT 613293544		HL -1199 MW 61 GZW 70	HL /
14	Dionis AT 447242233	Wax AT 276441933		HL 1.6643	HL 3.6892
15	Remus AT 387066734	Mopf AT 585980571		HL 2.4664	HL 5.5081
16	Lord AT 141595134	Rudi AT 646722146		HL 1.5131	HL 3.6013
17	Hochdorf DE 0937056232	Leo AT 927146534		HL 3.6603	HL 9.7852
18	Honzell DE 0914863883	Ring AT 611238171		HL 1.5051	HL 2.4218
19	Leo AT 927146534	Charlie Red DE 1014073904		HL 6.7943	HL 5.6560
20	Mambo AT 315633372	Hofer AT 498149944		HL 1.4689	HL 1.5473
21	Walf AT 872204734	Pascal AT 481880641		HL /	HL 2.6359
22	Wurl ET CH 110323192619	Premium ET US 191362	Cronus ET AT 331228362	HL 2.7762	HL 3.6782
23	Rumba AT 623710746	Zaradi AT 292076533		HL 2.4863	HL 4.5729
24	Samut DE 0930988845	Heron AT 256824848		HL 6.7401	HL 8.5850
25	Reinhold DE 0937169372	Rawein AT 376556133		HL 1.4882	HL /
26	Ress AT 348995433	Lock AT 541950446		HL 3.6668	HL 4.6958
27	Cirkusar CZ 35670021	Paulus II AT 530900744		HL 3.8230	HL 4.8447
28	Walf AT 872204734	Rumba AT 623710746		HL 1.4647	HL 7.4980
29	Einstein DE 0936385320	Rumba AT 623710746		HL 3.9090	HL 3.7372
30	Sigmund AT 212952442	Rocket AT 378211733		HL 1.7320	HL /
31	Robert AT 298704845	Rondo AT 668050446		HL 1.6132	HL 7.5853
32	Smart AT 876531847	Robert AT 298704845		HL 2.7113	HL 3.7265
33	Walf AT 872204734	Rocket AT 378211733		HL 1.4702	HL 2.5814

34	Ribbon AT 193359172	Rumba AT 623710746		HL 2.4920	HL 2.6105
35	Partner AT 343298672	Bomat DE 0933806550		HL 2.5106	HL 2.7898
36	Weinold DE 0933663105	Lucki AT 504237944		HL 4.5486	HL 7.5727
37	Sigmund AT 212952442	Plus AT 698392246		HL 1.4202	HL 4.7335
38	Diran DE 0938088952	Hofer AT 498149944		HL 2.4553	HL 5.5024

GPM : grand père maternel ; PGMM ; père de la grande mère maternelle.

Nr	Lignée Père	Lignée GPM	Lignée PGMM	Consanguinité
1	Horex	Pontius		0
2	Horex	Metz		0
3	Polzer	Horex		0
4	Redad	Metz		0
5	Metz	Roxi		0
6	Streik	Redad		0
7	Planet II	Streik		0
8	Redad	Streik		0
9	/	Streik		0
10	Polzer	Streik		0
11	Redad	Horex		0
12	Redad	Bayer		0
13	Horex	/		0
14	Dior	Horex		0
15	Redad	Metz		0
16	Hax	Roxi		0
17	Horex	Hax		0
18	Horex	Redad		0
19	Hax	Red Holstein		0

20	Metz	Horex		0
21	Horex	Patent		0
22	Improver	Distinction	Distinction	Eloignée
23	Redad	Zander		0
24	Streik	Horex		0
25	Redad	Redad		Eloignée
26	Redad	Hax		0
27	Horex	Patent		0
28	Horex	Redad		0
29	Eder	Redad		0
30	Streik	Roxi		0
31	Redad	Roxi		0
32	Streik	Redad		0
33	Horex	Roxi		0
34	Roxi	Redad		0
35	Polzer	Bayer		0
36	Horex	Hax		0
37	Streik	Planet II		0
38	Dior	Horex		0

Muscul : musculature génétique.

Nr	Fertilité ♀ Père	Fertilité ♀ GPM	Fertilité ♀ PGMM	Muscul Père	Muscul GPM	Muscul PGMM
1	98	92		91	/	
2	95	106		105	108	
3	105	101		89 (25% RH)	77	
4	97	99		113	103	
5	100	117		82	96	

6	98	97		84	113	
7	107	110		96	94	
8	97	98		113	84	
9	/	104		/	99	
10	100	100		92	90	
11	101	89		92	101	
12	91	102		++	113	
13	104	/		125	/	
14	105	107		110	113	
15	108	99		97	90	
16	105	98		117	103	
17	98	86		124	115	
18	111	102		98	84 (31%RH)	
19	86	95		115	31 (100%RH)	
20	104	101		101	77	
21	102	118		86	101	
22	96	98	99	104	84	97
23	105	106		121	100	
24	106	89		111	101	
25	95	105		91 (9,3%RH)	113	
26	97	103		113	122	
27	106	102		/	101	
28	102	105		86	121	
29	102	105		120	121	
30	106	117		103	96	
31	104	103		90	106	
32	107	104		116	90	
33	102	117		86	96	

34	108	105		112	121	
35	102	110		/	115	
36	96	92		88	114	
37	106	107		103	96	
38	101	101		/	77	

Estimation de la fertilité génétique et musculature pour chaque vache ;
BCS : body condition score

Nr	Observation fertilité génétique	BCS	BCS génétique	BCS final	Dgc de gestation
1	Cumul Faible	2,5	3,5	Amélioré	Négatif
2	Complémentarité	2,5	2,5	Dégradé	Positif
3	Cumul Bon	2,5	3,5	Amélioré	Positif
4	Cumul Faible	3	2,5	Dégradé	Négatif
5	Cumul Bon	3	4	Amélioré	Positif
6	Cumul Faible	2,5	3	Amélioré	Négatif
7	Cumul Bon	3,5	4,5	Amélioré	Négatif
8	Cumul Faible	3	2,5	Dégradé	Négatif
9	Cumul Moyen	2,5	2,5	Dégradé	Négatif
10	Cumul Moyen	2,5	3,5	Amélioré	Positif
11	Complémentarité	3	3,5	Amélioré	Négatif
12	Complémentarité	2,5	2	Dégradé	Négatif
13	Cumul Moyen	3,5	2,5	Dégradé	Positif
14	Cumul Bon	3	2	Dégradé	Positif
15	Complémentarité	2,5	3	Amélioré	Positif
16	Complémentarité	3	2	Dégradé	Positif
17	Cumul Faible	2,5	1,5	Dégradé	Positif
18	Cumul Bon	2,5	3,5	Amélioré	Positif
19	Cumul Faible	2,5	3,5	Amélioré	Positif
20	Cumul Moyen	3	3,5	Amélioré	Négatif

21	Cumul Bon	3	3,5	Amélioré	Positif
22	Cumul Faible	2	2,5	Amélioré	Positif
23	Cumul Bon	3	2	Dégradé	Négatif
24	Complémentarité	2,5	1,5	Dégradé	Positif
25	Complémentarité	3	4	Amélioré	Négatif
26	Complémentarité	2,5	1,5	Dégradé	Positif
27	Cumul Bon	2,5	2,5	Dégradé	Positif
28	Cumul Moyen	2,5	3	Amélioré	Positif
29	Cumul Moyen	3,5	2,5	Dégradé	Négatif
30	Cumul Bon	3	3	Dégradé	Négatif
31	Cumul Moyen	2,5	3	Amélioré	Négatif
32	Cumul Bon	2,5	2	Dégradé	Négatif
33	Cumul Bon	2,5	3	Amélioré	Positif
34	Cumul Bon	3	2	Dégradé	Positif
35	Cumul Bon	3	2,5	Dégradé	Positif
36	Cumul Faible	3	3,5	Amélioré	Positif
37	Cumul Bon	3	3	Dégradé	Négatif
38	Cumul Moyen	2,5	3,5	Amélioré	Positif

المساهمة في دراسة دور و فائدة الهرمون المنشط التناسلي (GnRH) للتحكم في الدورة الجنسية عند البقرة الحلوب

الملخص : هذه الدراسة كانت اهدافها متابعة بروتوكول تزامن الاباضة الذي يحتوي على حقنتين الهرمون المنشط التناسلي منفصلتان بحقنة بروتاغلووندين في تحسين معدلات الحمل مقارنة ببروتوكول تزامن الشبق، الذي يعتمد على استعمال حقنة واحدة من بروتاغلووندين . وقد تمت دراسة فعاليتها حسب الدوروية الجنسية عند الأبقار تقييم الحالة الجسدية و ترتيب الخصوبة الجينية.

النتائج المتحصل عليها أعطت نسب ايجابية ب 90% عند البقرات التي تم الدراسة عليها بالبروتوكول تزامن الاباضة مقابل فقط 22% من معدل الحمل ايجابية عند مجموعة بروتاغلووندين مهما كانت حالة الدوروية الجنسية عند الأبقار تقييم الحالة الجسدية و ترتيب الخصوبة الجينية للأبقار التي أنجزت عليها الدراسة.

وقد أظهرت الدراسة الاقتصادية المنجزة سمحت ببرهان فعاليتها في الظروف الميدانية. النتائج المتحصل عليها تظهر كذلك فائدة البروتوكول تزامن الاباضة في تحسين معدلات الحمل عند الأبقار ذات تقييم الحالة الجسدية ضعيف و ذات خصوبة جينية ضعيفة. منتشرة كثيرا في مستثمرات الأبقار في الجزائر.

و هذا العمل سمح كذلك بإظهار فائدة ذات استعمال واسع للبروتوكول و توسيع نطاق الاستخدام في مستثمرات الأبقار في الجزائر.

كلمات المفتاح : الخصوبة الجينية - براونفيه - تقييم الحالة الجسدية - فلاكفيه - الحمل - الشكل العضلي الجيني - تزامن الاباضة - بروتاغلووندين-

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE L'INTÉRÊT DE LA GnRH DANS LA MAITRISE DU CYCLE SEXUEL CHEZ LA VACHE LAITIÈRE.

Résumé : Cette étude a eu pour objectifs l'étude de l'intérêt d'un protocole de synchronisation de l'ovulation : comprenant deux injections de GnRH séparées par une injection de PGF2 α (protocole Ovsynch) dans l'amélioration des taux de gestation comparé à un protocole de synchronisation des chaleurs, basé sur une injection unique de PGF2 α . Son efficacité a été étudiée selon l'état de cyclicité des vaches, de leur body condition score et de leurs classes de fertilité génétique respectives.

Les résultats obtenus ont rapporté des taux de gestation positive de 90 % chez les vaches traitées par le protocole Ovsynch contre seulement 22 % de taux de gestation positive chez le lot PGF2 α et ce quelque soit l'état de cyclicité et du BCS des vaches étudiées. L'étude économique réalisée a permis en outre de démontrer sa pertinence dans nos conditions terrain. Les résultats obtenus soulignent également l'intérêt de ce protocole dans l'amélioration des taux de gestation des vaches aux BCS dégradés et de faible fertilité génétique, assez répandues dans nos exploitations.

Ce travail a ainsi permis de montrer l'intérêt d'une plus large utilisation du protocole Ovsynch dans les exploitations bovines en Algérie.

Mots clés : BCS-Braunvieh – Fertilité génétique – Fleckvieh- Gestation-Musculature génétique - Ovsynch – PGF2 α

CONTRIBUTION TO THE STUDY OF THE INTERESTS OF GnRH IN THE CONTROL OF SEXUAL CYCLE IN COWS MILK.

Abstract : The aim of the present study was to assess the interest of a protocol of synchronization of the ovulation: including two injections of GnRH separated by a injection of PGF2 α (Protocol Ovsynch) in the improvement of gestation rates compared with a protocol of synchronization, based on a single injection of PGF2 α . Its efficiency was studied according to the state of cyclicity of the cows, their body condition score and of their respective genetic classes of fertility.

The obtained results report a positive gestation rate of 90 % for the cows treated by the protocol Ovsynch against only 22 % for the cows receiving only PGF2 α . The realized economic study demonstrates its relevance in our field conditions. The obtained results also underline the interest of this protocol in the improvement of the rates of gestation of cows with degraded BCS and weak fertility, widely present in our dairy farms. Finally, this work shows the interest of a wider use of the protocol Ovsynch in the bovine exploitation in Algeria.

Key words: BCS-Braunvieh- Fleckvieh- Genetic Fertility- Gestation- Genetic Muscularity - Ovsynch – PGF2 α