



**Mémoire de Master complémentaire
en sciences vétérinaires**

Thème

**Evaluation de certains facteurs de variation de la fertilité chez les
vaches laitières**

Présenté par

GUEBLI BOUTHEYNA & FERRAS NASSIM

Devant le jury :

Président	YAHIMI A.	MCB	ISV-BLIDA
Examineur	BESBACI M.	MCA	ISV-BLIDA
Promoteur	GHARBI I	MCA	ISV-BLIDA

Année : 2020-2021

REMERCEMENTS

Avant tout nous remercions dieu tout puissant de nous avoir accordés la foi, le courage, la santé et les moyens de conception de ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer notre profond remerciement a notre promoteur Dr Gharbi Ismail d'avoir proposé ce thème, de nous encadrer mais aussi pour ses conseils, sa patience aux cours des entretiens, qu'il trouve ici l'expression de notre sincère gratitude.

Au président Dr Yahimi A ainsi que l'examineur et membre du jury Dr Besbaci M.

Pour nous avoir fait l'honneur de juger ce travail, qu'ils trouvent ici l'expression de notre profond respect.

Nos remerciements vont à Dr. Hamza Mounira Chahinez qui a été d'une très grande aide dans notre travail.

Nos remerciements s'adressent aussi à tous les enseignants de l'ISV BLIDA qui ont contribué à notre formation et à l'élaboration de ce travail.

DEDICACES

C'est avec un honneur que je dédie ce travail :

En premier lieu et avant tout à mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, fait de moi ce que je suis, je ne les remercierai jamais assez. Puisse le Dieu leur accorde santé et longue vie.

À mes frères Amar, Kamel, Sofiane et Mouhamed, ainsi ma chère petite sœur Thiziri, que dieu vous protège et vous garde.

À mon promoteur Dr Gharbi Ismail ainsi toute sa famille.

À mes amis avec qui j'ai partagé des moments de joie et de tristesse.

À toute personne que ma mémoire a négligée, qui m'a aidé à un moment.

À ma binôme Boutheyne et toute sa famille.

Et en fin à toute la promotion Vétérinaire 2021.

Nassim

DEDICACES

C'est avec un honneur que je dédie ce travail :

En premier lieu et avant tout à mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, fait de moi ce que je suis, je ne les remercierai jamais assez. Puisse le Dieu leur accorde santé et longue vie.

A mon frère Nedjm eddine, ainsi mes chères sœurs Dalal et Ikram, que dieu vous protège et vous garde.

A mon promoteur Dr Gharbi Ismail ainsi toute sa famille.

A madame Sellali pour tout le courage et le soutien.

A mes amis, Farah, Kelly, Katia, Amira, Hassiba, Soumia, Zineb, Djazou, Anis, Riyad, Lies, avec qui j'ai partagé des moments de joie et de tristesse.

A toute personne que ma mémoire a négligée, qui m'a aidé à un moment.

A mon binôme Nassim et toute sa famille.

Et en fin à toute la promotion Vétérinaire 2021.

Boutheyne

Résumé

L'étiologie de l'infertilité en élevage de bovin laitier est complexe, de type multifactoriel, et potentiellement variable d'un élevage à un autre ou d'un animal à l'autre. L'objectif de ce travail consiste à déterminer et à comparer la fertilité des vaches après utilisation de deux stratégies (saillie sur chaleurs naturelle vs insémination artificielle sur chaleurs synchronisées), puis d'apprécier l'influence des marqueurs nutritionnels et d'inflammation sur la fertilité.

L'étude a été réalisée sur un échantillon de 25 vaches laitières provenant d'un élevage situé à Tipaza (Kolea). Après identification des animaux et enregistrement des troubles de santé pendant la période précédant la saillie ou IA, les vaches ont été divisées en 2 lots ; lot1 (n=11): vaches saillies sur chaleurs naturelles et lot2 (n=14) : vaches inséminées sur chaleurs induites. Les chaleurs de ce dernier lot ont été synchronisées en utilisant (I) Prid® Delta associé à la PGF2 α et (II) une seule injection de PGF2 α . Le prélèvement de sang ainsi qu'une notation de l'état corporel ont été réalisés avant la saillie ou IA. Le prélèvement de sang a permis de doser : le BHB, le glucose, le cholestérol, les protéines totales, l'albumine, les globulines, le ratio albumine/globulines, le fibrinogène, et le ratio protéines plasmatiques/fibrinogène.

Les résultats obtenus montrent que les paramètres de reproduction de notre échantillon (IV-première chaleur : 74,5 \pm 41,82j, taux de vaches avec IA ou saillie \geq 3 : 52 %, IV-début de traitements de synchronisation/saillie naturelle : 177,35 \pm 39,84 j) sont dégradés et supérieurs aux objectifs de reproduction. Comparativement aux vaches saillies sur chaleurs naturelles, le taux de gestation est significativement plus faible chez celles inséminées sur chaleurs induites (81,82% vs 42,86%, p =0.04).

L'appréciation de l'influence des indicateurs nutritionnels et d'inflammation montre qu'au moment de la saillie/IA, la glycémie, NEC et cholestérolémie sont restées dans la fourchette physiologique chez la majorité des vaches. Cependant, le taux de vaches non gestantes est inférieur chez les animaux présentant une concentration élevée en BHB, une albuminémie faible, un ratio albumine/globulines très faible, une concentration de fibrinogène et un ratio protéines plasmatiques/fibrinogène élevés.

Les résultats obtenus soutiennent l'existence d'un statut inflammatoire qui semble en relation avec la baisse de fertilité observée dans cet élevage.

Mots clés : Vache laitière, fertilité, synchronisation, marqueurs, nutritionnels, inflammation.

ملخص

اسباب العقم في تربية الابقار الحلوب معقدة، متعدد العوامل، ومن المحتمل أن تتغير من مزرعة إلى أخرى أو من حيوان إلى حيوان آخر. الهدف من هذا العمل هو تحديد ومقارنة خصوبة الأبقار بعد استخدام استراتيجيتين (التلقيح على الحرارة الطبيعية مقابل التلقيح الاصطناعي على الحرارة المتزامنة)، ثم تقييم تأثيرات مؤشرات الغذائية والالتهابات على الخصوبة.

لقد أجريت الدراسة على عينة من 25 بقرة حلوب من مزرعة تقع في ولاية تيبازة (قليعة). بعد التعريف بالحيوانات وتسجيل معلومات حول الاضطرابات الصحية في الفترة التي تسبق التلقيح الطبيعي او التلقيح الاصطناعي، تم تقسيم الأبقار إلى قسمين؛ القسم الأول (ن = 11): الأبقار الملقحة بالحرارة الطبيعية والقسم الثاني (ن = 14): الأبقار الملقحة بالحرارة المتزامنة. تمت مزامنة درجات حرارة هذه الدفعة الأخيرة باستخدام (1) دلتا برايد المرتبطة بـ $PGF2\alpha$ و (2) حقنة واحدة من $PGF2\alpha$. عينة من الدم وكذلك درجة تقييم الجسم قد اخذت قبل النزواج او التلقيح الاصطناعي. تم استخدام عينة الدم لقياس: بيتا هيدروكسي بوثيرات، الجلوكوز، الكوليسترول، البروتين الكلي، الألبومين، الغلوبولين، نسبة الألبومين / الغلوبولين والفيبرينوجين والبلازما / الفيبرينوجين.

تظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن عوامل التكاثر لدينا للعينة المدروسة (فترة الولادة - الحرارة الأولى: ± 74.5 41.82 يومًا، معدل الأبقار مع تلقيح اصطناعي او تزواج $\leq 3: 52\%$ ، فترة الولادة بداية علاجات تزامن الحرارة / تلقيح طبيعي: 177.35 ± 39.84 يوم) متدهورة وفوق أهداف التكاثر. بالمقارنة مع الابقار التي تم تلقيحها على حرارة طبيعية، فإن معدل الحمل أعلى بكثير. ومنخفضة في تلك الملقحة بالحرارة المتزامنة (81.82% مقابل 42.86%، $p = 0.04$).

يظهر تقييم تأثير مؤشرات التغذية والالتهابات أنه في وقت التكاثر / تلقيح الاصطناعي، بقيت مستويات الجلوكوز في الدم ودرجة حالة الجسم والكوليسترول في النطاق الفسيولوجي في غالبية الأبقار. ومع ذلك، فإن معدل الأبقار غير الحوامل أقل في الحيوانات ذات التركيز نسبة عالية من بيتا هيدروكسي بوثيرات، انخفاض ألبومين الدم، نسبة منخفضة جدًا من الألبومين / الغلوبولين، تركيز عالي من الفيبرينوجين ونسبة بروتين البلازما / الفيبرينوجين.

النتائج التي تم الحصول عليها تدعم وجود حالة التهابية على ما يبدو متعلقة بانخفاض الخصوبة الذي لوحظ في هذه المزرعة.

الكلمات المفتاحية: بقرة حلوب، خصوبة، التزامن، مؤشرات، غذائية، التهاب.

Abstract

The etiology of infertility in dairy cattle is complex, multifactorial, and potentially variable from one farm to another or from one animal to another. The objective of this work is to determine and compare the fertility of cows after the use of two strategies (mating on natural heats vs artificial insemination on synchronized heats), and then to assess the influence of nutritional and inflammation markers on fertility.

The study was conducted on a sample of 25 dairy cows from a farm located in Tipaza (Kolea). After identification of the animals and recording of health problems during the period before mating or AI, the cows were divided into 2 batches; batch1 (n=11): cows mating on natural heat and batch2 (n=14): cows inseminated on induced heats. The heats of this last batch were synchronized using (I) Prid® Delta combined with PGF2 α and (II) a single injection of PGF2 α . Blood sampling and body condition scoring were performed before mating or AI. Blood sampling was used to measure: BHB, glucose, cholesterol, total protein, albumin, globulin, albumin/globulin ratio, fibrinogen, and plasma protein/fibrinogen ratio.

The results obtained show that the reproductive parameters of our sample (IV-first heat: 74.5 \pm 41.82 d, rate of cows with AI or mating \geq 3: 52%, IV-beginning of synchronization treatments/natural mating: 177.35 \pm 39.84 d) are degraded and higher than the reproductive goals. Compared to cows mated on natural heats, pregnancy rate was significantly lower in those mated on natural heats. Cows inseminated on induced heat (81.82% vs 42.86%, p =0.04).

Evaluation of the influence of nutritional and inflammation indicators shows that at the time of mating/IA, blood glucose, SB and cholesterol levels remained in the physiological levels for the majority of the cows. However, the rate of non-pregnant cows is lower in animals with high BHB concentration, low albumin, very low albumin/globulin ratio, high fibrinogen concentration and a high plasma protein/fibrinogen ratio.

The results obtained support the existence of an inflammatory status which seems to be in relation with the decrease of fertility observed in this farm.

Keywords: Dairy cow, fertility, synchronization, markers, nutritional, inflammation.

Sommaire

Résumé en français	I
Résumé en arabe	II
Résumé en anglais	III
Liste des tableaux	IV
Liste des figures	V
Liste des abréviations	VI
INTRODUCION	01
PARTIE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	
CHAPITRE I : METHODES DE SYNCHRONISATION DES CHALEURS ET INSEMINATION ARTIFICIELLE (IA) CHEZ LES BOVINS.	03
I .1. Méthodes de synchronisation des chaleurs.	03
I.1. 1. La prostaglandine F2 alpha.	03
I.1.2. Les associations œstrogènes/ progestagènes/eCG.	04
I.1.3. Les associations GnRH/ PGF2α.	06
I.2. L'insémination artificielle bovine (IA).	06
I. 2.1. Technique d'insémination artificielle.	07
I. 2.1.1. Le matériel.	07
I. 2.1.2. La décongélation.	07
I. 2.1.3. La mise en place de la semence.	07
I. 2.1.4. Lieu de dépôt de la semence.	08
I. 2.1.5. Moment de l'insémination artificielle.	08
CHAPITRE II : FACTEURS DE RISQUES ASSOCIES A LA BAISSSE DE FERTILITE DES VACHES LAITIERES.	09
II.1. Production laitière.	09
II.2. Affections du part et post-partum.	09
II.2.1. Dystocie et fertilité.	09
II.2.2. Rétention annexielle.	09
II.2.3. Affections utérines.	10
II.2.4. Troubles métaboliques.	10
II.2.4.1. Cétose.	11
II.2.4.2. Acidose métabolique.	11
II.2.4.3. Boiteries.	11
II.2.4.4. Mammites.	12
II.3. Facteurs liés à la conduite d'élevage.	13
II.3.1. Détection des chaleurs.	13

II.3.2. Alimentation.	13
CHAPITRE III : OUTILS D’EVALUATION DES DESEQUILIBRES NUTRITIONNELS ET DES MARQUEURS D’INFLAMMATION INFLUENÇANT LA FERTILITE.	15
III.1. Le glucose sanguin.	15
III.2. Les AGNE.	16
III.3. Le bêta-hydroxy butyrate (BHB) sanguin.	16
III.4. Le cholestérol.	17
III.5. Les protéines totales.	17
III.6. L’albumine.	17
III.7. La globuline.	18
III.8. L’haptoglobine.	18
III.9. Le fibrinogène.	18
PARTIE II : ETUDE EXPERIMENTALE	
1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L’ETUDE.	19
2. MATERIEL ET METHODES.	19
2.1. Zone d’étude et période de l’étude.	19
2. 2. Matériel.	19
2.3. Méthodes.	22
3. RESULTATS.	
I. Etude descriptive des résultats.	28
I.1. Paramètres de reproduction des vaches sélectionnées.	28
I.2. Fréquence des pathologiques chez les deux lots de vaches.	28
I.3. Taux de synchronisation, moment des chaleurs et d’insémination artificielle chez les vaches synchronisées.	29
I.4. Taux de gestation chez les vaches saillies ou inséminées sur chaleurs naturelles ou induites.	30
I.5. Concentration des paramètres biochimiques et la note d’état corporel des vaches au moment de la saillie/insémination artificielle.	31
I.6. Concentration des marqueurs d’inflammation au moment de la saillie/insémination artificielle.	33
II. Etude analytique des résultats.	34
II.1. Taux de fertilité (taux de gestation) chez les deux lots de vaches (saillies sur chaleurs naturelles vs synchronisées sur chaleurs induites).	34

II.2. Relation entre les paramètres biochimiques, la note d'état corporel et la fertilité (taux de gestation).	34
II.3. Relation entre les troubles de santé (antécédents pathologiques /cétose) et fertilité (gestation).	35
4. DISCUSSION.	38
5. CONCLUSION.	47
6. RECOMMANDATIONS.	48
Références bibliographiques.	49
Annexes.	57

LISTE DES TABLEAUX

Tableau : 1	Paramètres de reproduction des vaches sélectionnées avant le début du protocole expérimental.	28
Tableau : 2	Fréquence des pathologiques chez les vaches saillies sur chaleurs naturelle ou inséminées sur chaleurs induites (moyenne \pm SD).	29
Tableau : 3	Taux de synchronisation, intervalles entre fin de traitement de synchronisation et début des chaleurs /insémination artificielle et intervalle entre le début des chaleurs et insémination artificielle chez les vaches synchronisées (moyenne en heures \pm SD).	30
Tableau : 4	Taux de gestation chez les vaches saillies sur chaleurs naturelle ou inséminées sur chaleurs induites (moyenne \pm SD).	31
Tableau : 5	Concentration des paramètres biochimiques et la note d'état corporel de l'ensemble des vaches (moyenne \pm SD).	32
Tableau : 6	Concentration des marqueurs d'inflammation de l'ensemble des vaches (moyenne \pm SD).	33
Tableau : 7	Taux de fertilité (gestation) chez les deux lots de vaches (non synchronisées et saillies vs synchronisées et inséminées).	34
Tableau : 8	Paramètres biochimiques et note d'état corporel des vaches gestantes et non gestantes.	34
Tableau : 9	Effet des troubles de santé sur le taux de fertilité (gestation).	36
Tableau : 10	Marqueurs d'inflammation chez les vaches gestantes et non gestantes.	36

LISTE DES FIGURES

Figure : 1	Protocole de synchronisation des chaleurs à base de prostaglandine F2 α .	03
Figure : 2	Protocoles de synchronisation à base de progestagènes.	05
Figure : 3	Protocole de synchronisation associant GnRH et prostaglandine F2 α .	06
Figure : 4	Vaches laitières présentes dans l'élevage.	20
Figure : 5	Centrifugeuse modèle 800.	21
Figure : 6	Lecteur « FREESTYLE OPTIUM NEO » et électrodes (bandelettes β -cétone).	21
Figure : 7	Test CMT (californian mastitis test).	21
Figure : 8	Analyseur de biochimie semi-automatique WP 21B.	21
Figure : 9	Principales étapes du protocole d'insertion dispositif PRID® Delta.	23
Figure : 10	Prise de sang total réalisée au niveau de la veine coccygienne.	25
Figure : 11	Des prélèvements de sang effectué sur tubes sec et hépariné puis identifiés.	25
Figure : 12	Mesure du BHB de lait à l'aide des bandelettes « Porta BHB Milk Ketone ».	26
Figure : 13	Utilisation et interprétation des protéines totales dans le diagnostic de l'inflammation. (PT : protéines totales ; PTS protéines totales sériques et PTP protéines totales plasmatiques. efibri : fibrinogène estimé).	27
Figure : 14	Taux de gestation chez les vaches saillies sur chaleurs naturelles.	31
Figure : 15	Taux de gestation chez les vaches inséminées sur chaleurs induites.	31
Figure : 16	Concentration des paramètres biochimiques de l'ensemble des vaches.	32
Figure : 17	Concentrations des marqueurs d'inflammation de l'ensemble des vaches.	33
Figure : 18	Distribution des concentrations des paramètres biochimiques chez les vaches gestantes et non gestantes.	35
Figure : 19	Distribution des concentrations des marqueurs d'inflammation chez les vaches gestantes et non gestantes.	37

LISTE DES ANNEXES

Annexe : 1	Fiche d'élevage.	57
Annexe : 2	Fiche de suivi des vaches d'élevage.	58
Annexe : 3	Grille de notation de l'état corporel en race Prim'Holstein.	59

LISTE DES ABREVIATIONS

- ADN** : Acide DésoxyriboNucléique
- AGL** : Acide gras libre
- AGNE** : Acide gras non estérifié
- BHB** : Bêta-hydroxybutyrate
- cc** : Centimètre cube
- CMT** : Californian mastitis test
- CMV** : Complément minéral vitaminé
- CNIAAG** : Centre national de l'insémination artificielle et de l'amélioration génétique
- Cu 2+** : Nitrate de cuivre
- DEA-HCL** : Acide chlorhydrique
- eCG** : Equine Chorionic Gonadotropin
- FSH** : Hormone folliculo-stimulante (Folliculo Stimulating Hormone)
- G** : Gauge
- G-6-PDH** : Glucose -6- phosphate déshydrogénase
- GnRH** : Gonadolibérine (Gonadotropin Releasing Hormone)
- HK** : Hexokinase
- HP** : Haptoglobine
- IA1** : 1ère Insémination artificielle
- IAF** : Insémination artificielle fécondante
- IGF** : Insulin-like Growth Factor One
- IM** : Intra musculaire
- IV** : Intervalle vêlage
- IV-IA1** : Intervalle vêlage – 1ère insémination artificielle
- IV-IAF** : Intervalle vêlage – insémination fécondante
- LH** : Hormone lutéinisante (Luteinizing Hormone)
- NADH, H+** : Nicotinamide adénine dinucléotide
- NB** : Nombre
- NEC** : Note d'état corporel
- OR** : Odds ratio
- P** : Prévalence

PgF2 α : Prostaglandine F2 alpha IA

PMSG : Pregnant Mare Serum Gonadotropin

PP : Post partum

PRID : Progesterone Intravaginal Device

PTP : Protéines totales plasmatiques

PTS : Protéines totales sériques

SD : Ecart type

TB : Taux butyreux

TNF : Facteur de nécrose tumorale

TP : Taux protéique

Vs : Contre

INTRODUCTION

En élevage de bovin laitier, la complexité des problèmes de fertilité est à caractère multifactoriel. D'après de nombreuses études épidémiologiques, les causes les plus communes associées aux problèmes de fertilité sont : la détection des chaleurs, la synchronisation inadéquate entre l'insémination et l'ovulation, une fonction lutéale inadéquate, la technique d'insémination artificielle, les kystes folliculaires, l'endométrite, le stress thermique, les retards d'involution utérine, les agents infectieux, et l'alimentation (Smith, 2009). Cette dernière est un facteur majeur de réussite ou d'échec en reproduction (Moudi, 2004).

En outre, les fréquences élevées des états inflammatoires et des anomalies de reprise de cyclicité post-partum altèrent le délai de mise à la reproduction et dégradent la fertilité (Lecouteux, 2005; Royal et al., 2000). Les syndromes inflammatoires sont fréquents chez les bovins et sont majoritairement d'origine infectieuse. Les mettre en évidence n'est pas toujours facile, et nécessite parfois l'utilisation de biomarqueurs (Schelcher et al., 2014). Les objectifs de l'utilisation de biomarqueurs, en plus du but diagnostique, sont de différencier une infection généralisée d'une infection locale, d'avoir un suivi biochimique au cours du traitement afin d'évaluer son efficacité et d'établir un pronostic.

Face aux pertes énormes des devises liées à l'importation du lait et des produits laitiers, plusieurs pays ont initié des programmes d'amélioration génétique de la production laitière par les biotechnologies de la reproduction ou par une amélioration alimentaire (Bouyer, 2006; Pitala et al., 2012b).

Au vu des résultats des paramètres de la reproduction, qui ne cessent de s'éloigner des objectifs définis pour une gestion efficace, l'Algérie a essayé d'améliorer les performances zootechniques des bovins en introduisant les biotechnologies de la reproduction, notamment l'IA (Ghozlane et al., 2003). Cependant, une analyse des résultats de l'IA chez les vaches laitières dans les élevages algériens a révélé l'existence de beaucoup d'entraves à la réussite de cette dernière, ce qui a mené certains éleveurs et inséminateurs à mettre en doute son efficacité dans nos élevages (Bouzebda et al., 2006).

Parmi les contraintes, la détection des chaleurs constitue un frein à l'IA (Boly et al., 2003; Seegers et al., 2010). Afin d'améliorer la détection de l'œstrus, plusieurs protocoles de synchronisation de l'œstrus et l'ovulation ont été proposés (Bouyer, 2006) selon plusieurs protocoles donnant des résultats satisfaisants de fertilité après IA (Beffera, 2007; Dezaux, 2001). En Afrique, le protocole de synchronisation à base d'implant sous-cutané (le Crestar®) et celui à base de spirale (Prid® Delta) sont les plus utilisés (Bouyer, 2006; Seme et al., 2017).

Dans ce contexte, notre étude vise à étudier certains facteurs de variation de la fertilité en (I) déterminant la fertilité des vaches après utilisation de deux stratégies : saillie sur chaleurs naturelles ou IA sur chaleurs synchronisées (II) évaluant l'impact des paramètres biochimiques et troubles sanitaires postpartum sur la fertilité.

CHAPITRE I : METHODES DE SYNCHRONISATION DES CHALEURS ET INSEMINATION ARTIFICIELLE (IA) CHEZ LES BOVINS

I. 1. Méthodes de synchronisation des chaleurs

Afin de pouvoir inséminer toutes les vaches en une seule fois, il est nécessaire d'utiliser des méthodes hormonales permettant de grouper les ovulations et donc les chaleurs. En effet, plusieurs protocoles hormonaux permettent de synchroniser les chaleurs chez les bovins.

I.1. 1. La prostaglandine F2 alpha

Elle permet de synchroniser les femelles cyclées qui présentent un corps jaune à la palpation transrectale. Administrée entre le 5ème et le 17ème jour du cycle (par voie intramusculaire), elle entraîne la chute du niveau de progestérone et l'apparition des chaleurs dans les deux à trois jours qui suivent. En revanche, avant le 5ème et après le 17ème jour, la prostaglandine F2 alpha ne modifie pas la durée du cycle normal : soit le corps jaune est trop jeune pour être sensible aux prostaglandines, soit il est déjà en train de dégénérer sous l'effet des prostaglandines sécrétées naturellement par l'utérus de la vache en fin de cycle. Une seule administration de prostaglandine ne permet pas de synchroniser toutes les femelles d'un troupeau, il faut réaliser deux injections à 11 ou 12 jours d'intervalle afin de regrouper toutes les chaleurs. Au moment de la deuxième injection, théoriquement entre J5 et J17, toutes les femelles sont réceptives à la prostaglandine et les chaleurs apparaissent 48 h à 72 h plus tard (Grimard et al., 2003).



Figure 1 : Protocole de synchronisation des chaleurs à base de prostaglandine F2α (Grimard et al., 2003).

Cependant, la synchronisation n'est pas optimale. Le pourcentage de vaches en œstrus dans les 5 à 7 jours varie de 38 à 97 % (Laverdière et al., 1994; Odde, 1990). Seules 60 % des vaches laitières inséminées 72 et 96 h après 2 injections de PGF2α à 11 jours d'intervalle présentaient une progestéronémie compatible avec la phase œstrale au moment des inséminations artificielles (IA) (Mialot et al., 1998). En effet, si les PGF2α agissent sur la durée de vie du corps jaune, elles n'ont pas d'effet direct sur la croissance folliculaire. Au moment de la lutéolyse, le follicule dominant présent sur l'ovaire n'est pas à un stade précis de développement, ce qui

explique l'étalement des chaleurs après traitement (Driancourt, 2001; Mialot et al., 1999), ceci explique que la fertilité soit généralement meilleure après insémination sur chaleurs observées que lors d'insémination systématique (Pankowski et al., 1995).

Les taux de gestation (nombre de femelles gestantes/nombre de femelles traitées) calculés sur de grands lots d'animaux ($n > 100$) varient de 22 à 58 %. L'évaluation de l'utilisation systématique de ces traitements en élevage laitier montre qu'il existe un intérêt économique (intervalle vêlage-insémination plus court à taux de gestation global constant, surtout lorsque le taux de détection des chaleurs avant mise en place est faible, inférieur à 55 % (Heuwieser et al., 1997; Mateus et al., 2002).

I.1.2. Les associations œstrogènes/ progestagènes/eCG

Deux dispositifs diffusant des progestagènes sont disponibles. L'implant Crestar® (norgestomet), la spirale vaginale PRID® (Progesterone Intravaginal Device). Ces dispositifs sont mis en place pendant 9 à 12 jours. Le traitement est complété par l'administration d'un œstrogène en début de traitement et d'une surcharge de progestagène dans le cas du Crestar (Grimard et al., 2003).

L'association œstrogène + progestagène agit à la fois sur la croissance folliculaire et sur la durée de vie du corps jaune. Administrés en début de cycle, les œstrogènes ont une activité antilutéotrope, ils provoquent la disparition d'un corps jaune en début de formation qui pourrait persister après le retrait du dispositif et ainsi diminuer le taux de synchronisation des chaleurs. Administrés en présence d'un corps jaune fonctionnel, les œstrogènes ont une activité lutéolytique (Chupin et al., 1974; Driancourt, 2001).

L'introduction de ces hormones en début de protocole a permis de réduire la durée du traitement progestatif et d'améliorer la fertilité à l'œstrus induit (Diskin et al., 2001). Cependant, cette activité antilutéotrope et lutéolytique n'est pas efficace à 100 %. Si le traitement commence entre J0 et J4 du cycle, le corps jaune peut persister dans 14 à 85 % des cas (Grimard et al., 2003). Ce pourcentage est inférieur à 20 % si le traitement commence entre J5 et J8 (Kesler et al., 1997; Miksch et al., 1978; Pratt et al., 1991). De plus, l'activité antilutéotrope semble plus importante avec les fortes concentrations d'œstradiol atteintes grâce aux présentations intra-musculaires qu'avec les capsules intravaginales (Gyawu et al., 1991). C'est pourquoi associer une injection de PGF2 α au moment du retrait ou, mieux, 48 h avant le retrait du dispositif peut améliorer la synchronisation des chaleurs et la fertilité des vaches cyclées avant traitement (Chupin et al., 1978).

L'association œstrogène + progestérone en début de traitement exerce une rétro-action négative et diminue les concentrations circulantes de FSH (effet des œstrogènes) et LH (effet de la progestérone) provoquant l'atrésie du follicule dominant. Ceci permet le redémarrage d'une nouvelle vague de croissance folliculaire 3 à 5 jours plus tard. Après le retrait du dispositif, les ovulations sont mieux synchronisées et la fertilité est meilleure qu'en l'absence d'œstrogènes (Deletang, 1983).

Une injection d'eCG (Equine Chorionic Gonadotropin, anciennement PMSG) est conseillée au moment du retrait du dispositif, surtout si les vaches sont en anœstrus avant traitement. L'effet FSH et LH de l'eCG va soutenir la croissance folliculaire terminale, la production endogène d'œstrogènes et va favoriser l'ovulation (Chupin et al., 1978). L'association œstrogènes-progestagènes-eCG est alors susceptible d'induire l'ovulation chez les animaux non cyclés avant traitement. L'injection d'eCG n'est pas indispensable si les animaux sont cyclés avant traitement. Après le traitement de synchronisation, 85 % environ des vaches qui expriment des chaleurs le font entre 36 et 60 heures. Il est alors possible d'inséminer en aveugle une fois 56 h après retrait ou deux fois 48 et 72 h après retrait. Chez les génisses, cet intervalle est plus court et moins variable (Beal et al., 1984).



Figure 2 : Protocoles de synchronisation à base de progestagènes (Grimard et al., 2003).

Les taux de gestation observés sur de grands lots d'animaux vont de 26 à 68 %. Le traitement permet d'avancer les vêlages par rapport à des inséminations sur chaleurs observées, que ce soit chez la vache laitière (gain de 15 jours sur l'intervalle vêlage-insémination fécondante) ou allaitante (intervalle vêlage-vêlage réduit de 43 jours chez les primipares, pas d'effet sur celui des multipares). Le traitement permet aussi d'améliorer le regroupement des vêlages (Grimard et al., 1997a).

I.1.3. Les associations GnRH/ PGF2 α

Chez les vaches qui reviennent régulièrement en chaleur malgré 2 ou 3 IA, on utilise un protocole à base de GnRH, qui agit en amont du dysfonctionnement hormonal. Le protocole, maintenant classique, est le suivant : injection de GnRH à J0, PGF2 α 7 jours plus tard, GnRH 48 h après l'injection de PGF2 α (Pursley et al., 1995; Twagiramungu et al., 1995; Twagiramungu et al., 1994). En fonction du stade de croissance du follicule dominant, la GnRH provoque soit l'atrésie soit l'ovulation ou la lutéinisation des gros follicules présents dans l'ovaire au moment du traitement et une nouvelle vague de croissance folliculaire émerge dans les 3-4 jours.

Une injection de PGF2 α pratiquée 7 jours après la première injection de GnRH entraîne la lutéolyse au moment où un follicule dominant est présent et celui-ci devient préovulatoire. L'injection de GnRH réalisée 48 h après l'injection de PGF2 α provoque un pic de LH et l'ovulation 24 à 32 h plus tard pour 87 à 100 % des vaches (Pursley et al., 1995; Pursley et al., 1998; Thatcher et al., 2001). L'insémination peut être pratiquée entre 12 et 24 h après la seconde injection de GnRH (12-18 h)(Chastant-Maillard et al., 2002). La synchronisation des chaleurs est alors meilleure qu'avec les PGF2 α seules et permet l'insémination systématique sans détection des chaleurs (Pursley et al., 1997). Les taux de fertilité vont de 22 à 46 %. L'utilisation systématique de ces traitements en élevage laitier aux Etats-Unis a amélioré les résultats de reproduction par rapport à l'IA sur chaleurs observée après injection de PGF2 α (Pursley et al., 1997).

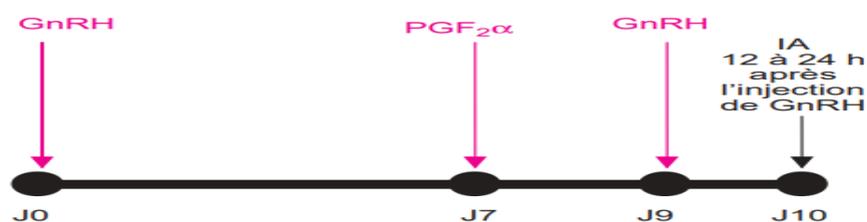


Figure 3 : Protocole de synchronisation associant GnRH et prostaglandine F2 α (Grimard et al., 2003).

I.2. L'insémination artificielle bovine (IA)

L'insémination artificielle est la "biotechnologie" de reproduction la plus largement utilisée dans le monde, elle consiste à recueillir le sperme chez le mâle et de l'introduire au moyen d'un instrument approprié, au moment le plus opportun et à l'endroit le plus approprié du tractus génital femelle, sans qu'il y ait accouplement (Couailler, 2005). En Algérie l'insémination artificielle a été introduite à l'époque coloniale. Bien que très ancienne, son utilisation dans nos élevages est très limitée malgré les efforts et la maîtrise de la technologie par le CNIAAG. Son

application très timide est souvent attribuée aux échecs répétés de la conception, ainsi les taux de réussite rapportés en première insémination par divers auteurs restent encore très faibles (Ghozlane et al., 2003).

I. 2.1. Technique d'insémination artificielle

I. 2.1.1. Le matériel

Le matériel utilisé est le suivant (Hanzen, 2010) :

-Un pistolet d'insémination d'une longueur de 40 à 45 cm et d'un diamètre de 5 à 6mm comportant un corps externe et un mandrin interne, à son extrémité : un poussoir permet de libérer la semence décongelée.

-une cuve d'azote, elle sert à stocker les paillettes et les conserver dans l'azote, qui maintient la semence congelée à -196°C. L'organisation des paillettes dans la cuve se fait selon un plan de cuve bien précis.

Outre ces éléments indispensables, l'insémineur doit vérifier qu'il dispose également de petits matériels tels que les vêtements de protection, les gaines et les gants à usage unique, Coupe paillettes, le gel lubrifiant, Pince brucelles, le produit désinfectant...

I. 2.1.2. La décongélation

La paillette contenant la semence est retirée du récipient de transport, immédiatement immergée dans une bouteille thermos (boite à décongélation) contenant de l'eau 34 à 36°C après l'avoir secouée légèrement pour faire tomber le reste d'azote liquide. Elle y séjourne 20 à 30 secondes pour être décongelée, sa température est alors entre 15 et 20°C. La paillette est essuyée pour supprimer toute trace d'eau (Hopkins et al., 1988).

I. 2.1.3. La mise en place de la semence

Il existe plusieurs technique d'insémination, mais la plus utilisée actuellement est la technique dite recto-vaginale décrite comme suit (Hanzen, 2010):

- Après La décongélation la paillette est sectionnée à environ 1 cm de son extrémité puis introduite dans le pistolet d'insémination préalablement chauffé par frottement pour éviter tout choc thermique. Une gaine en plastique assure la protection sanitaire et l'étanchéité de l'appareil.
- Le col est saisi manuellement à travers de la paroi rectale, l'autre main introduit le cathéter dans la vulve en le poussant vers l'avant et en suivant le plafond du vagin

(angle de 45°) pour éviter le méat urinaire, Les replis vaginaux sont évités en poussant le col vers l'avant.

- L'introduction de l'extrémité du pistolet d'insémination dans le col peut être facilitée en plaçant le pouce dans l'ouverture postérieure du col tout en maintenant ce dernier au moyen de l'index et du majeur, en exerçant des mouvements latéraux et verticaux.

I. 2.1.4. Lieu de dépôt de la semence

Le dépôt de la semence dans les voies génitales femelles tient compte non seulement des conditions d'éjaculation, mais aussi du fait que la semence est diluée. Ce dépôt peut être réalisé à différents niveaux : cervix, corps, les cornes utérines ou alors dans certain cas au niveau de la jonction utéro-cervicale (3^{ème} repli). Cependant, le lieu préférentiel reste le corps utérin (Craplet, 1960).

I. 2.1.5. Moment de l'insémination artificielle

L'insémination doit être pratiquée à un moment assez proche de l'ovulation. En admettant que la durée de l'œstrus est de 12 à 24 heures, que l'ovulation a lieu 10 à 12 heures après la fin de l'œstrus et que les spermatozoïdes doivent séjourner pendant environ 6 heures dans les voies génitales femelles, le meilleur moment pour obtenir une insémination fécondante est la deuxième moitié de l'œstrus (12 à 24 heures après le début des chaleurs). Dans la pratique, les vaches reconnues en chaleurs le matin sont inséminées le soir du même jour, et celles en chaleur le soir sont inséminées le lendemain matin (Lacerte et al., 2003).

CHAPITRE II : FACTEURS DE RISQUES ASSOCIES A LA BAISSSE DE FERTILITE DES VACHES LAITIERES

Nombreux sont les facteurs qui influencent la fertilité des vaches laitières, savoir :

II.1. Production laitière

Depuis les trois dernières décennies, les progrès génétiques ont amené à une augmentation de la production laitière, associée à une baisse du taux de conception (66% en 1951 contre 40 à 50% depuis 1975). Cette baisse des résultats de reproduction est donc liée au progrès génétique : le niveau de fertilité d'une race diminue lorsque son potentiel laitier augmente. Dans les trois principales races laitières on remarque une association génétique négative entre la production laitière (100 premiers jours de lactation) et la réussite à l'IA : Prim'Holstein : -0,31 ; Normande : -0,10 ; Montbéliarde : -0,32 (Boichard, 2000). L'IV-IA1 peut être légèrement augmenté, de 2 à 5 jours, en relation avec l'augmentation de la production laitière. Ceci peut s'expliquer par une mise à la reproduction plus ou moins tardive selon les objectifs de chacun. Ce délai de mise à la reproduction aura une importance toute particulière chez les vaches hautes productrices (Arbez, 2012).

II.2. Affections du part et post-partum

Les affections du part et au cours du post-partum sont diverses : vêlage difficile ou dystocique, rétention annexielle, métrite, endométrite. Pour Gröhn et Rajala-Schultz (2000), l'incidence des troubles au cours du post-partum est respectivement : rétention annexielle 3,1%, métrite 3,2%, dystocie 2,1% (Gröhn et Rajala-Schultz, 2000).

II.2.1. Dystocie et fertilité

Une méta-analyse montre que les effets des dystocies sur le taux de conception et sur l'IVIAF sont très hétérogènes entre les différentes études. Les résultats semblent plus homogènes concernant les effets sur l'IV-IA1, l'IV-1er œstrus et le nombre d'IA nécessaires. En termes de valeurs chiffrées, une dystocie peut augmenter de 2 à 3 jours l'IV-IA1, avec une diminution de 4 à 10% du taux de réussite à l'IA1, amenant à un allongement de l'IV-IAF (Fourichon et al., 2000).

II.2.2. Rétention annexielle

D'après Le Blanc, les retentions annexielles affectent 5 à 10% des vaches après vêlage, et augmentent fortement le risque de métrite ou d'endométrite (Le Blanc, 2008). Une méta-analyse réalisée par Fourichon montre que les effets de la rétention annexielle attendus sur les performances de reproduction varient de façon importante entre les études. Les estimations des

effets sur l'intervalle vêlage – 1ère insémination, le taux de réussite à la 1ère insémination, l'intervalle vêlage – insémination fécondante, et le nombre d'inséminations présentent une hétérogénéité significative ($p < 0,002$) (Fourichon et al., 2000).

Les résultats des différentes études sont divergents mais il apparaît tout de même que des troubles sont constatés lors de rétention annexielle : l'IV-IA1 est augmenté de 5 jours en moyenne, et l'IV-IAF de 10 jours en moyenne. Concernant l'IA1 on observe une baisse du taux de réussite d'environ 10% pouvant aller jusqu'à plus de 20% dans certains cas (Arbez, 2012).

II.2.3. Affections utérines

Les pathologies utérines affectent 50% des vaches en post-partum causant de l'infertilité par dysfonctionnement utérin et ovarien (Sheldon et al., 2009). En effet, les endométrites sub-cliniques sont fréquentes et 50% des animaux peuvent être atteints à 40 jours PP. Les métrites (40% d'animaux atteints à 10 jours PP) et les endométrites cliniques (20% des animaux atteints à 30 jours), sont bien présentes mais leur proportion diminue rapidement au cours du temps (Arbez, 2012). D'après Le Blanc, 15 à 20 % des vaches présentent des endométrites cliniques 4 à 6 semaines post-partum, et 30 à 35% ont des endométrites sub-cliniques entre 4 et 9 semaines post-partum (Le Blanc, 2008).

La majorité des auteurs confirme une diminution de 6 à 15% du taux de réussite en première insémination des vaches qui ont présenté une infection du tractus génital (Hanzen, 2005).

La métrite a un effet négatif sur la reproduction : augmentation IV- 1er œstrus, IV-IA1, IV-IAF. Ce dernier peut être de 257 jours contre 142 jours chez des vaches saines, la réussite à l'IA est également diminuée en cas de métrite (Eicker et al., 1996).

II.2.4. Troubles métaboliques

Durant la période s'étalant de 2 semaines pré-partum à 4 semaines post-partum, la vache rencontre une période de stress : le commencement de la lactation, une demande croissante en énergie et en protéine pour la production laitière combinée à une baisse de la consommation alimentaire qui rend plus difficile la couverture des besoins d'entretien et de lactation (Walsh et al., 2011). En conséquence, en ces périodes de forte sollicitation ou de transition alimentaire, les vaches sont fréquemment sujettes à différents troubles métaboliques comme la cétose, l'acidose, ou l'hypocalcémie. Les troubles métaboliques dans leur ensemble sont sources d'infertilité et d'infécondité (Arbez, 2012).

II.2.4.1. Cétose

La cétose est une déviation des métabolismes lipidiques et glucidiques due à un déficit important en énergie, en particulier en glucose. Elle se traduit donc par une augmentation de la concentration sanguine en corps cétoniques (Commun et Oliveira, 2011).

On peut distinguer une forme clinique et une forme sub-clinique. La cétose clinique est rencontrée dans plus de 50% des élevages laitiers. La cétose sub-clinique n'est pas recherchée systématiquement mais est plus fréquente, sa prévalence moyenne est de 15% dans les élevages laitiers (Arbez, 2012). La cétose clinique a une influence sur l'IV-IA1, (augmente de 2,5 jours), et sur l'IV-IAF (augmente de 5,9 jours). La réussite en IA1 est diminuée de 3,8% (Fourichon et al., 2000). Il est évident que les cétooses sub-cliniques peuvent devenir cliniques (Markusfeld et al., 1997).

II.2.4.2. Acidose métabolique

L'acidose métabolique est le plus souvent en relation avec l'ingestion de grandes quantités de glucides facilement fermentescibles qui favorisent le développement incontrôlé de bactéries productrices d'acide lactique. On distingue l'acidose aiguë et l'acidose sub-clinique. Les conséquences de l'acidose sub-clinique sont différées dans le temps par rapport à l'incident alimentaire. On a alors des conséquences zootechniques : chute de production et diminution du rapport TB/TP, et des conséquences sanitaires : désordres digestifs (ruminite, diarrhée...), fourbures, troubles infectieux (abcès...) (Commun et Debeauvais, 2011).

Il est admis que l'acidité des liquides entourant l'embryon est létale pour celui-ci. L'embryon est incapable de réguler l'acidité environnante. Aussi, lors d'acidose (clinique ou subclinique), les désordres hémodynamiques peuvent entraîner des mortalités embryonnaires selon le stade de gestation (Arbez, 2012).

II.2.4.3. Boiteries

Les boiteries représentent la troisième pathologie des bovins tant en fréquence que sur le plan économique, après les mammites et les troubles de la reproduction (Delacroix, 2000). En termes de reproduction si l'on regarde le taux de gestation en fonction des jours PP et selon que l'animal souffre de boiterie ou non, il apparaît clairement que les animaux souffrant de cette pathologie ont une fertilité amoindrie (Melendez et al., 2003).

Les chaleurs étant mal détectées l'animal n'est pas mis à l'insémination (Sprecher et al., 1997). L'IV-IA1 se voit donc augmenté (Barkema et al., 1994). En fonction des études, cet allongement

peut aller de 17 à 30 jours selon le degré de boiterie lorsque celles-ci interviennent dans les 70 jours après vêlage (Lucey et al., 1986).

D'autres auteurs observent 46% de taux de gestation à l'IA1 lors de boiterie apparaissant dans les 120 jours PP contre 56% chez des vaches saines (Collick et al., 1989). 2,14 IA sont nécessaires pour des animaux atteints de boiterie contre 1,72 pour les animaux témoins (Collick et al., 1989). D'après Hernandez, l'IV-IAF augmente de 40 jours pour des vaches souffrant de boiterie (Hernandez et al., 2001).

II.2.4.4. Mammites

Les mammites sont les affections les plus importantes en élevage laitier. Sur une campagne de traite on observe en moyenne 40 mammites cliniques pour 100 vaches. Les mammites touchent en permanence 15 à 20 % des vaches (Rychembush, 2005). Le moment d'apparition de la mammite clinique par rapport à l'IA et le germe en cause ont une importance quant aux répercussions sur la fertilité. D'après Barker, l'intervalle V-IA1 est augmenté lorsque les vaches présentent une mammite clinique avant l'IA1. Cet intervalle est d'environ 94 jours alors que pour des vaches présentant une mammite clinique à un autre moment ou n'en présentant pas du tout, cet intervalle V-IA1 est de 71 jours (Barker et al., 1994).

D'après Hertl, le taux de conception n'est pas affecté par les mammites cliniques lorsque celles-ci interviennent 15 jours ou plus avant l'IA ou 36 jours ou plus après l'IA. Et ceci quelle que soit l'origine de ces mammites (Hertl et al., 2010). Des vaches présentant des mammites cliniques entre 60 jours PP et l'IA1 ou entre l'IA1 et l'IAF ont un IV-IAF augmenté respectivement à 113 et 136 jours. Ceci par rapport à des vaches ne présentant pas de mammite ou présentant une mammite après la confirmation de la gestation qui ont alors un IV-IAF de 92 jours (Barker et al., 1994).

Les relations entre les mammites et l'infertilité sont multiples. Elles impliquent l'axe hypothalamo-hypophysaire, l'ovaire dans ses composantes folliculaire et lutéale, et l'embryon. Les phénomènes hormonaux entourant l'ovulation pourraient être perturbés par des composés contenus dans la paroi des bactéries ou des produits de l'inflammation. L'élévation de la température corporelle qui accompagne souvent les mammites cliniques est aussi un élément d'explication (Caldwell et al., 2003). En effet lors d'inflammation, il y a libération de prostaglandines et de cytokines. Les prostaglandines après stimulation de leur synthèse par le TNF, l'interleukine alpha ou les endotoxines, induiraient la synthèse d'un facteur embryotoxique

par les cellules lutéales et modifierait de manière négative le processus d'acquisition de la compétence ovocytaire (Hanzen, 2005).

II.3. Facteurs liés à la conduite d'élevage

II.3.1. Détection des chaleurs

Une mauvaise détection des chaleurs conduit à présenter à l'insémination une vache qui n'est pas à un stade du cycle compatible avec des chances de fécondations maximales, voire des animaux qui ne sont pas en œstrus. Ainsi le moment de l'IA est important. C'est pourquoi une mauvaise détection des chaleurs constitue un facteur majeur d'infécondité. La détection des chaleurs intervient dans la diminution de la fécondité en augmentant l'IV-IA1 et les intervalles entre IA qui sont les deux principaux critères explicatifs de l'IV-IAF (Grimard et al., 2017).

II.3.2. Alimentation

Parmi les causes d'infertilité, l'alimentation occupe une place importante. Lorsque 15 % des vaches d'un troupeau laitier sont encore en anœstrus 40 à 50 jours après vêlage, une origine alimentaire doit être suspectée. En élevage laitier le déficit énergétique est systématique et inévitable (Enjalbert, 2002).

● Note d'état corporel (NEC) et déficit énergétique

Il existe une relation négative entre déficit énergétique et les performances de reproduction chez la vache laitière. Le déficit énergétique est souvent apprécié à travers l'amaigrissement des vaches en début de lactation, grâce à la NEC. Les troubles de la reproduction sont à relier à la NEC au vêlage et à son évolution au cours du post-partum, qui est le reflet du déficit énergétique du début de lactation.

La NEC au vêlage et 1 à 2 mois après vêlage permet d'apprécier l'importance du déficit énergétique supporté. L'état corporel au cours du tarissement doit être de 3,5 et ne doit pas varier au cours de cette période. On considère que la perte d'état corporel en début de lactation ne doit pas dépasser 1point (Arbez, 2012). La NEC au vêlage a un effet plus ou moins direct sur la reprise de la cyclicité post-partum. Une NEC insuffisante au moment du vêlage ne fera qu'amplifier les effets néfastes du déficit énergétique en début de lactation sur la reproduction. Une NEC basse (<2,5) au vêlage entraîne une diminution de la réussite à l'IA1 de 9% comparé à une vache ayant une NEC intermédiaire (entre 2,5 et 3,5) (López-Gatius et al., 2003).

Le mode d'action du déficit énergétique sur la reproduction n'est pas complètement connu, mais des hypothèses expliquent ce phénomène. Les plus courantes font intervenir le rôle de

l'insuline et des IGF (insuline like growth factor) sur la croissance folliculaire et sur le contrôle hormonal de l'activité ovarienne. BERRY observe qu'une NEC basse est reliée à une production laitière haute. Cette forte production altère la circulation d'hormone de croissance et de corticoïdes, réduisant ainsi la circulation d'insuline et des IGF (Berry et al., 2007). Si l'ovulation a lieu, les animaux qui ont subi un déficit énergétique ont un taux de progestérone plus bas, ce qui affecte la réussite à l'IA1 et l'IV-IAF (Villa-Godoy et al., 1988). Les mortalités embryonnaires peuvent s'expliquer par une moindre sécrétion de progestérone par le corps jaune liée à une moindre sensibilité du corps jaune à la LH voire une lutéolyse précoce (Enjalbert, 2002).

CHAPITRE III : OUTILS D'ÉVALUATION DES DESEQUILIBRES NUTRITIONNELS ET DES MARQUEURS D'INFLAMMATION INFLUENÇANT LA FERTILITE

L'évaluation d'une carence ou d'un déséquilibre peut se faire soit directement, en dosant les différents paramètres présents dans la circulation sanguine, le lait ou les tissus, soit indirectement en observant leurs conséquences. De nombreuses molécules pouvaient être indicatives et être associées à une augmentation du risque d'apparition de certains troubles, en particulier concernant la fertilité (Bertoni et Trevisi, 2013; Dänicke et al., 2018).

La mise en évidence et la caractérisation d'un foyer inflammatoire sont d'un grand intérêt en termes de diagnostic. Cependant, le caractère limité des informations fournies par l'examen clinique, la faible spécificité des symptômes, et l'expression parfois subclinique de la réaction inflammatoire, rendent souvent nécessaire le recours aux examens complémentaires.

III.1. Le glucose sanguin

La glycémie est considérée fréquemment comme un indicateur du statut énergétique. La glycémie normale d'une vache laitière est comprise entre 0,45 et 0,75 g/L et varie de manière importante d'un individu à l'autre et en fonction du stade physiologique, du stress et du moment du repas (Kaneko et al., 2008). La glycémie moyenne d'une vache serait de 0,66 g/L (Guédon et al., 1998). Une hyperglycémie est tout d'abord considérée comme physiologique en cas de stress et après le repas. Elle peut également être retrouvée lors de bilan énergétique positif, de stress, mais également lors de diverses maladies (par exemple en cas de fièvre vitulaire, de déplacement de caillette, de volvulus de caillette ou d'obstruction duodénal) (Russell et Roussel, 2007). L'hyperglycémie peut également être rencontrée en cas de cétose de type II, mais ce de manière non systématique (Oetzel, 2007).

Une hypoglycémie est quant à elle associée à un bilan énergétique négatif, comme dans le cas d'une cétose de type I (Oetzel, 2007). Au niveau de la reproduction, il provoque une hyposécrétion de la GnRH, une atrophie des ovaires et de l'anoestrus avec hypoprogéstéronémie. La fécondation paraît également sensible à la glycémie, la période critique se situe autour de l'insémination (une semaine avant et deux semaines après). La carence énergétique durant cette période s'accompagne d'une forte mortalité embryonnaire précoce (Kouamo et al., 2011).

III.2. Les AGNE

Les AGNE ou acides gras libres (AGL) sont issus de la lipolyse des triglycérides qui a lieu lors de la lipomobilisation. L'étude des AGNE est utilisée dans le cadre de la détermination du statut énergétique du bovin (Meenalochani, 2016). Le dosage des AGNE durant les deux derniers mois de gestation et la première semaine suivant le vêlage serait un indicateur de la fertilité, indépendamment de la notion de durée nécessaire à la reprise du cycle ovariatoire (Garverick et al., 2013; Guédon et al., 1998). Concernant les troubles de la reproduction, le déficit énergétique en péri-partum est associé à l'apparition de nombreuses maladies et de troubles de la reproduction. Les vaches présentant une non réussite en première insémination ont également des valeurs en AGNE significativement plus élevées (0,28 mmol/L) que les animaux présentant une réussite (0,22 mmol/L) (Grimard et al., 1997b).

De manière générale, une valeur d'AGNE de 0,7 mmol/L serait associée en post-partum à un déficit énergétique majeur et est définie comme valeur seuil au-dessus de laquelle le risque d'apparition de maladie métabolique est significativement plus important. Ainsi, une concentration élevée en AGNE en postpartum sera associée à un allongement de l'IV-If (Le Blanc, 2010).

III.3. Le bêta-hydroxybutyrate (BHB) sanguin

Le corps cétonique majoritairement présent dans l'organisme est le bêta-hydroxybutyrate (BHB). Au cours du premier mois postpartum, on reconnaît une augmentation du risque d'apparition de troubles de la santé au-delà de 0,7 à 0,8 mmol/L, avec en particulier un risque accru de survenue de rétention placentaire, métrite, un déplacement de caillette et une cétose. Au-delà de 0,5 mmol/L, le risque de dystocie est également accru (Egal, 2013).

Une valeur au-delà de 1,2 mmol/L en post-partum est associée à un risque de développer une métrite, un déplacement de caillette, une cétose clinique, une endométrite, un allongement de la période post-partum anovulatoire, une mammite ou une diminution de production laitière (Le Blanc, 2010). A l'échelle du troupeau, si plus de 25% des animaux inclus dans l'échantillon présentent une valeur supérieure à 1,2 mmol/L, l'ensemble du troupeau doit être traité afin de réduire l'incidence de la cétose (Van Saun, 2016).

III.4. Le cholestérol

La cholestérolémie renseigne sur la mobilisation des réserves de graisses corporelles par l'animal. La Cholestérolémie varie avec le régime alimentaire ; l'augmentation peut atteindre des valeurs très élevées lors d'une ration très riche en corps gras, ou d'alimentation à base de fourrage vert (Belibasakis et Tsirgogianni, 1995). Mais une diminution de taux sérique suite à l'adjonction de sorbitol dans l'alimentation surtout en début de lactation peut s'expliquer par une sécrétion accrue des sels biliaires et une diminution de synthèse de cholestérol (Remond et al., 1996). Loisel (1977) , affirme que le déficit énergétique entraîne également la mobilisation des réserves lipidiques, ce qui entraîne l'augmentation de la cholestérolémie et la concentration de triglycérides dans le sang (Loisel, 1977).

III.5. Les protéines totales

Les protéines fournissent les acides aminés nécessaires pour le maintien des fonctions vitales, la croissance, la reproduction et la lactation. Les protéines totales sont constituées d'albumine et de globulines (Braun et al., 1992). En effet le taux de protéines totales augmente (à plus de 80 g/l) en cas d'hémoconcentration lors d'un animal qui présente une déshydratation ou élévation du taux de globulines suite à un processus infectieux ou inflammatoire aigu ou chronique. Par conséquent un impact négatif très marqué sur la reproduction (Sattler, 2003).

III.6. L'albumine

L'albumine sérique est synthétisée par le foie à partir du pool en acides aminés intracellulaires. Elle est le reflet de deux processus en cas de diminution : une inflammation chronique et/ou une hypo-protéïnémie (carence, malabsorption ou problème de synthèse). C'est un marqueur négatif de l'inflammation car sa synthèse au niveau du foie est en compétition avec celle des protéines inflammatoires (Sordillo et al., 2009; Trevisi et Bertoni, 2009). La concentration d'albumine dans le sang est donc directement fonction de la différence entre les apports alimentaires et les prélèvements corporels. Une baisse de l'albuminémie peut s'expliquer par un état de déficit alimentaire en protéines, le plus souvent chronique. Ce déficit pourrait jouer un rôle important dans le risque d'infertilité chez les animaux inséminés (Mansion et al., 1981). (Sevinc et al., 2002) ont estimé qu'une valeur inférieure de $32,5 \pm 0,05$ g/l renseigne de l'installation d'une stéatose hépatique. Les concentrations en albumines et protéines totales, dépendantes du métabolisme azoté, sont également liés à une augmentation du risque de maladie post-partum (Tillard, 2007; Van Saun, 2016).

III.7. La globuline

La globulinémie est la concentration sanguine en globulines (*alpha*, *bêta* et *gamma*). Elles augmentent dans le sang en cas de processus infectieux ou inflammatoire. Constate une augmentation très significative des gammaglobulines chez des vaches ayant avorté 60 jours après l'insémination et soupçonne donc des causes infectieuses à ces avortements (Mouiche, 2007).

III.8. L'haptoglobine

L'haptoglobine (Hp) est une protéine positive tardive de la phase aiguë de l'inflammation. Majoritairement synthétisée dans le foie, et dans les glandes mammaires des bovins, son rôle principal est de se fixer à l'hémoglobine libre libérée lors d'une hémolyse intravasculaire, en formant un complexe éliminé rapidement (Molmy, 2018). L'Hp est libérée par le foie lors de dommages des globules rouges afin de protéger les tissus de la toxicité du Fer libre. Elle augmente après 24-48h et peut rester élevée dans le sang jusqu'à 15 jours. C'est une α 2-globuline. Elle peut augmenter dans le cas d'inflammation de différents organes comme l'utérus, la mamelle, le tractus digestif ou respiratoire et c'est pour cela qu'elle est physiologiquement plus élevée en début de lactation (Humblet et al., 2006).

III.9. Le fibrinogène

Le fibrinogène est une protéine du sang qui joue un rôle dans la coagulation. Il participe à la formation des caillots sanguins et module également l'activité des plaquettes sanguines et des cellules des vaisseaux. Il se transforme en fibrine sous l'action d'une autre protéine, la thrombine (Molmy, 2018) . Le fibrinogène est également un marqueur de l'inflammation aiguë qui augmente après 2 jours de processus inflammatoire quel qu'il soit (trauma, virus, bactérie, chimique). C'est une β -globuline que l'on mesure facilement sur le terrain en mesurant les protéines totales. La différence entre les protéines totales plasmatiques (PTP) et sériques (PTS), mesurées au réfractomètre, permet d'estimer la concentration en fibrinogène. Physiologiquement, il se situe entre 3-7g/l (Humblet et al., 2006).

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

En élevages bovins laitiers, les paramètres de fécondité et de fertilité se sont progressivement éloignés des objectifs de reproduction habituellement fixés pour l'obtention d'une productivité satisfaisante, au point de compromettre le résultat technico-économique de certaines exploitations. En effet, le bilan des résultats de l'IA obtenus montre une faiblesse des taux de réussite et surtout le coût prohibitif de l'IA qui constitue une des principales difficultés de sa mise en pratique.

L'infertilité est principalement liée à des facteurs nutritionnels et sanitaires. Les paramètres habituellement utilisés pour évaluer le niveau des performances de reproduction ne permettent d'en apprécier que le résultat global, alors que les déséquilibres nutritionnels ou les troubles sanitaires postpartum peuvent agir sur chacune des phases du cycle de reproduction. Dans ce contexte, notre étude a été réalisée avec pour objectif général d'identifier les causes de l'infertilité dans les exploitations laitières et de proposer à terme des recommandations adaptées à la situation locale. Cette étude vise spécifiquement à :

- Déterminer et comparer la fertilité (les taux de gestations) de deux stratégies (saillie sur chaleurs naturelle vs insémination artificielle sur chaleurs synchronisées).
- D'apprécier l'influence des paramètres biochimiques (marqueur nutritionnel) sur la fertilité.
- D'apprécier l'influence des marqueurs d'inflammation (troubles sanitaires postpartum) sur la fertilité.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Zone d'étude et période de l'étude

Notre étude a été réalisée dans la wilaya de TIPAZA (Koléa) durant la période allant de janvier 2021 à juin 2021.

2. 2. Matériel

2.2.1. Echantillon d'étude (animaux)

L'étude s'est déroulée dans un élevage de vaches laitières importées. L'effectif total des vaches présent dans l'élevage a été de 115 vaches et le nombre de vaches suivies est de 25 (soit un échantillon de 21,74%). La totalité des vaches suivies sont des primipares en lactation, âgées de 3ans, et sont principalement de race Montbéliardes (n= 17, soit 68%) et Prim'Holstein (n= 8, soit

32%). Le niveau de production laitière de l'élevage est de 2124 litres/jour avec une moyenne de 18 litres/vache.

2.2.2. Caractéristiques et conduite d'élevage

Les caractéristiques d'élevage et la conduite pratiquée se résument à : la stabulation a été de type semi entravé ; la laitière a été suffisamment présente ; l'état d'hygiène a été moyen. L'alimentation distribuée a été à base d'ensilage, herbe de prairie, fourrages verts, fourrages secs, paille, foin, concentré. Le concentré et CMV sont incorporés durant les 3 dernières semaines de gestation, et la même alimentation est distribuée pour tous les stades de lactation (figure 4).



Figure 4 : Vaches laitières présentes dans l'élevage.

2.2.3. Matériel de prélèvement et de dosage

Le petit matériel utilisé pour les prélèvements, centrifugation et conservation du sang est comme suit :

- Aiguilles de prélèvement sanguin (BD Vacutainer®, 18G).
- Porte aiguille.
- Des tubes secs et héparinés de 5 ml.
- Porte tube (support).
- Centrifugeuse de modèle 800 (figure 5).
- Glacière.
- Micropipette (1000µl).
- Embouts pour micropipettes.
- Des cônes éppendorf pour la conservation du sérum et plasma.

- Il a été utilisé, pour le dosage de BHB :
 - Dans le lait, des bandelettes de marque « Porta BHB Milk Ketone test ».
 - Dans le sang, un lecteur « FREESTYLE OPTIUM NEO » et des bandelettes β -cétone : c'est un appareil simple et fiable pour une lecture automatique et chiffrée de la glycémie et la cétonémie (Figure 6).
- Pour le dépistage des mammites, il a été utilisé un test de CMT (californian mastitis test) : c'est un dispositif composé de plateau ayant 4 coupelles et une solution (réactif) de marque « RAIDEX » (figure 7).



Figure 5 : centrifugeuse modèle 800.



Figure 6 : Lecteur « FREESTYLE OPTIUM NEO » et électrodes (bandelettes β -cétone).



Figure 7: Test CMT (californian mastitis test).

- Des kits de réactifs commerciaux de marques : *Cromatest*[®] (Espagne) et *Spinreact*[®] (Espagne) ont été utilisés pour le dosage biochimique des paramètres sanguins suivants : glucose, albumine, protéines totales et cholestérol.
- Un analyseur de biochimie semi-automatique WP 21B « SHENZHEN GENIUS ELECTRONICS CO » a été utilisé pour le dosage de l'ensemble des métabolites (Figure 8).



Figure 8 : Analyseur de biochimie semi-automatique WP 21B.

2.3. Méthodes

2.3.1. Protocole expérimental

- Dans une première étape des informations relatives à l'identification des vaches, les caractéristiques de l'élevage et de reproduction, les pathologies rencontrées en postpartum ont été collectées et consignées sur des fiches de renseignements (Annexe 1, 2). Afin de déterminer et comparer la fertilité de deux stratégies de fécondation, le choix s'est porté sur 25 vaches laitières en période de mise à la reproduction. Deux lots de vaches ont été constitués :
 - **Lot 1** : vaches saillies sur chaleurs naturelles (n=11).
 - **Lot 2** : vaches inséminées sur chaleurs induites (n=14).
- Dans une deuxième étape, des visites ont été programmées comme suit :
 - Une première visite a été faite afin :
 - D'évaluer la note d'état d'engraissement des vaches suivant une grille d'appréciation simplifiée (Edmonson et al., 1989) (une NEC allant de 1 (très maigre) à 5 (trop gras) (Annexe 3).
 - D'assister le vétérinaire responsable du suivi d'élevage dans :
 - L'examen clinique et gynécologiques des vaches sélectionnées pour détecter d'éventuelles pathologies. Il a été pris en considération que les pathologies observées pendant la période qui précède l'insémination artificielle /saillie soit j-30 à j-1.
 - Le dépistage des mammites subcliniques en utilisant le test de CMT.
 - L'application des traitements de synchronisation des chaleurs.
 - Une seconde visite, avait pour but :
 - D'enregistrer les vaches détectées en chaleurs par le propriétaire de l'élevage.
 - De réaliser des prélèvements de sang le jour de l'IA/saillie.
 - Une troisième visite a été effectuée afin de réaliser un diagnostic de gestation par échographie. En fin, les informations relatives aux troubles sanitaires survenant en post IA/saillie ont été enregistrées sur des fiches individuelles.
- Dans une troisième étape, l'analyse des paramètres biochimiques et des marqueurs d'inflammation a été réalisée.

2.3.2. Saillie sur chaleurs naturelles

Dès détection du signe majeur des chaleurs à savoir l'acceptation du chevauchement, une mise en contact avec le taureau reproducteur a été immédiatement effectuée par l'éleveur.

2.3.3. Insémination sur chaleurs induites

Les deux procédés d'induction et de synchronisation des chaleurs retenus sont les suivants :

2.3.3.1. Premier protocole (n=10 vaches) : Il a consisté en l'insertion d'un dispositif intravaginal à base de progestérone (figure 9).

- J0 : pose vaginale de dispositif PRID® Delta 1,55 g.
 - J7 : injection de prostaglandines (25 mg soit 5ml de Dinoprost, ENZAPROST®).
 - J9 : retrait du dispositif vaginal et détection des chaleurs.
 - Les inséminations ont été programmées à partir de la 56^{ème} heure après retrait du dispositif.
- **Mode d'emploi et insertion du dispositif :**
- Nettoyer et désinfecter l'applicateur de dispositif PRID® Delta dans une solution antiseptique avant l'utilisation.
 - Plier le dispositif et le placer dans l'applicateur. L'extrémité de la tige doit être à l'extérieur de l'applicateur.
 - Appliquer une petite quantité de lubrifiant à l'extrémité de l'applicateur chargé.
 - Soulever la queue et nettoyer la vulve et le périnée.
 - Insérer doucement l'applicateur dans le vagin, d'abord dans le sens vertical puis horizontalement jusqu'à rencontrer une certaine résistance.
 - S'assurer que la tige de retrait est libre, appuyer sur la poignée de l'applicateur et le retirer, en laissant la tige de retrait en dehors à la vulve.
 - Nettoyer et désinfecter l'applicateur après utilisation et avant utilisation sur un autre animal.
 - Retirer le système de diffusion vaginal 10 jours après son insertion en tirant doucement sur la tige de retrait.



Figure 9 : Principales étapes du protocole d'insertion dispositif PRID® Delta.

2.3.3.2. Deuxième protocole (n=04 vaches) : Il a consisté en l'injection d'une seule dose de prostaglandines (25 mg soit 5ml de Dinoprost, ENZAPROST®) après examen rectale des ovaires et confirmation de présence d'un corps jaunes dioestral. Les inséminations ont été réalisées sur chaleurs observées.

2.3.4. Diagnostic de gestation

Un examen échographique a été effectué à 35 jours après les opérations d'IA/saillies afin de déceler les vaches gestantes. Au cours du diagnostic de gestation l'éleveur avait déjà remarqué des retours de chaleurs chez certaines vaches inséminées/saillies. Le paramètre taux de gestation a été calculé selon la formule ci-après :

Taux de gestation (conception rate) = Nombre de gestations / Nombre de vaches inséminées ou saillies.

2.3.5. Dépistage des mammites subcliniques par le test de CMT

Ce test est basé sur l'emploi d'un détergent (solution de teepol à 10%) et d'un colorant (le pourpre de bromocrésol). L'adjonction du tensioactif dans le prélèvement de lait provoque la lyse des cellules présentes. Cette lyse entraîne la libération des différents constituants cellulaires et en particulier celui de l'acide désoxyribonucléique (ADN). Cette ADN libéré va se regrouper sous forme d'agrégat et donner ainsi au mélange formé un flocculat visqueux.

Après nettoyage et désinfection du quartier à analyser : 2 ml de lait est prélevé dans un plateau prévu à cet effet. Le prélèvement est ensuite répété sur les autres quartiers. Puis on ajoute le réactif en quantité équivalente du lait prélevé dans chaque cupule. Le mélange est ensuite obtenu par un mouvement circulaire pendant quelques minutes. La lecture et l'interprétation a été réalisée selon Boudry (2005).

2.3.6. Prélèvements de sang

Deux prises de sang total ont été réalisées au niveau de la veine coccygienne, une sur tube sec (5 ml) et l'autre sur tube hépariné (5 ml) (figure 10 et 11). Les prélèvements sont immédiatement identifiés (Numéro de la vache, numéro et date prélèvement, code de la ferme), et placés à une température d'environ 4°C dans une glacière. Une centrifugation du sang a été réalisée à 3000 tours/min pendant 10 minutes pour séparer le plasma et sérum dans les deux heures qui suivent les prélèvements. Les aliquotes de sérums et plasmas ont été conservés dans des éppendorfs au congélateur à -20°C jusqu'au moment de l'analyse biochimique.



Figure 10 : Prise de sang total réalisé au niveau de la veine coccygienne.



Figure 11 : Des prélèvements de sang effectué sur tubes sec et hépariné puis identifiés.

2.3.7. Méthodes de dosage

Les analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire des sciences vétérinaires de Blida 1. Tous les paramètres biochimiques étudiés ont été analysés par un analyseur de biochimie semi-automatique WP 21B.

2.3.7.1. Méthodes de dosages des paramètres biochimiques

Les concentrations circulantes des différents métabolites ont été déterminées selon le mode opératoire du fabricant (*Cromatest*[®] et *Spinreact*[®]). Le principe de la méthode d'analyse pour chaque paramètre est comme suit :

➤ **Glucose**

Le glucose est dosé par une méthode enzymatique à hexokinase (HK) et glucose -6- phosphate déshydrogénase (G-6-PDH). L'absorbance due au NADH, H⁺ (concentration du glucose) est déterminé grâce une technique bichromatique en point final (340 et 373 nm).

➤ **Cholestérol**

Le cholestérol est dosé par méthode colorimétrique enzymatique. L'absorbance causée par DEA-HCL/AAP oxydée est directement proportionnelle à la concentration de cholestérol total est se mesure grâce à une technique polychromatique (452, 570, 700 nm) en point final.

➤ **Protéines totales (sériques et plasmatiques)**

Les protéines totales sont dosées selon la méthode de biuret (méthode de référence) dont le principe est que les ions cuivre (Cu⁺⁺) réagissent avec les liaisons peptidiques des protéines dans une solution basique. Le complexe protéine-cuivre de couleur bleue formé proportionnellement à la concentration des protéines totales est mesuré à l'aide d'une technique bichromatique en point final (540, 700 nm).

➤ Albumine

L'albumine est dosée par une technique chimique basée sur la méthode de doumas, watson et biggs, qui repose sur la liaison de l'albumine à un colorant, le vert de bromocrésol (BCG) en solution. L'albumine se lie de façon quantitative au BCG pour former un complexe albumine-BCG, qui est mesuré au point de virage de la réaction (en point final à 596-694 nm).

➤ Dosage de BHB

Le dosage de BHB a été réalisé dans le sérum et dans le lait comme suit :

- **BHB du sérum**

Le dosage des BHB a été réalisé dans le sérum comme rapporté par (Pineda et Cardoso, 2015) via le lecteur FREESTYLE OPTIUM NEO. Cet appareil fonctionne avec des électrodes FreeStyle Optium pour la mesure de la glycémie et avec les électrodes FreeStyle Optium β -cétone pour la mesure de l'acétonémie. Après insertion de l'électrode dans le lecteur une goutte de sérum (2 μ l) a été déposée sur son extrémité, la valeur du BHB est affichée au bout de 10 secondes sur l'écran du lecteur. Les résultats ont été notés sur les fiches individuelles de suivi puis sur un tableur Excel.

- **BHB du lait par le test semi quantitatif « Porta BHB Milk Ketone »**

La bandelette mesure la concentration d'un corps cétonique, le B-hydroxybutyrate (BHB). Un échantillon de lait de mélange des quatre quartiers a été prélevé dans un flacon de 60 ml, puis une bandelette Porta BHB est plongée dans le lait. Après une mise de contact d'une minute, la couleur obtenue sur la bandelette est comparée à celle indiquée sur l'échelle colométrique du flacon. Plus la concentration en BHB est élevée, plus la couleur violette est prononcée, et plus la cétose est importante. Le résultat est positif lorsque la teneur de BHB dans le lait dépasse 100 μ mol/l (figure 12).



Figure 12 : Mesure du BHB de lait à l'aide des bandelettes «Porta BHB Milk Ketone»

2.3.7.2. Détermination des marqueurs d'inflammation et interprétation

Les protéines totales sériques (PTS) et plasmatiques (PTP), l'albumine, les globulines et le fibrinogène, ont été déterminés puis utilisés pour diagnostiquer et interpréter selon le diagramme rapporté par Knapp et Guyot, (2016) (figure 13).

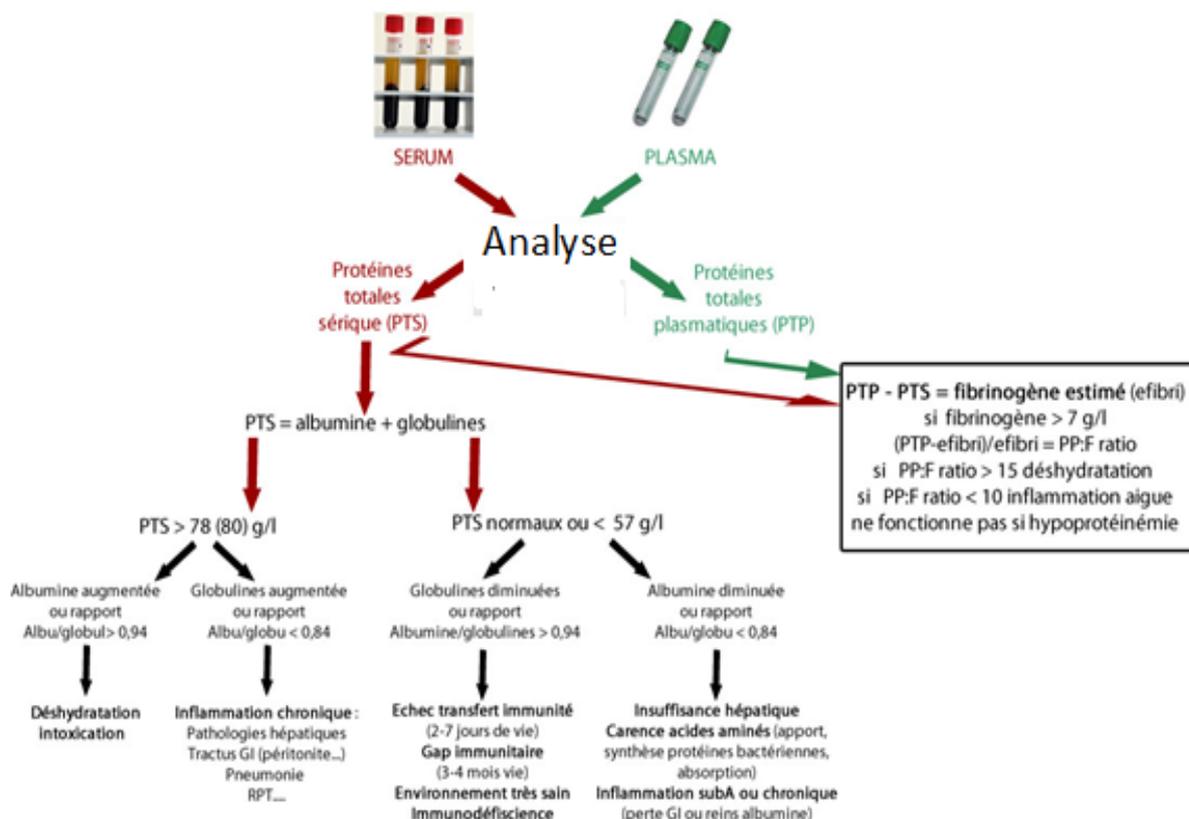


Figure 13 : utilisation et interprétation des protéines totales dans le diagnostic de l'inflammation. (PT : protéines totales ; PTS protéines totales sériques et PTP protéines totales plasmatiques. efibri : fibrinogène estimé) (Knapp et Guyot, 2016).

2.3.8. Analyse des données

Les données ont été présentées sous la forme moyenne \pm SD (SD=écart type). Une étude descriptive des résultats obtenus chez l'ensemble des vaches (paramètres biochimiques, marqueurs d'inflammation, pathologies rencontrées) a été effectuée dans un premier temps. Puis, une étude analytique des résultats a été réalisée dans un deuxième temps. La normalité de la distribution des concentrations des variables a été analysée par le test de Shapiro-Wilk. La comparaison des moyennes des concentrations paramètres biochimiques, marqueurs d'inflammation a été effectuée en utilisant le test de la somme des rangs de Mann-Whitney-Wilcoxon (test non paramétrique, effectifs faibles). Le test khi2 a été utilisé pour la comparaison des taux de fertilité. Le logiciel Systa 10 a été utilisé pour l'ensemble des analyses statistiques.

I. ETUDE DESCRIPTIVE DES RESULTATS

I.1. Paramètres de reproduction des vaches sélectionnées

Les paramètres de reproduction calculés des vaches sélectionnées avant le début du protocole expérimental sont rapportés dans le tableau 1 :

Tableau 1 : paramètres de reproduction des vaches sélectionnées avant le début du protocole expérimental.

Lot de vache	IV-1 ^{ière} chaleur (Moyenne \pm SD) (j)	Vache avec IA ou saillie ≤ 2		Vache avec IA ou saillie ≥ 3		Nombre d'IA ou saillie/vache (Moyenne \pm SD)	IV-début de traitements de synchronisation/saillie naturelle (j) (Moyenne \pm SD)
		NB	%	NB	%		
Lot 1 (n=11)	72,1 \pm 38,52	07	28	04	16	2,5 \pm 0,75	177,35 \pm 39,84
Lot 2 (n=14)	76,21 \pm 45,38	05	20	09	36	2 \pm 0,89	
Total (n=25)	74,5 \pm 41,82	12	48	13	52	2,28 \pm 0,84	

Nos résultats indiquent qu'avant le début du protocole expérimental, les vaches sélectionnées avaient :

- Un IV-1^{ière} chaleur moyen de 74,5 \pm 41,82 j.
- Un taux de vaches repeat breeders de 52 %.
- Un nombre moyen d'IA ou saillie/vache de 2,28 \pm 0,84 j.
- Un IV-début de traitements de synchronisation/Saillie naturelle de 177,35 \pm 39,84 j.

I.2. Fréquence des pathologiques chez les deux lots de vaches

Les résultats relatifs aux pathologiques rencontrées pendant la période qui précède les saillies et inséminations chez les deux lots de vaches sont rapportés dans le tableau 2 :

Tableau 2 : Fréquence des pathologiques chez les vaches saillies sur chaleurs naturelle ou inséminées sur chaleurs induites (moyenne \pm SD).

Vaches		Pathologies de l'appareil reproducteur (Endométrites)	Pathologies de l'appareil locomoteur (Boiteries)	Pathologies mammaires (Mammites cliniques et subcliniques)	Cétose subclinique (BHB \geq 1,2mmol)
Saillies sur chaleurs naturelles	Nb	02	02	01	00
	(%)	40	40	10	00
Inséminées sur chaleurs induites	Nb	08	00	03	07
	(%)	44,44	00	16,66	38,88
Total	Nb	10	02	04	07
	(%)	43,47	8,69	17,39	30,43

Nos résultats montrent que par rapport à l'ensemble des pathologies rencontrées la fréquence de :

- Pathologies de l'appareil reproducteur (endométries) a été de 43,47%.
- Pathologies de l'appareil locomoteur (boiteries) a été de 8,69%.
- Pathologies mammaires (mammites cliniques et subcliniques) a été de 17,39%.
- Cétose subclinique (BHB \geq 1,2 mmol) a été de 30,43%.

I.3. Taux de synchronisation, moment des chaleurs et d'insémination artificielle chez les vaches synchronisées

Les résultats relatifs aux taux de synchronisation, intervalles entre la fin de traitement de synchronisation et début des chaleurs / insémination artificielle, intervalle entre le début des chaleurs et insémination artificielle chez le lot de vaches synchronisées sont rapportés dans le tableau 3 :

Tableau 3 : Taux de synchronisation, intervalles entre fin de traitement de synchronisation et début des chaleurs /insémination artificielle et intervalle entre le début des chaleurs et insémination artificielle chez les vaches synchronisées (moyenne en heures± SD).

		Vaches en chaleurs		Intervalle fin de traitement- Début Chaleurs (Moyenne ± SD)	Intervalle fin de traitement- IA (Moyenne ±SD)	Intervalle début de chaleurs-IA (Moyenne ± SD)
		Nombre	%			
Vaches inséminées sur chaleurs induites	Delta (n=10)	05	50	44,5±3	56±2,5	12±2,5
	PGF ₂ α (n=04)	04	100	72±2,30	84±3,5	12±4

Nos résultats montrent que :

- Le taux de synchronisation global a été 64,82%. Ce taux a été de 50% et 100% respectivement pour les deux types de traitements Delta et PGF₂α.
- L'intervalle fin de traitement-début des chaleurs a été de 44,5±3.1 h et 72±2,30 h respectivement pour les deux types de traitements Delta et PGF₂α.
- L'intervalle fin de traitement-IA a été de 56±2,5 h et 84±3,5 h respectivement pour les deux types de traitements Delta et PGF₂α.
- L'intervalle début chaleurs - IA a été en moyenne de 12±2,5 h et 12±4 h respectivement pour les deux types de traitements Delta et PGF₂α.

I.4. Taux de gestation chez les vaches saillies ou inséminées sur chaleurs naturelles ou induites

Les résultats relatifs aux taux de gestation des deux lots de vaches saillies sur chaleurs naturelle ou inséminées sur chaleurs induites sont rapportés dans le tableau 4 :

Tableau 4 : Taux de gestation chez les vaches saillies sur chaleurs naturelle ou inséminées sur chaleurs induites (moyenne \pm SD).

Diagnostic de gestation		Vaches saillies sur chaleurs naturelles (n=11)	Vaches inséminées sur chaleurs induites (n=14)		
			Delta (n=10)	PGF ₂ α (n=04)	Total
Vaches gestantes	Nombre	09	05	01	06
	Taux (%)	81,82	50	25	42,86
Vaches non gestantes	Nombre	02	05	03	08
	Taux (%)	18,18	50	75	57,14

Nos résultats montrent que le taux de gestation chez les vaches :

- Saillies sur chaleurs naturelles a été de 81,82%.
- Inséminées sur chaleurs induites a été de 42,86 %.

Les figures ci-dessous montrent la répartition des taux de gestation chez les deux lots de vaches.

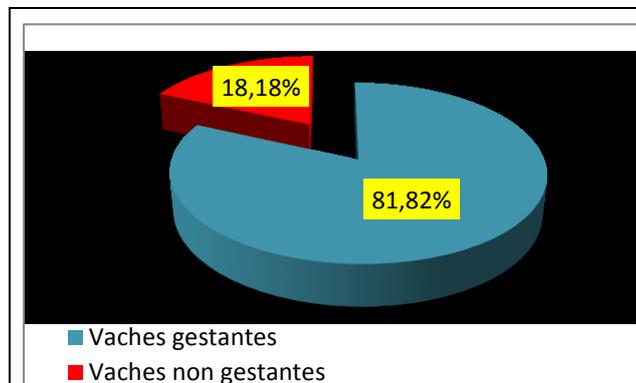


Figure 14 : Taux de gestation chez les vaches saillies sur chaleurs naturelles.

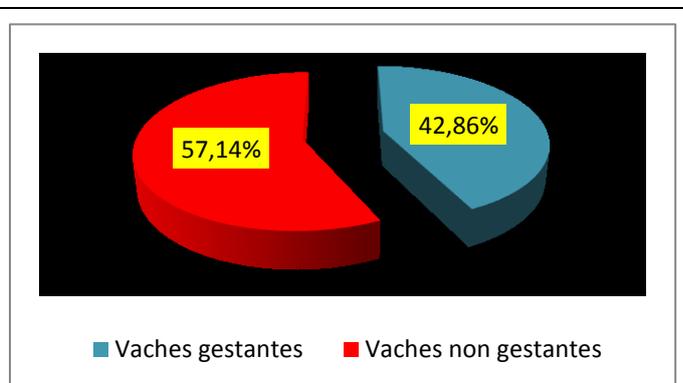


Figure 15 : Taux de gestation chez les vaches inséminées sur chaleurs induites.

I.5. Concentration des paramètres biochimiques et la note d'état corporel des vaches au moment de la saillie/insémination artificielle

Les résultats d'analyse des paramètres biochimiques et la note d'état corporel de l'ensemble des vaches au moment de la saillie et de l'insémination artificielle sont rapportés dans le tableau 5 :

Tableau 5 : Concentration des paramètres biochimiques et la note d'état corporel de l'ensemble des vaches (moyenne± SD).

	Paramètres biochimiques et NEC					
	Protéines sériques totales (g/l)	Protéines plasmatiques totales (g/l)	Cholestérol (mmol/l)	Glycémie (g/l)	BHB (mmol/l)	NEC
Moyenne± SD	75,82±8,56	84,59±7,94	1,98±0,52	0,63±0,12	0,87±0,45	3,08±0,34

Nos résultats indiquent que chez l'ensemble des vaches, la concentration de :

- Protéines sériques totales a été de 75,82±8,56 g/l.
- Protéines plasmatiques totales a été de 84,59±7,94 g/l.
- Cholestérol a été de 1,98±0,52 mmol/l.
- Glycémie a été de 0,63±0,12 g/l.
- BHB a été de 0,87±0,45 mmol/l.
- La note d'état corporel moyenne a été de 3,08± 0,34.

La figure 16 montre la distribution des concentrations des paramètres biochimiques de l'ensemble des vaches.

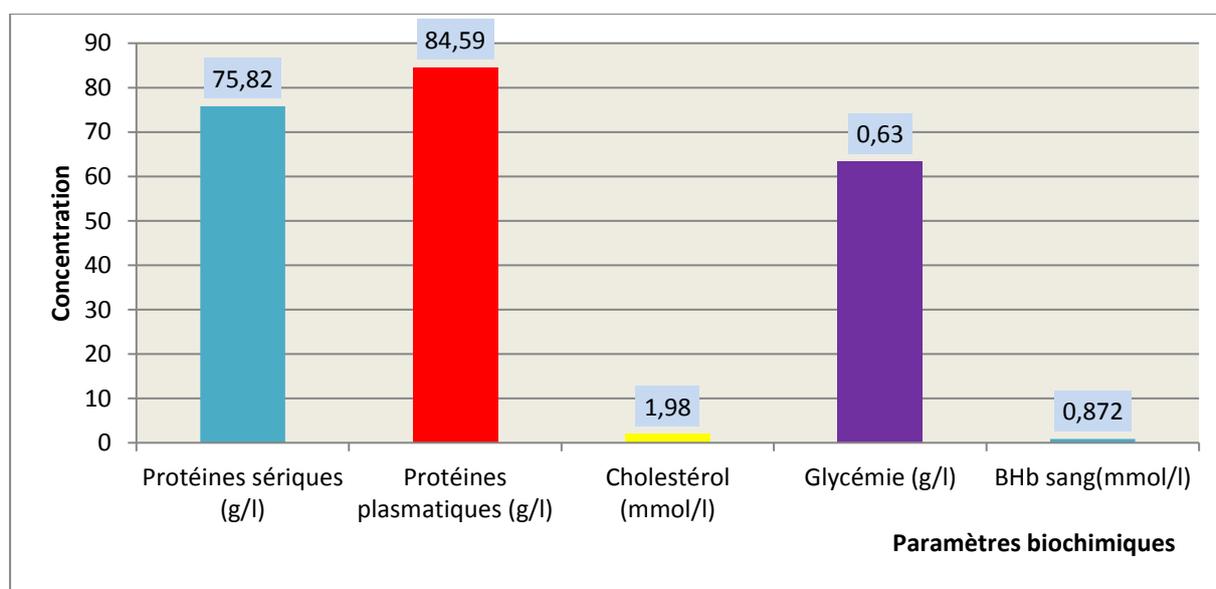


Figure 16 : Concentration des paramètres biochimiques de l'ensemble des vaches.

I.6. Concentration des marqueurs d'inflammation au moment de la saillie/insémination artificielle

Les résultats d'analyse des marqueurs d'inflammation de l'ensemble des vaches au moment de la saillie et de l'insémination artificielle sont présentés comme suit :

Tableau 6 : Concentration des marqueurs d'inflammation de l'ensemble des vaches (moyenne \pm SD).

	Marqueurs d'inflammation				
	Albumine (g/l)	Globulines (g/l)	Ratio Albumine/globulines	Fibrinogène (g/l)	Ratio Protéines plasmatiques /fibrinogène
Moyenne \pm SD	33,72 \pm 5,77	42,1 \pm 6	0,81 \pm 0,17	8,76 \pm 5,22	13 \pm 10,39

Nos résultats indiquent que chez l'ensemble des vaches, la concentration des :

- Albumine a été de 33,72 \pm 5,77 g/l.
- Globulines a été de 42,1 \pm 6 g/l.
- Ratio Albumine/globulines a été de 0,81 \pm 0,17.
- Fibrinogène a été de 8,76 \pm 5,22 g/l.
- Ratio Protéines plasmatiques /fibrinogène a été de 13 \pm 10,39.

La figure ci-dessous montre la distribution des concentrations des marqueurs d'inflammation de l'ensemble des vaches.

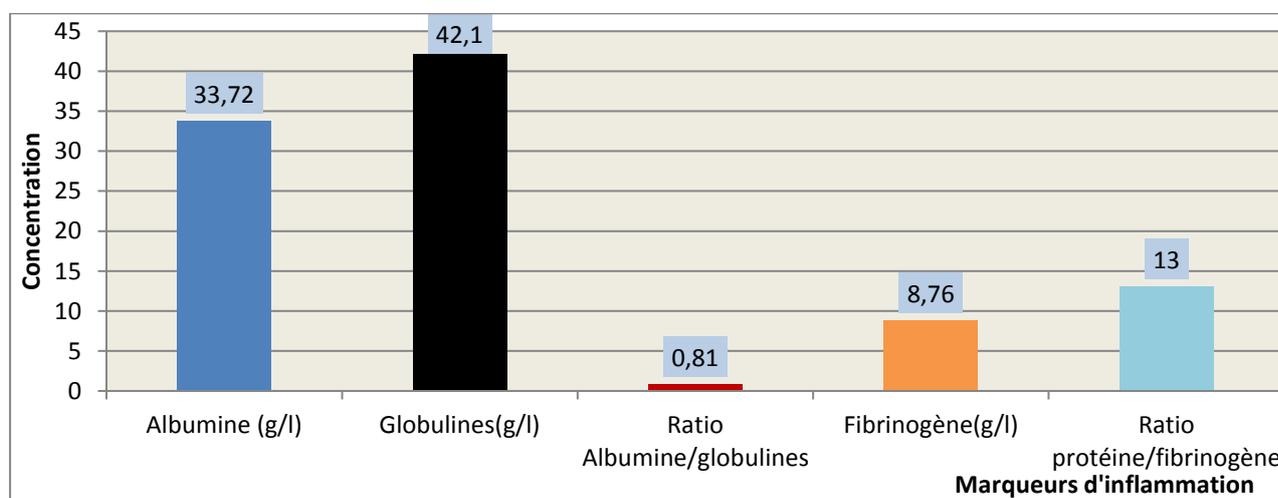


Figure 17 : Concentrations des marqueurs d'inflammation de l'ensemble des vaches.

II. ETUDE ANALYTIQUE DES RESULTATS

II.1. Taux de fertilité (taux de gestation) chez les deux lots de vaches (saillies sur chaleurs naturelles vs synchronisées sur chaleurs induites)

Les résultats comparés entre les taux de gestation des deux lots de vaches sont rapportés dans le tableau 7 :

Tableau 7 : Taux de fertilité (gestation) chez les deux lots de vaches (non synchronisées et saillies vs synchronisées et inséminées).

Taux de vaches	Vaches saillies sur chaleurs naturelles	Vaches inséminées sur chaleurs induites	P
Gestantes (%)	81,82 (9/11)	42,86 (6/14)	0,04
Non gestantes (%)	18,18 (2/11)	57,14 (8/14)	

Le traitement des données montre que comparativement aux vaches saillies sur chaleurs naturelles, le taux de gestation est significativement plus faible chez celles inséminées sur chaleurs induites (81,82% vs 42,86%, $p = 0.04$).

II.2. Relation entre les paramètres biochimiques, la note d'état corporel et la fertilité (taux de gestation)

Les résultats comparés des paramètres biochimiques et de la note d'état corporel entre les vaches gestantes et non gestantes sont rapportés dans le tableau 8 :

Tableau 8 : Paramètres biochimiques et note d'état corporel des vaches gestantes et non gestantes.

Paramètres biochimiques	Vaches non gestantes	Vaches gestantes	P
Protéines sériques totales (g/l)	73,97±10,09	77,06±7,49	0.43
Protéines plasmatiques totales (g/l)	85,18±5,91	84,2±9,23	0.84
Cholestérol (mmol/l)	1,89±0,52	2,05±0,53	0.47
Glycémie (g/l)	0,62±0,16	0,63±0,84	0.61
BHB sang (mmol/l)	1,24±0,42	0,62±0,29	0.0004
NEC	3,02±0,43	3,11±0,28	0,9

Nos résultats ne montrent aucune différence significative entre les vaches gestante et vides en ce qui concerne les concentrations des protéines sériques totales ($77,06 \pm 7,49$ Vs $73,97 \pm 10,09$, $p= 0.43$), protéines plasmatiques totales ($84,2 \pm 9,23$ Vs $85,18 \pm 5,91$, $p=0.84$), la glycémie ($0,63 \pm 0,84$ Vs $0,62 \pm 0,16$, $p=0.61$), et la note d'état corporel ($3,11 \pm 0,28$ Vs $3,02 \pm 0,43$, $p=0,9$). Une concentration de cholestérol plus faible, statistiquement non significative, a été observée chez les vaches non gestantes ($2,05 \pm 0,53$ vs $1,89 \pm 0,52$, $p=0.61$). Par contre, comparativement aux vaches gestantes la concentration de BHB a été significativement plus élevée chez les vaches non gestantes ($0,62 \pm 0,29$ vs $1,24 \pm 0,42$, $p =0.0004$). La figure ci-dessous montre la distribution des concentrations des paramètres biochimiques chez les vaches gestantes et non gestantes.

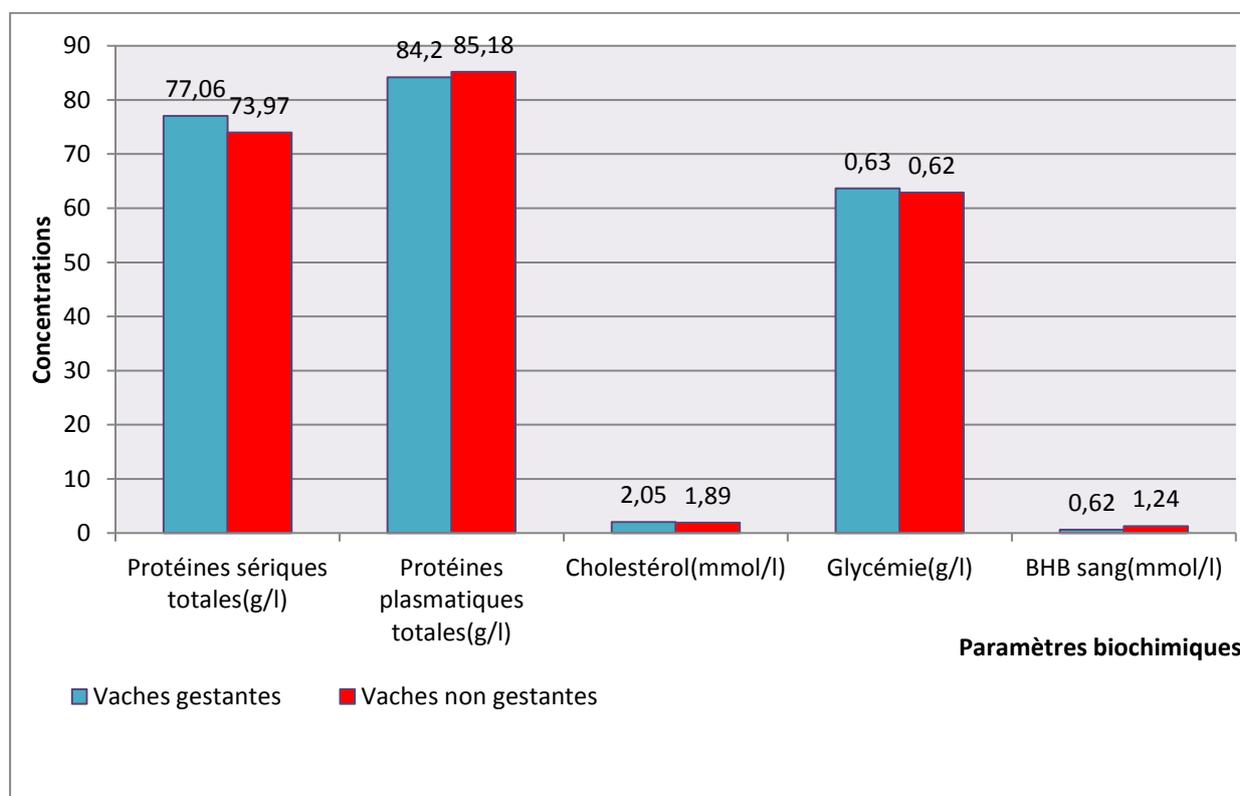


Figure 18 : Distribution des concentrations des paramètres biochimiques chez les vaches gestantes et non gestantes.

II.3. Relation entre les troubles de santé (antécédents pathologiques /cétose) et fertilité (gestation)

II.3.1. Les troubles de santé (antécédents pathologiques et cétose) et fertilité

Les résultats relatifs à l'effet des troubles de santé sur la fertilité (gestation) sont rapportés dans le tableau 9 :

Tableau 9 : Effet des troubles de santé sur le taux de fertilité (gestation).

		Vaches (n=25)							
		Non gestantes				Gestantes			
		Avec pathologiques		ou sans antécédents		Avec pathologiques		ou sans antécédents	
		BHB≥1,2 (n=06)	BHB ≥1,2 (n=01)	BHB <1,2 (n=02)	BHB <1,2 (n=01)	BHB ≥1,2 (n=00)	BHB ≥1,2 (n=00)	BHB <1,2 (n=07)	BHB <1,2 (n=08)
Total	Nb	07		03		00		15	
	%	28		12		00		60	

Nos résultats montrent que le taux des vaches gestantes avec ou sans antécédents pathologiques et un BHB <1,2 mmol/l (au moment de la saillie et/ou IA) est significativement plus élevé que celui des vaches non gestantes ayant présentées un BHB ≥1,2 mmol/l (une cétose subclinique) (60% vs 28%, p = 0,02).

Une corrélation positive a été obtenue (r=0,82, p=0,002) entre les valeurs de BHB mesuré par le lecteur Freestyle et les bandelettes Porta BHB.

II.3.2. Les marqueurs d'inflammation et fertilité

Les résultats comparés des marqueurs d'inflammation entre les vaches gestantes et non gestantes sont rapportés dans le tableau 10 :

Tableau 10 : Marqueurs d'inflammation chez les vaches gestantes et non gestantes.

Marqueurs d'inflammation	Vaches non gestantes	Vaches gestantes	p
Albumine (g/l)	30,37±4,07	35,95±5,75	0.01
Globulines (g/l)	43,6±7,62	41,11±4,66	0.38
Ratio albumine/globulines	0,70±0,11	0,88±0,16	0.01
Fibrinogène (g/l)	11,21±6,79	7,13±3,16	0.07
Ratio protéines plasmatiques totales/fibrinogène	11,92±13,05	13,72±8,61	0.05

Nos résultats montrent que comparativement aux vaches gestantes la concentration d'albumine et du ratio albumine/globulines ont été significativement plus faible chez les vaches non gestantes [(albumine : $35,95 \pm 5,75$ vs $30,37 \pm 4,07$, $p= 0.01$) ; (Ratio albumine/globulines : $0,88 \pm 0,16$ vs $0,70 \pm 0,11$, $p= 0.01$)]. De plus, la concentration de fibrinogène tend à être significativement plus élevée chez les vaches non gestantes ($11,21 \pm 6,79$ vs $7,13 \pm 3,16$, $p= 0.07$). Comparativement aux vaches gestantes, le ratio protéines plasmatiques totales/fibrinogène a été significativement différent par rapport aux vaches non gestantes ($11,92 \pm 13,05$ vs $13,72 \pm 8,61$, $p=0.05$). La figure ci-dessous montre la distribution des concentrations des marqueurs d'inflammation chez les vaches gestantes et non gestantes.

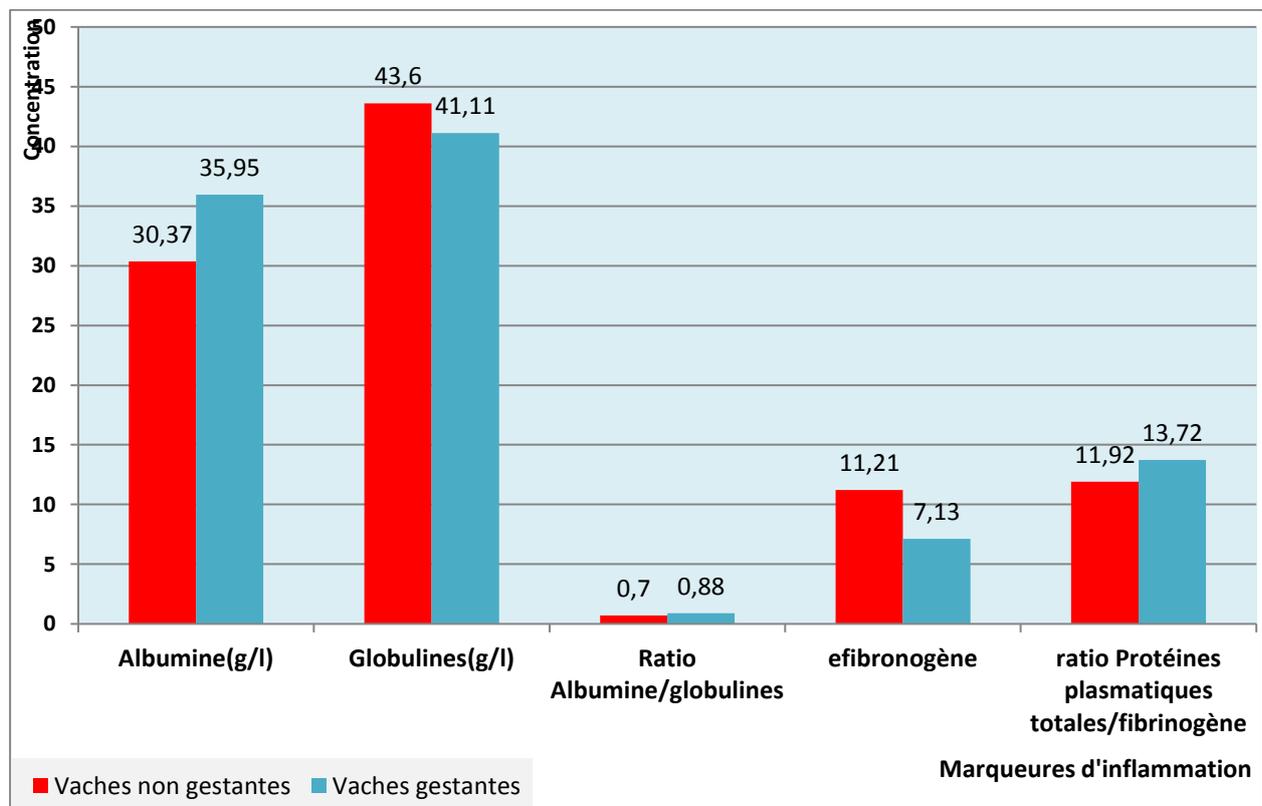


Figure 20 : Distribution des concentrations des marqueurs d'inflammation chez les vaches gestantes et non gestantes.

1. Paramètres de reproduction des vaches sélectionnées

La comparaison des paramètres de reproduction individuelles calculés chez les vaches de notre échantillon par rapport aux objectifs classiques, montre clairement qu'ils sont dégradés et supérieurs aux objectifs de reproduction.

1.1. Intervalle vêlage première chaleur

L'intervalle vêlage première chaleur moyen a été de $74,5 \pm 41,82$ j. En pratique, il est considéré que toutes les vaches (85 à 95 %) doivent être revenues en chaleurs dans les 60 jours après vêlage (Seegers et Malher, 1996; Zinzius, 2002), la mise à la reproduction des vaches sera préférable à partir de ce délai (Disenhaus, 2004; Royal et al., 2000). L'allongement de cet intervalle est probablement lié :

- À une détection insuffisante des chaleurs par l'éleveur ou un défaut d'expression des chaleurs. Il est reconnu que les vaches hautes productrices ont des chaleurs beaucoup plus frustrées et plus courtes. La qualité des ovocytes serait également altérée. Le retour en chaleurs est décalé. De plus, ces vaches présentent parfois des ovulations retardées (Seegers et Malher, 1996; Zinzius, 2002).
- Aux pathologies de post-partum notamment les métrites, les endométrites et les troubles métaboliques. D'après Tillard (2007), les deux premiers mois de lactation correspondent à la période de l'augmentation maximale de la production laitière, durant laquelle les animaux mobilisent fortement leurs réserves corporelles et présentent une grande fréquence des troubles sanitaires.

1.2. Taux de vaches avec IA ou saillie ≥ 3 , nombre moyen d'IA ou saillie (non fécondante) /vache et intervalle vêlage - début de traitements de synchronisation (nombre de jours ouvert)

Un taux de vaches avec IA ou saillie ≥ 3 de 52 %, un nombre moyen d'IA ou saillie (non fécondante) /vache de $2,28 \pm 0,84$ et un IV-début de traitements de synchronisation/saillie naturelle de $177,35 \pm 39,84$ j, ont été observés chez les vaches au début de notre protocole expérimental. Les paramètres de fécondité et de fertilité de notre échantillon ne répondent pas aux normes admises. En pratique, les objectifs imposent un pourcentage d'animaux inséminés trois fois ou inférieur à 15%, un nombre d'IA ou saillie nécessaire à la fécondation $< 1,6$ et un IV-IA fécondante inférieur à 90 jours (Seegers et Malher, 1996; Zinzius, 2002). Lorsque le taux de vaches « repeat breeders » dans un troupeau dépasse 15%, on peut affirmer qu'il y a un problème

et son exploration devient indispensable. A l'échelle individuelle, différents facteurs ont un effet sur les paramètres de reproduction :

- L'anœstrus post-partum, le retard d'involution utérine et les défauts de la conduite d'élevage (Seegers et Malher, 1996; Zinzius, 2002).
- Les pathologies en postpartum (rétention placentaire, endométrite clinique, métrites...). En effet, la pathologie post-partum, notamment les non délivrances et les métrites entraînent une dégradation importante des résultats de reproduction (Espinasse et al., 1998; Pinto et al., 2000).
- Le déséquilibre nutritionnel. Il admit qu'un bon équilibre alimentaire (protéine/énergie) est essentiel pour la reproduction des vaches laitières (Espinasse et al., 1998; Macmillan, 1995).

2. Fréquence des pathologies chez les vaches sélectionnées

Dans cette étude nous avons mis en évidence l'existence d'un ensemble de pathologies dans la période précédant l'IA/saillie. Nos résultats montrent que par rapport à l'ensemble des pathologies rencontrées :

- La fréquence de vaches exprimant des pathologies de l'appareil reproducteur (endométrite) a été de 43,47%, ce qui nous situe dans la fourchette des fréquences de nombreuses études. Il est à noter que la prévalence des infections utérines est différente d'une étude à l'autre : elle varie de 11% (Barlund et al., 2008) à 67% (Galvão et al., 2010). Cette variabilité inter-étude peut s'expliquer en partie par la variabilité inter-élevage (Cheong et al., 2011). D'après Bencharif et Tainturier (2005), l'endométrite est une affection courante qui touche 10% des femelles au cours des trois premiers mois post-partum, voire 25 à 50% des vaches dans certains troupeaux où les troubles utérins se présentent sous forme enzootique.
- Les boiteries ont été détectées avec une fréquence de 8,69 % ce qui concorde parfaitement aux taux de 2 à 20%, avancés par Green et al (2002). Cette pathologie apparaît le plus fréquemment entre 60 et 90 jours PP (Green et al., 2002) et causent des pertes économiques importantes (Sprecher et al., 1997).
- Une fréquence de 17,39% d'infections mammaires a été constatée sur notre échantillon, ce qui appartient à la fourchette comprise entre 15 et 20% reportée (Rychembush, 2005). D'après Etherington et al (1996) , l'incidence des mammites est particulièrement élevée en

postpartum, un animal a 60 % de risque d'être atteint d'une mammite clinique à environ 60j de lactation.

- Dans notre étude, la fréquence de cétose subclinique a été de 30,43%, néanmoins sa prévalence a été de 28% (7/25). Cette pathologie se traduit par une augmentation de la concentration sanguine en corps cétoniques, généralement en début de lactation (surtout entre 5 et 50 jours PP) (Commun et Oliveira, 2011). La prévalence obtenue appartient à la fourchette décrite par certains auteurs (Andersson, 1988; Asl et al., 2011; Duffield, 2000) qui varie de 8,9% à 34% .

3. Taux de synchronisation, délais d'apparition des chaleurs, et taux de gestation

3.1. Taux de synchronisation et délais d'apparition des chaleurs chez les vaches synchronisées

Le taux de synchronisation de 50% obtenu, dans notre étude, après utilisation du PRID DELTA est supérieur à celui de (43%) rapporté chez les bovins Azawack au Niger par Marichatou et al (2010), mais inférieur à celui de (78,4%) et (94,87%) rapporté respectivement par Tcheufo (2007) et Pitala et al (2012a) chez le bovin Gobra et N'Dama au Sénégal. Les chaleurs ont été observées à $44,5 \pm 3$ h après retrait du dispositif vaginal. Le délai moyen d'apparition des chaleurs observé est supérieur à $35,41 \pm 7,23$ h et $32,76 \pm 4,75$ h respectivement chez les femelles zébu Goudali après la fin du traitement selon les études de (Pitala et al., 2012a; Seme et al., 2017). Cependant, selon ces mêmes auteurs, le maximum des vaches en chaleurs a été observé à la 40^{ème}, 42^{ème} et 52^{ème} h.

Le taux de synchronisation de 100% obtenu après utilisation d'une seule injection PGF2 α est très élevé par rapport à celui décrit dans la littérature et semble être lié au faible nombre de femelles traitées. En effet, l'administration de dose unique de PGF2 α n'est pas efficace à 100 % pour induire une lutéolyse Waldmann et al (2006), ont montré que 6 à 15 % des femelles traitées et cyclées, c'est à-dire présentant un corps jaune actif, n'ont pas de lutéolyse suite à l'injection de PGF2 α , et que 5 % des femelles traitées n'ovulent pas après lutéolyse. Dans notre étude, l'œstrus induit a été observé a $72 \pm 2,30$ h après l'injection de PGF2 α , ce qui concorde avec les constatations de Mauffré et al (2016) qui rapportent que si l'injection de PGF2 α a lieu en présence d'un follicule dominant, l'apparition des chaleurs interviendra dans les deux jours suivant l'injection. Au contraire, si la lutéolyse a lieu en tout début de vague folliculaire, il faudra attendre l'apparition d'un nouveau follicule dominant, sensible à la LH ; l'apparition des chaleurs sera alors plus tardive (jusqu'à sept jours après injection).

3.2. Taux de gestation

Le traitement des données montre que comparativement aux vaches saillies sur chaleurs naturelles, le taux de gestation est significativement plus faible chez celles inséminées sur chaleurs induites (81,82% vs 42,86%, $p=0.04$). Ce taux a été de 50% et 25% respectivement chez les vaches ayant reçu PRID DELTA et PGF2 α . Nos résultats montrent une excellente fertilité (81,82%) chez les vaches du premier lot, ce qui est dans les bornes des taux de 80 à 85% rapportées par Meyer et Denis (1999) et qui semble être lié à la bonne conduite du personnel de la ferme par rapport à la surveillance et détection des chaleurs, le choix du bon moment de la saillie et le taux d'incidence de maladie qui a été faible dans ce lot.

En revanche, un taux de gestation plus faible (50%) a été obtenu avec le protocole à base de PRID DELTA. Ce taux est comparable à celui de 46,6% signalé par Broadbent et al (1993), mais supérieur à celui de 35.8% rapporté par Van Werven et al (2013). En effet, dans une étude qui avait pour objectif de comparer l'impact de la durée de protocole, 7 ou 9 jours, sur les taux de gestation des races laitières et allaitantes. Le taux global de gestation était de 60,1 %, génisses et vaches confondues. De manière générale, le protocole de 9 jours donne de meilleurs taux que celui de 7 jours (62,8 % vs 57,5 %). De plus, cette différence entre le protocole de 9 et celui de 7 jours est plus marquée sur les vaches laitières (respectivement 42,9 % vs 33,3 %). Finalement, la différence la plus importante entre ces deux protocoles concerne les femelles non cyclées (64,3 % vs 50,0 %) (Pontlevoy, 2017). Le protocole de 9 jours tend donc à améliorer la fertilité des animaux, plus particulièrement des animaux non cyclés (Sébastien et al., 2008).

De plus, la plupart des études ont observé des taux de gestation à l'œstrus induit plus élevés lors d'insémination sur chaleur observée comparativement à une insémination systématique à un moment fixe jusqu'à 11% (Stevenson et al., 2000) et 12% de différence (Kasimanickam et al., 2005). Cependant, d'autres études ne démontrent aucune différence significative entre les taux de gestation que l'insémination soit réalisée sur chaleur observée ou à un moment prédéterminé (Lamb, 2001). Il est donc conseillé dans la mesure du possible, de privilégier une insémination sur chaleurs observées.

Le protocole à base de PGF2 α a permis d'obtenir un taux de gestation de 25% malgré l'observation des signes de chaleurs chez la totalité (100%) des vaches traitées. Ce taux reste tout de même dans la fourchette des taux qui varient de 22% (Lauderdale et al., 1980) à 58 % (Stevenson et al., 2000). Cependant, il est à signaler que le taux global de gestation plus faible

(42,86%) chez les vaches synchronisées, pourrait être lié à l'incidence élevée de troubles sanitaires qui ont été observé chez ce deuxième lot.

4. Relation entre les troubles de santé (cétose, antécédents pathologiques) et fertilité

4.1. Cétose et fertilité

Comparativement aux vaches gestantes, la concentration de BHB au moment de la saillie/insémination a été significativement plus élevée chez les vaches non gestantes ($0,62 \pm 0,29$ vs $1,24 \pm 0,42$, $p = 0,0004$). De plus, nos résultats montrent que le taux des vaches gestantes avec ou sans antécédents pathologiques et un BHB $< 1,2$ mmol/l est significativement plus élevé que celui des vaches non gestantes ayant présentées un BHB $\geq 1,2$ mmol/l (60% vs 28%, $p = 0,02$). En effet, le déficit énergétique induisant une cétose et les répercussions de ce trouble métabolique peuvent altérer les performances de reproduction des vaches atteintes. Selon, Dubois et al (2006) lorsque des vaches présentent une cétose subclinique à 30 jours PP, la fréquence des anomalies de cyclicité est plus élevée (39,4%) contrairement à des vaches saines (25%). De même, selon Fourichon et al (2000), les effets de la cétose sub-clinique sont très marqués, avec une augmentation de 4,9 jours de l'IV-IA1, et une réduction du taux de réussite à l'IA1 de 11,3%.

Il est à noter que certaines pathologies telles que les déplacements de caillette favorisent fortement les cétozes. De plus la cétose sub-clinique peut favoriser les déplacements de caillette (Markusfeld et al., 1997). De plus, de nombreuses études ont montré que les concentrations en BHB de vaches avec endométrite subclinique sont plus élevées en début de lactation que chez les vaches saines (Galvão et al., 2010; Hammon et al., 2006) et que la cétose (BHB $> 1,1$ mmol/L) est un facteur de risque (OR=1,4 et 3,83) important pour l'apparition d'une endométrite cytologique (Cheong et al., 2011; Dubuc et al., 2010). Il en découle que les cétozes représentent un facteur d'infertilité notamment par les autres pathologies qu'elles favorisent (Markusfeld et al., 1997).

4.2. Antécédents pathologiques et fertilité

Les fréquences élevées des pathologies enregistrées dans notre échantillon sont fortement impliquées dans la baisse de fertilité (surtout pour les vaches du lot 2). Selon, Arbez (2012) l'endométrite sub-clinique est suspectée lors de performances de reproduction médiocres (sans autres causes mises en évidence). L'environnement du système reproducteur et en particulier lors d'endométrite, est critique pour la fécondation et la survie de l'embryon. De plus le syndrome "repeat-breeder" est augmenté lors d'endométrite (Mossa et al., 2002).

D'après Melendez et al (2003), les boiteries affectent l'expression des chaleurs, le fonctionnement ovarien puisque le taux de réussite à l'IA est affecté et il a été également remarqué une fréquence de kystes ovariens plus élevée lors de boiterie (25% contre 11% chez des vaches saines). Les vaches présentant des problèmes de boiteries ont un taux d'ovulation inférieur à celui des vaches saines (Morris et al., 2009). Les conséquences des boiteries peuvent s'expliquer aussi par une ration mal adaptée : les animaux souffrant de boiterie présentent pour la plupart des ulcères de la sole, hémorragies ou corne de mauvaise qualité en relation avec des cas d'acidose ruminale sub-clinique. Lors d'acidose sub-clinique, des endotoxines sont rejetées par lyse des bactéries Gram-. Celles-ci auraient de plus une influence sur la croissance des follicules ovariens et favoriseraient ainsi la formation de kystes ovariens (Melendez et al., 2003).

D'après Barker et al (1998), l'intervalle V-IA1 est augmenté lorsque les vaches présentent une mammite clinique avant l'IA1. D'après Hertl et al (2010), dans l'intervalle de temps compris entre 14 jours avant et 35 jours après l'IA, le taux de conception est affecté, en liaison avec le moment d'apparition de la mammite par rapport à l'IA et l'agent en cause. Une mammite clinique à Gram + ou Gram – apparaissant dans un intervalle de temps compris entre le jour précédant l'IA et 7 jours après l'IA est associé à une baisse de la réussite en IA1 de 50% (Hertl et al., 2010). De plus, les mammites à gram+ sont souvent persistantes, d'où une répercussion possiblement plus tardive de leurs effets.

5. Concentration des paramètres biochimiques et note d'état corporel des vaches au moment de la saillie/insémination artificielle

Nos résultats ne montrent aucune différence significative entre les vaches gestantes et vides en ce qui concerne les concentrations de la glycémie ($0,63 \pm 0,84$ Vs $0,62 \pm 0,16$, $p=0.61$), la note d'état corporel ($3,11 \pm 0,28$ Vs $3,02 \pm 0,43$, $p=0,9$), les protéines sériques totales ($77,06 \pm 7,49$ Vs $73,97 \pm 10,09$, $p= 0.43$), et les protéines plasmatiques totales ($84,2 \pm 9,23$ Vs $85,18 \pm 5,91$, $p=0.84$).

Une concentration de cholestérol plus faible, statistiquement non significative, a été observée chez les vaches non gestantes ($2,05 \pm 0,53$ vs $1,89 \pm 0,52$, $p=0.61$).

Au moment de la saillie/insémination artificielle, les vaches de notre échantillon ont présenté une NEC moyenne de $3,08 \pm 0,34$ ce qui correspond à la note optimale 2,5-3 recommandée en milieu de lactation par Wattiaux (1996) et Bacar (2005), et reflète un statut énergétique positif des vaches après 177 jours postpartum (environ 6mois). La glycémie obtenue a été de $0,63 \pm 0,12$ g/l ce qui est en adéquation avec la fourchette des valeurs établies dans la littérature de 0,45 à 0,75g/l (Kaneko et al., 2008). Néanmoins, elle n'est pas aussi stable que dans d'autres espèces et varie en fonction des individus et de leur stade physiologique mais aussi au cours de la journée notamment en fonction du stress, du nombre et du moment des repas (Radunz et al., 2010). La moyenne obtenue pour les protéines sériques dans cette étude a été de $75,82 \pm 8,56$ g/l, la protéinémie enregistrée était légèrement supérieure à la plage des valeurs normales signalées par Bradford et al (2020) qui varie de 67 à 74,6 g/L. L'élévation du taux de protéines totales après le part peut-être due au changement de la ration (augmentation de la quantité du concentré distribué) qui aboutit à une synthèse accrue de l'acide propionique et par conséquent des protéines sériques (Hagawane et al., 2009; Piccione et al., 2010). L'hyperprotéinémie résulte aussi de l'augmentation des concentrations en albumine, en globuline ou des deux composantes (Brugere-Picoux et Remy, 1995; Sattler, 2003).

Nos résultats montrent une cholestérolémie moyenne de $1,98 \pm 0,52$, ce qui est comparable aux valeurs rapportées dans la littérature : 1,96-2,12 (Hansen et al., 2006) 1,75-2,35 (Engle et al., 2001) ou 1,92 à 2,29 (Hutchinson et al., 2012), alors que des valeurs plus faibles ont été observées par Chládek et al (2004): 1,04 à 1,77, ou par Guedon et al (1999): $1,01 \pm 3$. Chez les vaches laitières, le cholestérol varie en fonction du stade de lactation : il est bas pendant le tarissement et en début de lactation, atteint un pic en milieu de lactation puis diminue en fin de lactation (Faye et al., 2014).

6. Concentration des marqueurs d'inflammation au moment de la saillie/insémination artificielle

6.1. Albuminémie, globulinémie et ratio albumine/globuline

Nos résultats montrent que comparativement aux vaches gestantes, la concentration d'albumine et du ratio albumine/globulines ont été significativement plus faible chez les vaches non gestantes [(albumine : $35,95 \pm 5,75$ vs $30,37 \pm 4,07$, $p= 0.01$) ; (Ratio albumine/globulines : $0,88 \pm 0,16$ vs $0,70 \pm 0,11$, $p= 0.01$)].

➤ **Albuminémie**

La valeur usuelle d'albumine varie de 32 à 38 g/l (Bradford et al., 2020). L'albumine sérique constitue la fraction protéique majeure indicatrice de l'état inflammatoire (protéine négative) chez les animaux. La baisse d'albuminémie constatée en post partum pourrait être expliquée par le passage d'albumine vers la mamelle afin de fournir les acides aminés nécessaires pour la synthèse du lait lors d'un apport alimentaire insuffisant (Bell, 1995). Néanmoins, l'hypoalbuminémie enregistrée pourrait aussi s'expliquer par un dysfonctionnement hépatique. En effet, une valeur basse de l'albuminémie renseigne sur l'installation de stéatose hépatique (Sevinc et al., 2002) et l'altération de la fonction endogène du foie (Bobe et al., 2004; Đoković et al., 2012; Piccione et al., 2012). De plus, Chastant-Maillard (2014), rapporte que la concentration élevée d'AGNE et de BHB en période de transition serait responsable de la diminution et de l'altération des fonctions de transport d'albumine (Chastant-Maillard, 2014).

➤ **Globulinémie**

Nos résultats montrent une légère augmentation des globulines chez les vaches non gestantes $43,1 \pm 6$ g/l. La valeur obtenue est supérieure à la borne physiologique de 30 - 40 g/L, rapportée par Bradford et al (2020). Connaissant que les globulines sont synthétisées par les lymphocytes et les plasmocytes, elles augmentent dans le sang en cas de processus infectieux ou inflammatoire (Kouamo et al., 2011). Il est à signaler, que les principales causes d'hyperglobulinémie sont la stimulation antigénique chronique (maladie inflammatoire chronique) et les maladies hépatiques. La stimulation antigénique chronique peut-être rencontrée dans de nombreuses affections telles que la réticulo-péritonite traumatique, les abcès hépatiques ou encore une pneumonie chronique (Russell et Roussel, 2007).

➤ **Ratio albumine/globulines**

Le Ratio albumine/globulines de $0,70 \pm 0,11$ observé chez les vaches non gestantes est relativement faible par rapport aux marges des valeurs de références, entre 0,84 et 0,94 g/l, décrites par Knapp et Guyot (2016). Il est à noter que lorsque la concentration des protéines sériques totales est dans les normes et que le ratio albumine/globulines est $< 0,84$ g/l, comme c'est le cas de ce groupe de vaches dans notre étude, nous oriente vers une suspicion d'insuffisance hépatique, une carence en acides aminés, une inflammation subaiguë ou chronique (Knapp et Guyot, 2016).

➤ **Fibrinogène et ratio protéines plasmatiques totales/fibrinogène**

De plus, nos résultats montrent que comparativement aux vaches gestantes la concentration de fibrinogène tend à être significativement plus élevée chez les vaches non gestantes ($11,21 \pm 6,79$ vs $7,13 \pm 3,16$, $p = 0.07$), et le ratio protéines plasmatiques totales/fibrinogène a été significativement différent par rapport aux vaches non gestantes ($11,92 \pm 13,05$ vs $13,72 \pm 8,61$, $p = 0.05$). La concentration de fibrinogène obtenue chez les non gestantes dépasse largement les valeurs physiologiques de 3 à 7 g/l décrite par Humblet et al (2006). Cette augmentation semble révélatrice d'un état inflammatoire. Chez les bovins, le fibrinogène est utilisé pour déterminer les maladies inflammatoires et traumatiques et se caractérise par une synthèse accrue lors d'une réponse d'origine infectieuse (Hirvonen et Pyörälä, 1998; Humblet et Godeau, 2005).

Le constat d'infertilité est aujourd'hui bien établi à l'échelle du troupeau laitier. Néanmoins, l'étiologie de l'infertilité demeure très complexe, de type multifactoriel, et variable d'un élevage à un autre ou d'un animal à l'autre. L'objectif général de notre étude visait d'identifier les causes de l'infertilité en ciblant particulièrement les points suivants : (i) détermination de la fertilité après utilisation de deux stratégies (ii) appréciation de l'influence des marqueurs nutritionnels et des marqueurs d'inflammation sur la fertilité.

Afin de répondre à nos objectifs, nous avons utilisé certains outils qui sont considérés comme des marqueurs nutritionnels (note d'état corporel, concentration sanguine en BHB, la concentration de la glycémie, et de cholestérol), et d'inflammation (les protéines totales, l'albumine, les globulines, le ratio albumine/globulines, le fibrinogène, et le ratio protéines plasmatiques/ fibrinogène).

Il en ressort que les paramètres de reproduction de notre échantillon sont dégradés et supérieurs aux objectifs de reproduction. L'utilisation de deux stratégies a montré des taux de gestation de 81,82% pour la saillie sur chaleurs naturelle et de 42,86% pour l'IA sur chaleurs synchronisées. Les deux stratégies présentent aussi bien des avantages que d'inconvénients. Les avantages de l'IA sur chaleurs induites se retrouvent notamment dans la maîtrise de la reproduction chez la vache. Néanmoins, cette technique présente des inconvénients parmi lesquels, le coût lié à l'induction de chaleurs. Ainsi, l'induction des chaleurs semble être délaissée au détriment des saillies sur chaleurs naturelles moins coûteuses, mais qui nécessitent la maîtrise des variables qui influencent sa réussite notamment la maîtrise de la détection des chaleurs.

L'évaluation de l'influence des indicateurs nutritionnels et d'inflammation montre qu'au moment de la saillie/IA, la glycémie, NEC et cholestérolémie sont restées dans la fourchette physiologique chez la majorité des vaches. Le taux de femelles non gravides est inférieur chez les vaches présentant une concentration élevée en BHB, une albuminémie faible, un ratio albumine/globulines très faible, une concentration de fibrinogène et un ratio protéines plasmatiques/fibrinogène élevés. Cette situation semble indiquée que ces vaches de notre échantillon souffrent d'un syndrome inflammatoire qui peut être en relation avec l'incidence élevée des pathologies en postpartum et la baisse de fertilité.

Enfin, nous pouvons énoncer quelques propositions pour l'amélioration de la reproduction des vaches de cet élevage :

1. Un programme alimentaire adéquat fournissant tous les nutriments nécessaires à une fertilité optimale.
2. Prévenir l'apparition des maladies ayant un impact sur la fertilité (boiteries, mammites, métrite, endométrite, cétose).
3. Traiter de façon adéquate les maladies observées avant la période des inséminations en identifiant précocement les vaches à problèmes, leur évaluation par le vétérinaire et leur traitement au besoin.
4. Etablir un registre d'étable permettant d'identifier chaque animal et d'inscrire les évènements de reproduction (vêlages, chaleurs, saillie/IA, confirmations de gestation et toutes les informations pertinentes concernant la santé de l'animal).
5. Saillir toutes les vaches dans le 1er cycle (21 jours) après la fin de la période d'attente.
6. Identifier précocement les inséminations non fertiles et utiliser les méthodes hormonales de maîtrise des cycles pour améliorer la fertilité.
7. Réaliser des bilans de reproduction périodique et analyse des performances : définir les paramètres significatifs pour la gestion du troupeau et réforme des vaches infertiles.

- Andersson, L., 1988. Subclinical ketosis in dairy cows. *Veterinary clinics of north america: Food animal practice* 4, 233-251.
- Arbez, A.-F., 2012. Appui bibliographique d'une enquête épidémiologique sur les facteurs influençant les performances de reproduction de la vache laitière en région Rhône-Alpes. In. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Vetagro. Sup. Campus Vétérinaire de Lyon, France.
- Asl, A.N., Nazifi, S., Ghasrodashti, A.R., Olyaei, A., 2011. Prevalence of subclinical ketosis in dairy cattle in the Southwestern Iran and detection of cutoff point for NEFA and glucose concentrations for diagnosis of subclinical ketosis. *Preventive veterinary medicine* 100, 38-43.
- Bacar, A.H., 2005. Insémination artificielle bovine face à la politique actuelle de la filière lait dans la région d'Antananarivo. Mémoire de fin d'études ESSA, Université d'Antananarivo.
- Barkema, H., Westrik, J., Van Keulen, K., Schukken, Y., Brand, A., 1994. The effects of lameness on reproductive performance, milk production and culling in Dutch dairy farms. *Preventive veterinary medicine* 20, 249-259.
- Barker, A., Schrick, F., Lewis, M., Dowlen, H., Oliver, S., 1998. Influence of clinical mastitis during early lactation on reproductive performance of Jersey cows. *Journal of dairy science* 81, 1285-1290.
- Barker, R., Risco, C., Donovan, G.A., 1994. Low palpation pregnancy rate resulting from low conception rate in a dairy herd with adequate estrus detection intensity. *The Compendium on continuing education for the practicing veterinarian (USA)*.
- Barlund, C., Carruthers, T., Waldner, C., Palmer, C., 2008. A comparison of diagnostic techniques for postpartum endometritis in dairy cattle. *Theriogenology* 69, 714-723.
- Beal, W., Good, G., Peterson, L., 1984. Estrus synchronization and pregnancy rates in cyclic and noncyclic beef cows and heifers treated with Syncro-Mate B or norgestomet and alfaprostol. *Theriogenology* 22, 59-66.
- Beffera, C., 2007. Comparaison de l'efficacité du traitement de synchronisation des chaleurs Crestar® classique et d'un nouveau traitement combinant buséréline implant Crestar®, prostaglandine F2 α et eCG chez la vache allaitante. In. Thèse de doctorat de médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort.
- Belibasakis, N., Tsigogianni, D., 1995. Effects of whole cottonseeds on milk yield, milk composition, and blood components of dairy cows in hot weather. *Animal Feed Science and Technology* 52, 227-235.
- Bell, A.W., 1995. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *Journal of Animal Science* 73, 2804-2819.
- Bencharif, D., Tainturier, D., 2005. Les métrites chroniques chez les bovins. *Point Vét* 36, 72-77.
- Berry, D., Lee, J., Macdonald, K., Roche, J., 2007. Body condition score and body weight effects on dystocia and stillbirths and consequent effects on postcalving performance. *Journal of Dairy Science* 90, 4201-4211.
- Bertoni, G., Trevisi, E., 2013. Use of the liver activity index and other metabolic variables in the assessment of metabolic health in dairy herds. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice* 29, 413-431.
- Bobe, G., Young, J., Beitz, D., 2004. Invited review: pathology, etiology, prevention, and treatment of fatty liver in dairy cows. *Journal of dairy science* 87, 3105-3124.
- Boichard, D., 2000. Production et fertilité chez la vache laitière. *Commission Bovine*, 24-25.
- Boly, H., Coulibaly, I., Pitala, W., Ba, Y., Sawadogo, L., 2003. Comportement sexuel et maturation folliculaire chez la femelle Zébu Goudali au Burkina Faso. *Revue Africaine de Santé et des Productions Animales*, 102-107.
- Bouyer, B., 2006. Bilan et analyse de l'utilisation de l'insémination artificielle dans les programmes d'amélioration génétique des races laitières en Afrique soudano-sahélienne. *Vét.: ENV Lyon*.
- Bouzebda, Z., Bouzebda, F., Guellati, M., Grain, F., 2006. Evaluation des paramètres de la gestion de la reproduction dans un élevage bovin du nord est algérien. *Sciences & Technologie. C, Biotechnologies*, 13-16.

- Bradford, P., Van Metre, D., Pusterla, N., 2020. Large Animal Internal Medicine. Sixth Edit. In: Elsevier.
- Braun, J., Bezille, P., Garnier, F., Rico, A., 1992. Techniques de diagnostic rapide en biochimie clinique chez les bovins, Société française de buiatrie, le recours au laboratoire en buiatrie. Journal Espinasse, 124-129.
- Broadbent, P., Tregaskes, L., Dolman, D., Franklin, M., Jones, R., 1993. Synchronization of estrus in embryo transfer recipients after using a combination of PRID or CIDR-B plus PGF2 α . Theriogenology 39, 1055-1065.
- Brugere-Picoux, J., Remy, D., 1995. Baisse de la disponibilité en glucose. La Dépêche Technique. Maladies métaboliques chez la vache laitière 46, 9-21.
- Caldwell, V., Filteau, V., de Coaticook, C.V., 2003. La reproduction sans censure: la vision d'un vétérinaire de champ. In: Symposium sur les bovins laitiers. CRAAQ.
- Chastant-Maillard, S., 2014. Stress métabolique, déficit énergétique et maladies inflammatoires chez la vache . In: Journées nationales GTV, Reims France, p. P4.
- Chastant-Maillard, S., Balandraud, J., Jegou, L., Kessler, T., Quinton, H., Constant, F., Mialot, J.P., 2002. Actualités dans le traitement de l'infécondité chez la vache : autour du GnRH. In : Conduite à tenir de l'animal au troupeau, du troupeau à l'animal., 217-224. .
- Cheong, S., Nydam, D., Galvão, K., Crosier, B., Gilbert, R., 2011. Cow-level and herd-level risk factors for subclinical endometritis in lactating Holstein cows. Journal of dairy science 94, 762-770.
- Chládek, G., Máchal, L., Hibner, A., Nowakowski, P., 2004. The relationship between blood plasma cholesterol and milk production parameters in Czech Pied cows-preliminary results. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Animal Husbandry 7, 1-7.
- Chupin, D., Deletang, F., Petit, M., Pelot, J., Le Provost, F., Ortavant, R., Parez, M., Mauléon, P., 1974. Use of progestagens in subcutaneous implants to control sexual cycle of cattle. In: Annales de biologie animale, biochimie, biophysique.
- Chupin, D., Pelot, J., Mauléon, P., 1978. Improvement of the oestrous control in adult dairy cows. Current topics in veterinary medicine.
- Collick, D., Ward, W., Dobson, H., 1989. Associations between types of lameness and fertility. The veterinary record 125, 103-106.
- Commun, L., Debeauvais, Y., 2011. Acidose ruminale subaiguë dans un troupeau de vaches laitières. In: 4. Journée de cas clinique en pratique rurale.
- Commun, L., Oliveira, L., 2011. Les examens complémentaires réalisables dans le cadre d'une visite d'élevage orientée troubles métaboliques. In: Congrès SNGTV-Journées nationales des GTV.
- Craplet, C., 1960. La vache laitière. . Vème : Vigot Frères., Paris.
- Dänicke, S., Meyer, U., Kersten, S., Frahm, J., 2018. Animal models to study the impact of nutrition on the immune system of the transition cow. Research in veterinary science 116, 15-27.
- Delacroix, M., 2000. Maladies des bovins.
- Deletang, F., 1983. Objectif et réussite de la synchronisation des chaleurs chez la vache laitière et allaitante. Synchronisation de l'oestrus chez les femelles domestiques, C1-C3. Ass. Etude Reprod. Anim., Lyon.
- Dezaux, P., 2001. Synchronisation des chaleurs chez les vaches allaitantes par association GnRH-PgF2 α -GnRH. In. Thèse de doctorat de médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort.
- Disenhaus, C., 2004. Mise à la reproduction chez la vache laitière: actualités sur la cyclicité post-partum et l'oestrus-2ème Journée d'Actualités en Reproduction des Ruminants. ENVA, Septembre 2004, 55-64.
- Diskin, M., Sreenan, J., Roche, J., 2001. Controlled breeding systems for dairy cows. BSAP Occasional Publication 26, 175-193.

- Đoković, R., Šamanc, H., Petrović, M., Ilić, Z., Kurćubić, V., 2012. Relationship among blood metabolites and lipid content in the liver in transitional dairy cows. *Biotechnology in animal husbandry* 28, 705-714.
- Driancourt, M., 2001. Regulation of ovarian follicular dynamics in farm animals. Implications for manipulation of reproduction. *Theriogenology* 55, 1211-1239.
- Dubois, P., Fréret, S., Charbonnier, G., Humblot, P., Ponsart, C., 2006. Influence des paramètres laitiers sur la régularité de cyclicité post-partum et les performances de reproduction en race Prim'Holstein.[Influence of milk parameters on the regularity of post-partum cyclicity and performances of reproduction in Holstein cows]. *Renc. Rech. Rum.*
- Dubuc, J., Duffield, T., Leslie, K., Walton, J., LeBlanc, S., 2010. Risk factors for postpartum uterine diseases in dairy cows. *Journal of dairy science* 93, 5764-5771.
- Duffield, T., 2000. Subclinical ketosis in lactating dairy cattle. *Veterinary clinics of north america: Food animal practice* 16, 231-253.
- Edmonson, A., Lean, I., Weaver, L., Farver, T., Webster, G., 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of dairy science* 72, 68-78.
- Egal, M., 2013. Cétose subclinique en élevage allaitant: prévalence et impact sanitaire.
- Eicker, S., Gröhn, Y., Hertl, J., 1996. The association between cumulative milk yield, days open, and days to first breeding in New York Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 79, 235-241.
- Engle, T., Fellner, V., Spears, J., 2001. Copper status, serum cholesterol, and milk fatty acid profile in Holstein cows fed varying concentrations of copper. *Journal of dairy science* 84, 2308-2313.
- Enjalbert, F., 2002. Relations entre alimentation et fertilité: actualités. *Point vétérinaire* 33, 46-50.
- Espinasse, R., Disenhaus, C., Philipot, J., 1998. Délai de mise à la reproduction, niveau de production et fertilité chez la vache laitière. *Rencontres autour des recherches sur les ruminants*, 79-82.
- Etherington, W., Kinsel, M., Marsh, W., 1996. Relationship of production to reproductive performance in Ontario dairy cows: herd level and individual animal descriptive statistics. *Theriogenology* 46, 935-959.
- Faye, B., Jaouad, M., Bhrawi, K., Senoussi, A., Bengoumi, M., 2014. Elevage camelin en Afrique du Nord: état des lieux et perspectives. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux* 67, 213-221.
- Fourichon, C., Seegers, H., Malher, X., 2000. Effect of disease on reproduction in the dairy cow: a meta-analysis. *Theriogenology* 53, 1729-1759.
- Galvão, K., Frajblat, M., Butler, W., Brittin, S., Guard, C., Gilbert, R., 2010. Effect of early postpartum ovulation on fertility in dairy cows. *Reproduction in domestic animals* 45, e207-e211.
- Garverick, H., Harris, M., Vogel-Bluel, R., Sampson, J., Bader, J., Lamberson, W., Spain, J., Lucy, M., Youngquist, R., 2013. Concentrations of nonesterified fatty acids and glucose in blood of periparturient dairy cows are indicative of pregnancy success at first insemination. *Journal of Dairy Science* 96, 181-188.
- Ghozlane, F., Yakhlef, H., Yaici, S., 2003. Performances de reproduction et de production laitière des bovins laitiers en Algérie.
- Green, L., Hedges, V., Schukken, Y., Blowey, R., Packington, A., 2002. The impact of clinical lameness on the milk yield of dairy cows. *Journal of dairy science* 85, 2250-2256.
- Grimard, B., Agabriel, J., Chambon, G., Chanvallon, A., Constant, F., Chastant, S., 2017. Particularités de la reproduction des vaches allaitantes de races françaises.
- Grimard, B., Humblot, P., Mialot, J., Jeanguyot, N., Sauviant, D., Thibier, M., 1997a. Absence of response to oestrus induction and synchronization treatment is related to lipid mobilization in suckled beef cows. *Reproduction Nutrition Development* 37, 129-140.
- Grimard, B., Humblot, P., Ponter, A., Chastant-Maillard, S., Constant, F., Mialot, J., 2003. Efficacité des traitements de synchronisation des chaleurs chez les bovins. *Productions animales* 16, 211-227.

- Grimard, B., Leroy, C., Ponsart, C., Bendali, F., Khireddine, B., Humblot, P., 1997b. Effets d'un traitement de maîtrise des cycles sur la date de vêlage, l'intervalle vêlage-vêlage et la répartition des vêlages chez la vache allaitante de race Charolaise. *Elevage et Insémination* 278, 12-24.
- Gröhn, Y., Rajala-Schultz, P., 2000. Epidemiology of reproductive performance in dairy cows. *Animal reproduction science* 60, 605-614.
- Guédon, L., Chilliard, Y., Dupron, F., Couquet, C., Desbals, B., 1998. Valeurs usuelles pour différents paramètres biochimiques du métabolisme énergétique observées dans un troupeau de vaches de race Limousine. Facteurs de variation. *Revue de médecine vétérinaire* 149, 225-232.
- Guedon, L., Saumande, J., Dupron, F., Couquet, C., Desbals, B., 1999. Serum cholesterol and triglycerides in postpartum beef cows and their relationship to the resumption of ovulation. *Theriogenology* 51, 1405-1415.
- Gyawu, P., Ducker, M., Pope, G., Saunders, R., Wilson, G., 1991. The value of progesterone, oestradiol benzoate and cloprostenol in controlling the timing of oestrus and ovulation in dairy cows and allowing successful fixed-time insemination. *British Veterinary Journal* 147, 171-182.
- Hagawane, S., Shinde, S., Rajguru, D., 2009. Haematological and blood biochemical profile in lactating buffaloes in and around Parbhani city. *Veterinary World* 2, 467-469.
- Hammon, D., Evjen, I., Dhiman, T., Goff, J., Walters, J., 2006. Neutrophil function and energy status in Holstein cows with uterine health disorders. *Veterinary immunology and immunopathology* 113, 21-29.
- Hansen, S., Spears, J., Lloyd, K., Whisnant, C., 2006. Growth, reproductive performance, and manganese status of heifers fed varying concentrations of manganese. *Journal of Animal Science* 84, 3375-3380.
- Hanzen, C., 2005. L'infertilité bovine: approche individuelle ou de troupeau. *Le Point Vétérinaire* 36, 84-89.
- Hanzen, C., 2010. L'insémination artificielle chez les ruminants. En ligne, 1-15.
- Hernandez, J., Shearer, J.K., Webb, D.W., 2001. Effect of lameness on the calving-to-conception interval in dairy cows. *Journal of the American veterinary medical association* 218, 1611-1614.
- Hertl, J., Gröhn, Y., Leach, J., Bar, D., Bennett, G., González, R., Rauch, B., Welcome, F., Tauer, L., Schukken, Y., 2010. Effects of clinical mastitis caused by gram-positive and gram-negative bacteria and other organisms on the probability of conception in New York State Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science* 93, 1551-1560.
- Heuwieser, W., Oltenacu, P., Lednor, A., Foote, R., 1997. Evaluation of different protocols for prostaglandin synchronization to improve reproductive performance in dairy herds with low estrus detection efficiency. *Journal of Dairy Science* 80, 2766-2774.
- Hirvonen, J., Pyörälä, S., 1998. Acute-phase response in dairy cows with surgically-treated abdominal disorders. *The Veterinary Journal* 155, 53-61.
- Hopkins, S.M., Armstrong, D.L., Hummel, S.K., 1988. Successful cryopreservation of gaur (*Bos gaurus*) epididymal spermatozoa. *The Journal of Zoo Animal Medicine*, 195-201.
- Humblot, M.-F., Godeau, J.-M., 2005. L'haptoglobine, marqueur protéique de l'inflammation aiguë, dans l'espèce bovine. In: *Annales de Médecine Vétérinaire*, pp. 20-33.
- Humblot, M.F., Guyot, H., Boudry, B., Mbayahi, F., Hanzen, C., Rollin, F., Godeau, J.M., 2006. Relationship between haptoglobin, serum amyloid A, and clinical status in a survey of dairy herds during a 6- month period. *Veterinary Clinical Pathology* 35, 188-193.
- Hutchinson, I.A., Hennessy, A.A., Waters, S.M., Dewhurst, R.J., Evans, A., Lonergan, P., Butler, S.T., 2012. Effect of supplementation with different fat sources on the mechanisms involved in reproductive performance in lactating dairy cattle. *Theriogenology* 78, 12-27.
- Kaneko, J.J., Harvey, J.W., Bruss, M.L., 2008. *Clinical biochemistry of domestic animals*. Academic press.
- Kasimanickam, R., Duffield, T., Foster, R., Gartley, C., Leslie, K., Walton, J., Johnson, W., 2005. The effect of a single administration of cephalixin or cloprostenol on the reproductive performance of dairy cows with subclinical endometritis. *Theriogenology* 63, 818-830.

- Kesler, D., Dyson, T., Summers, R., Steckler, T., Nash, T., 1997. Effect of prostaglandin F2 α treatment before norgestomet and estradiol valerate treatment on regression, formation, and function of corpora lutea in beef heifers. *Animal reproduction science* 47, 281-289.
- Knapp, E., Guyot, H., 2016. Inflammation et alimentation: des pistes intéressantes. *Journées Nationales des GTV: Nutrition et pratique vétérinaire, du ba-ba à l'innovation*, 161-176.
- Kouamo, J., Leye, A., Ouedraogo, G., Sawadogo, G., Benard, P., 2011. Influence des paramètres énergétiques, protéiques et minéraux sur la réussite de l'insémination artificielle bovine en élevage traditionnel dans la région de Thiès au Sénégal. *Revue de Médecine vétérinaire* 162, 425.
- Lacerte, G., Bryson, A., Loranger, Y., Bousquet, D., 2003. La détection des chaleurs et le moment de l'insémination. In: *Symposium sur les bovins laitiers, CRAAQ Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec, Saint-Hyacinthe, Québec*.
- Lamb, G.C., 2001. Reproductive real-time ultrasound technology: An application for improving calf crop in cattle operations. *Factors Affecting Calf Crop: Biotechnology of Reproduction*. Ed. MJ Fields, 231-153.
- Lauderdale, J., McAllister, J., Moody, E., Kratzer, D., 1980. Pregnancy rate in beef cattle injected once with PGF2 α . *J. Anim. Sci* 51, 296.
- Laverdière, G., Dufour, J., Roy, G., Lavoie, D., Proulx, J., 1994. Comparaison de l'effet de deux analogues de la prostaglandine F2 α sur la synchronisation de l'œstrus chez la vache de boucherie. *Canadian Journal of Animal Science* 74, 29-36.
- Le Blanc, S., 2008. Postpartum uterine disease and dairy herd reproductive performance: a review. *The Veterinary Journal* 176, 102-114.
- Le Blanc, S., 2010. Monitoring metabolic health of dairy cattle in the transition period. *Journal of reproduction and Development* 56, S29-S35.
- Lecouteux, M., 2005. Anomalies de reprise de cyclicité post-partum chez la vache laitière: facteurs de risque, effets sur les performances de reproduction.
- Loisel, J., 1977. Analyse d'ensemble des problèmes de fertilité dans un troupeau : Compte rendu session I.T.E.B-U.N.C.E.I.A. Paris: (Physiologie et pathologie de la reproduction). 140 pages.
- López-Gatius, F., Yániz, J., Madriles-Helm, D., 2003. Effects of body condition score and score change on the reproductive performance of dairy cows: a meta-analysis. *Theriogenology* 59, 801-812.
- Lucey, S., Rowlands, G., Russell, A., 1986. The association between lameness and fertility in dairy cows. *The veterinary record* 118, 628-631.
- Macmillan, K., 1995. Some effects of using progesterone and oestradiol benzoate to stimulate oestrus and ovulation in dairy cows with anovulatory anoestrus. In: *Proc NZ Soc Anim Prod*, pp. 239-241.
- Mansion, R., Rowlands, G., Little, W., Collis, K., 1981. Variability of the blood composition of dairy cows in relation to time of day. *The Journal of Agricultural Science* 96, 593-598.
- Marichatou, H., Issa, M., Hamadou, I., Assane, M., Semita, C., 2010. Efficacité de la synchronisation des chaleurs et insémination artificielle chez le bovin Azawak: intérêt du profil de progestérone. *Tropicultura*.
- Markusfeld, O., Galon, N., Ezra, E., 1997. Body condition score, health, yield and fertility in dairy cows. *Veterinary Record* 141, 67-72.
- Mateus, L., Lopes da Costa, L., Alfaro Cardos, J., Robalo Silva, J., 2002. Treatment of Unobserved Oestrus in a Dairy Cattle Herd with Low Oestrous Detection Rate up to 60 days Postpartum. *Reproduction in Domestic Animals* 37, 57-60.
- Mauffré, V., Grimard, B., Eozenou, C., Inghels, S., Silva, L., Giraud-Delville, C., Capo, D., Sandra, O., Constant, F., 2016. Interferon stimulated genes as peripheral diagnostic markers of early pregnancy in sheep: a critical assessment. *animal* 10, 1856-1863.
- Meenalochani, V., 2016. Assessment of Nutritional Status of Dairy Cows using Biological Indicators under Field Conditions. In: *Tamil Nadu Veterinary and Animal Sciences University*.
- Melendez, P., Bartolome, J., Archbald, L., Donovan, A., 2003. The association between lameness, ovarian cysts and fertility in lactating dairy cows. *Theriogenology* 59, 927-937.

- Meyer, C., Denis, J.-P., 1999. Elevage de la vache laitière en zone tropicale. Editions Quae.
- Mialot, J., Laumonnier, G., Ponsart, C., Fauxpoint, H., Barassin, E., Ponter, A., Deletang, F., 1999. Postpartum subestrus in dairy cows: comparison of treatment with prostaglandin F_{2α} or GnRH+ prostaglandin F_{2α}+ GnRH. *Theriogenology* 52, 901-911.
- Mialot, J., Ponsart, C., Ponter, A., Grimard, B., 1998. L'œstrus post-partum chez les bovins: thérapeutique raisonnée. Journées nationales des GTV, Tours, Société Nationale des Groupements Techniques Vétérinaires, 71-77.
- Miksch, E., LeFever, D., Mukembo, G., Spitzer, J., Wiltbank, J., 1978. Synchronization of estrus in beef cattle: II. Effect of an injection of norgestomet and an estrogen in conjunction with a norgestomet implant in heifers and cows. *Theriogenology* 10, 201-221.
- Molmy, M., 2018. Marqueurs d'inflammation chez les bovins: corrélation chez les mêmes animaux entre les données cliniques et l'examen post-mortem.
- Morris, M., Walker, S., Jones, D., Routly, J., Smith, R., Dobson, H., 2009. Influence of somatic cell count, body condition and lameness on follicular growth and ovulation in dairy cows. *Theriogenology* 71, 801-806.
- Mossa, N., Lean, I., Reid, S., Hodgson, D., 2002. Risk factors for repeat-breeder syndrome in New South Wales dairy cows. *Preventive veterinary medicine* 54, 91-103.
- Moudi, B., 2004. Contribution à la connaissance de la fertilité des vaches Holstein et métisses au Sénégal: Cas de la ferme de Niacoulrab. Th: Méd. Vét: Dakar 15.
- Mouiche, M., 2007. Etude du profil électrophorétique des protéines sériques des vaches ayant avorté après insémination artificielle au Sénégal. Mém. DEA: productions animales: Dakar (EISMV).
- Odde, K., 1990. A review of synchronization of estrus in postpartum cattle. *Journal of Animal Science* 68, 817-830.
- Oetzel, G.R., 2007. Herd-level ketosis—diagnosis and risk factors. In: Preconference seminar C, pp. 67-91.
- Pankowski, J., Galton, D., Erb, H., Guard, C., Gröhn, Y., 1995. Use of prostaglandin F_{2α} as a postpartum reproductive management tool for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 78, 1477-1488.
- Piccione, G., Casella, S., Lutri, L., Vazzana, I., Ferrantelli, V., Caola, G., 2010. Reference values for some haematological, haematochemical, and electrophoretic parameters in the Girgentana goat. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 34, 197-204.
- Piccione, G., Messina, V., Marafioti, S., Casella, S., Giannetto, C., Fazio, F., 2012. Changes of some haematochemical parameters in dairy cows during late gestation, post partum, lactation and dry periods. *Vet Med Zoot* 58, 59-64.
- Pinto, A., Boucat, P., Chevalier, A., Freret, S., Grimard, B., Humblot, P., 2000. Sources de variations de la fertilité et des fréquences de mortalité embryonnaire chez la vache laitière.
- Pitala, W., Zongo, M., Boly, H., Sawadogo, L., Leroy, P., Beckers, J.-F., GBeassor, M., 2012a. Étude de l'œstrus et de la fertilité après un traitement de maîtrise des cycles chez les femelles zébus. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 6, 257-263.
- Pitala, W., Zongo, M., Boly, H., Sawadogo, L., Leroy, P., Beckers, J.F., Gbeassor, M., 2012b. Étude de l'œstrus et de la fertilité après un traitement de maîtrise des cycles chez les femelles zébus. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 257-263.
- Pontlevoy, R., 2017. Etat des lieux à l'échelle mondiale des traitements hormonaux de synchronisation des chaleurs dans l'espèce bovine: Global state of hormonal synchronization treatment in bovine species. In. École Nationale Vétérinaire Alfort.
- Pratt, S., Spitzer, J., Burns, G., Plyler, B., 1991. Luteal function, estrous response, and pregnancy rate after treatment with norgestomet and various dosages of estradiol valerate in suckled cows. *Journal of Animal Science* 69, 2721-2726.
- Pursley, J., Kosorok, M.R., Wiltbank, M.C., 1997. Reproductive management of lactating dairy cows using synchronization of ovulation. *Journal of dairy science* 80, 301-306.

- Pursley, J., Mee, M., Wiltbank, M., 1995. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF₂ α and GnRH. *Theriogenology* 44, 915-923.
- Pursley, J.R., Silcox, R.W., Wiltbank, M.C., 1998. Effect of time of artificial insemination on pregnancy rates, calving rates, pregnancy loss, and gender ratio after synchronization of ovulation in lactating dairy cows. *Journal of dairy science* 81, 2139-2144.
- Radunz, A., Fluharty, F., Day, M., Zerby, H., Loerch, S., 2010. Prepartum dietary energy source fed to beef cows: I. Effects on pre-and postpartum cow performance. *Journal of Animal Science* 88, 2717-2728.
- Remond, D., Meschy, F., Boivin, R., 1996. Metabolites, water and mineral exchanges across the rumen wall: mechanisms and regulation. In: *Annales de zootechnie*, pp. 97-119.
- Royal, M., Darwash, A., Flint, A., Webb, R., Woolliams, J., Lamming, G., 2000. Declining fertility in dairy cattle: changes in traditional and endocrine parameters of fertility. *Animal science* 70, 487-501.
- Russell, K.E., Roussel, A.J., 2007. Evaluation of the ruminant serum chemistry profile. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 23, 403-426.
- Rychembush, V., 2005. Le coût des maladies est souvent sous-estimé. *Reussir Lait Elev.* Vol.11., 10-11.
- Sattler, N., 2003. Intérêts et limites des analyseurs en buiatrie. *Le Point Vét.* Num. Spé 34, 32-35.
- Schelcher, F., Cassard, H., Corbière, F., Foucras, G., Lacroux, C., Maillard, R., Meyer, G., Raboisson, D., 2014. Bio-marqueurs sanguins des syndromes inflammatoires bovins., pp. 237-246.
- Sébastien, F.H., Deletang, F., Freret, S., Ponsart, C., Remmy, D., 2008. Control of oestrus with a progesterone intravaginal device (Prid®): comparison of 2 insertion durations. In: 25. Jubilee World Buiatrics Congress.
- Seegers, H., Billon, D., Bossard-Apper, E., Ponsart, C., Paccard, P., Disenhaus, C., Gatien, J., Salvetti, P., Grimard, B., Chanvallon, A., 2010. Evaluation rétrospective de la qualité de la détection des chaleurs en troupeau bovin laitier à partir de données déjà disponibles. *Rencontres Rech. Rumin* 17.
- Seegers, H., Malher, X., 1996. Analyse des résultats de reproduction d'un troupeau laitier. *Le point Vétérinaire, numéro spécial «Reproduction des ruminants* 28, 127-135.
- Seme, K., Pitala, W., Kulo, A.E., Talaka, E., Gabiam, K.B., Djabangou, P., Kotoe, M.D., Gbeassor, M., 2017. Etude de l'œstrus des femelles bovins laitiers soumises au protocole Prid® Delta au Sud-Togo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 11, 958-966.
- Sevinc, M., Ok, M., Basoglu, A., 2002. Liver function in dairy cows with abomasal displacement. *Revue de Médecine vétérinaire* 153, 477-480.
- Sheldon, I.M., Cronin, J., Goetze, L., Donofrio, G., Schuberth, H.-J., 2009. Defining postpartum uterine disease and the mechanisms of infection and immunity in the female reproductive tract in cattle. *Biology of reproduction* 81, 1025-1032.
- Smith, P., 2009. *Large animal internal medicine* 4th edition. St. Louis, MO: Mosby Elsevier, 1872.
- Sordillo, L.M., Contreras, G., Aitken, S.L., 2009. Metabolic factors affecting the inflammatory response of periparturient dairy cows. *Animal health research reviews* 10, 53-63.
- Sprecher, D., et al., Hostetler, D.E., Kaneene, J., 1997. A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. *Theriogenology* 47, 1179-1187.
- Stevenson, J., Smith, J., Hawkins, D., 2000. Reproductive outcomes for dairy heifers treated with combinations of prostaglandin F₂ α , norgestomet, and gonadotropin-releasing hormone. *Journal of dairy science* 83, 2008-2015.
- Tcheufo, K., 2007. Analyse des résultats d'un programme d'insémination artificielle bovine dans la région de Thiès. In. *EISMV, Dakar*, p.136.
- Thatcher, W., Patterson, D., Moreira, F., Panciera, M., Jordan, E., Risco, C., 2001. Current concepts for estrus synchronization and timed insemination. In: *American Association of Bovine Practitioners Proceedings of the Annual Conference*, pp. 95-105.

- Tillard, E., 2007. Approche globale des facteurs associés à l'infertilité et l'infécondité chez la vache laitière: importance relative des facteurs nutritionnels et des troubles sanitaires dans les élevages de l'île de la Réunion. In. Université Montpellier II-Sciences et Techniques du Languedoc.
- Trevisi, E., Bertoni, G., 2009. Some physiological and biochemical methods for acute and chronic stress evaluation in dairy cows. *Italian Journal of Animal Science* 8, 265-286.
- Twagiramungu, H., Guilbault, L.A., Dufour, J.J., 1995. Synchronization of ovarian follicular waves with a gonadotropin-releasing hormone agonist to increase the precision of estrus in cattle: a review. *Journal of Animal Science* 73, 3141-3151.
- Twagiramungu, H., Guilbault, L.A., Proulx, J.G., Dufour, J.J., 1994. Influence of corpus luteum and induced ovulation on ovarian follicular dynamics in postpartum cyclic cows treated with buserelin and cloprostenol. *Journal of Animal Science* 72, 1796-1805.
- Van Saun, R., 2016. Indikatoren für Risiken bei Kühen in der Transitphase—eine Übersicht zu metabolischen Profilen. *Tierärztliche Praxis Ausgabe G: Großtiere/Nutztiere* 44, 118-126.
- Van Werven, T., Waldeck, F., Souza, A., Floch, S., Englebienne, M., 2013. Comparison of two intravaginal progesterone releasing devices (PRID-Delta vs CIDR) in dairy cows: Blood progesterone profile and field fertility. *Animal reproduction science* 138, 143-149.
- Villa-Godoy, A., Hughes, T., Emery, R., Chapin, L., Fogwell, R., 1988. Association between energy balance and luteal function in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 71, 1063-1072.
- Waldmann, A., Kurykin, J., Jaakma, Ü., Kaart, T., Aidnik, M., Jalakas, M., Majas, L., Padrik, P., 2006. The effects of ovarian function on estrus synchronization with PGF in dairy cows. *Theriogenology* 66, 1364-1374.
- Walsh, S., Williams, E., Evans, A., 2011. A review of the causes of poor fertility in high milk producing dairy cows. *Animal reproduction science* 123, 127-138.
- Wattiaux, M., 1996. Lactation et récolte de lait. Chapitre 25: procédure de traite. Institut Babcock pour la recherche et le développement international du secteur laitier.
- Zinzius, N., 2002. Mise en place d'un logiciel pour la gestion de la reproduction des troupeaux bovins laitiers. In. thèse de docteur vétérinaire), Ecole Nationale Vétérinaire, Lyon.

Annexe 1 : Fiche d'élevage.

INFORMATIONS GENERALES

Date de l'enquête : Eleveur : Niveau de production/exploitation : litres / jour

Effectif : Plus de 10 têtes Moins de 10 têtes

Race: BLM (moderne, importé) BLA (croisée)

Age moyen du cheptel : (Ans) Primipares (nbr) : Multipares (nbr) : Génisses (nbr) :

Rang de lactation : En lactation (nbr) Hors lactation (nbr)

CONDUITE DU TROUPEAU :

Type d'alimentation : Fourrages verts Herbe de prairie Fourrages secs Paille Concentré pain rassis

Quantité : remorques / têtes boîtes / têtes kg ou sac / têtes sac / têtes

Composition et quantité de la ration de base distribuée : Fourrage : kg Concentré : kg

Composition et quantité de la ration principale distribuée : Concentré : kg

Même alimentation pour tous les animaux (vache en lactation, vaches et génisses pleines) : Non Oui

Distribution de CMV durant les 3 dernières semaines de lactation Non Oui

Séparation des vaches tarées Non Oui

Annexe 3 : Grille de notation de l'état corporel en race Prim'Holstein (Edmonson et al., 1989).

	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00
Processus épineux	Bien distinct, aspect de "fenê"		Elles individualisées	tranchant, sillant		Peu visibles, en partie aplati	Plat, non discernable		Entaillé sous la graisse
Angle entre processus transverse et épineux	Profonde dépression		Dépression marquée		Aplatissement de la concavité		Pratiquement plat		Arrondi (convexe)
Processus Transverse	Tête saillante, >1/2 longueur du processus visible	1/2 longueur du processus visible	Entre 1/2 et 1/3 visible	Entre 1/3 et 1/4 visible	<1/4 visible	A peine discernable	Non discernable	Apre arrondie	Apre à peine discernable
Ceux du Rares (rotation au ramer)	Profond	Marqué	Moderé	Léger			Disparition		Bombé
Pointes de la hanche et des fessiers	Excès de saillie	Saillante		Aiguë		Légerement crovoite	Arrondie par la graisse		Entaillé sous la graisse
Entre pointes de la hanche et des fessiers	Sévèrement creusé	Tête creusé	Léger creusement de graisse	Creusé		Légerement creusé	Plat		Arrondi (bombé)
Entre les pointes de la hanche	Extrêmement creusé			Dépression modérée		Léger dépression			Arrondi
Base de la queue	Relief osseux très saillant, creusé en "U" profond sous la queue	Relief osseux saillant, creusé en "U" sous la queue	Première trace de graisse		Relief osseux aplati, creusé peu profonde		Relief osseux arrondi par la graisse et légère dépression sous la queue		Relief osseux entaillé sous la graisse, humbler graisseux sous la queue
Qualité de la peau									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									
Qualité de la viande									
Qualité de la carcasse									