

N° d'ordre :

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

People's Democratic Republic of Algeria

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministry of Higher Education and Scientific Research



معهد العلوم البيطرية
Institute of Veterinary
Sciences

جامعة البليدة 1
Université Blida-1



Mémoire de Projet de Fin d'Etudes en vue de l'obtention du
Diplôme de Docteur Vétérinaire

**Etude de certains facteurs de risque
responsables des échecs de l'insémination
artificielle chez la vache laitière à Tizi-Ouzou**

Présenté par

Amzal Safia

Soutenu le 03/07/2024

Présenté devant le jury :

Président :	Dr BESBACI. M	MCA	ISV/Blida 1
Examineur :	Dr GHARBI. I	MCA	ISV/Blida 1
Promoteur :	Dr KALEM. A	MCA	ISV/Blida 1

Année universitaire **2023/2024**

Remerciements

D'abord je remercie **ALLAH** le tout puissant qui m'a éclairé le bon chemin à suivre, m'a donné la santé, le courage, la patience et la volonté pour mener à bien cet humble travail, et m'a protégé tout au long de mon parcours académique

Mes profonds remerciements à l'ensemble des membres de mon jury

A Monsieur le docteur **BESBACI M** maître de conférences B à l'institut des sciences vétérinaire de Blida, pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury, je suis reconnaissante de son temps.

Hommage respectueux.

A Monsieur le docteur **GHARBI I** maître de conférences A à l'institut des sciences vétérinaire Blida, pour avoir accepté d'être membre de jury et avoir examiné mon travail avec intérêt et considération.

Sincères remerciements.

A Monsieur le docteur **KALEM A** maître de conférences A à l'institut des sciences vétérinaires, mon promoteur, de m'avoir guidé, conseillé, aidé, accordé sa confiance afin de réaliser ce travail, pour sa patience et sa disponibilité durant la construction de mon PFE.

Sincères remerciements.

Je remercie les vétérinaires praticiens de la clinique Kalem, qui ont veillé au bon déroulement des prélèvements sanguins.

Je remercie aussi Docteur **Ould Ali H** de m'avoir accueilli dans son cabinet vétérinaire, ainsi que pour les conseils et les informations précieuses qu'elle m'a fournies.

Je remercie mes parents, pour leur soutien pour atteindre mes objectifs et leur disponibilité tout au long de mes études



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail aux êtres qui me sont les plus chers :

A mes TRES CHERS PARENTS

Maman **SAMIA**, Papa **AHMED**, Aucune dédicace ne saurait exprimer mon amour éternel, mon respect et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon éducation. Je vous remercie pour votre amour, votre confiance, votre soutien inconditionnel, et les valeurs nobles que vous m'avez transmis, c'est grâce à vous si je suis telle que je suis aujourd'hui, sans vous rien n'aurait été possible. Merci de croire en moi et de me pousser à aller très loin. Puisse Allah vous accorde la santé, le bonheur et une longue vie. Je ne pourrais jamais assez témoigner ma reconnaissance pour tout ce que vous avez fait pour moi. Je vous aime infiniment.

A mes deux merveilleuses Sœurs

Nesla, Ghenima, vous êtes mes deux héroïnes, vous m'avez appris le vrai sens du courage, vos encouragements sont mes plus grands trésors. Vous êtes ma lumière, ma force, ma joie au quotidien. Votre présence est mon réconfort et votre amour est ma force. Merci pour tout ce que vous êtes. Je vous aime de tout mon cœur.

A **PAPI YUCEF** et **KHALTI NOUARA**, je vous remercie pour votre soutiens et amour qui ont illuminé mon chemin. Qu'Allah vous accorde une longue vie et vous procure santé et bonheur. Je vous aime.

A Mes **GRANDS PARNENTS MATERNELS**, je vous envoie mes plus sincères vœux de guérison. Que la santé et la guérison vous entourent et vous apporte réconfort.

A mes chers **AMIES**, que notre amitié demeure éternelle. Vous êtes une part précieuse dans ma vie.



Résumé

L'objectif principal de ce travail est l'étude de certains facteurs responsable des échecs de l'IA. Il a été accompli au niveau de la région de Tizi-Ouzou de la période allant du mois de septembre 2023 au mois de juin 2024. Il est scindé en deux parties. La première s'est intéressée à une étude rétrospective par l'analyse des résultats d'insémination artificielle afin d'établir un bilan de reproduction et émettre ainsi un constat sur la situation de la fertilité au niveau de la région d'étude.

Au total, 188 vaches ont été retenues dans cette étude. Pour les paramètres de fertilité le taux de réussite en première insémination est 31,9%, le pourcentage de vaches nécessitant plus de trois IA est de 51% et l'indice de fertilité est de 2,7. Quant à la fécondité, l'intervalle entre deux vêlages (IV-V) est de 423 jours, l'intervalle vêlage-première IA (IV-IA1) est de 102 jours, la période de reproduction (IA1-IAF) est de 42 jours, ce qui donne un intervalle entre vêlage et IA fécondante (IV-IAF) de 144 jours. Ces résultats confirment l'éloignement des paramètres de reproduction des normes recommandées.

La deuxième partie s'intéresse sur l'étude de certains facteurs de risques responsable des échecs de l'insémination artificielle par le dosage de certains marqueurs biochimiques spécifiques. Des prélèvements de sang ont été effectués peu avant insémination artificielles pour le dosage de la progestérone et de certains métabolites : Glucose, cholestérol, le beta-hydroxy-butyrates (BHB), les protéines totales, les triglycérides, le cortisol et enfin la Protéine C-Réactive (CRP). L'analyse descriptive des données a révélé ces résultats suivant : 20 % de vaches inséminées en phase lutéale, 20% en bilan énergétique négatif, dont 4 soit un taux de 20%, sont en cétose subclinique, 20% en hypercortisolémie, 40% en hypertriglycéridémie, synonyme de lipomobilisation, et 15% de vaches avaient des teneurs en CRP élevées. A partir de ces résultats nous pouvons confirmer que l'insémination à un moment non opportun par rapport aux chaleurs, le bilan énergétique négatif, le stress ainsi que certains phénomènes inflammatoires sont en partie responsable des échecs des inséminations, bien que les facteurs de risques sont multiples.

Mots clés : Insémination artificielle, fertilité, fécondité, progestérone, chaleurs, échecs, facteurs de risque, Métabolites.

Abstract

The main objective of this study is to investigate some factors responsible for the failures of AI. The study, was conducted in the region of Tizi-Ouzou from September 2023 to June 2024 and is divided into two parts. The first part focused on a retrospective study by analyzing artificial insemination results to assess reproductive outcomes and draw conclusions about fertility in the study region.

In total, 188 cows were included in this study. Regarding fertility parameters, the success rate in first insemination was 31.9%, with 51% of cows requiring more than three inseminations, and a fertility index of 2.7. As for fecundity, the interval between two calvings (IV-V) was 423 days, the interval between calving and first insemination (IV-IA1) was 102 days, the reproduction period (IA1-IAF) was 42 days, resulting in an interval between calving and successful insemination (IV-IAF) of 144 days. These results confirm that reproductive parameters are divergent from recommended norms.

The second part focused on studying specific risk factors responsible for artificial insemination failures through the measurement of certain biochemical markers. Blood samples were taken just before artificial insemination to measure progesterone and various metabolites: glucose, cholesterol, beta-hydroxybutyrate (BHB), total proteins, triglycerides, cortisol, and C-reactive protein (CRP). Descriptive analysis of the data revealed the following: 20% of cows were inseminated during the luteal phase, 20% had a negative energy balance, with 20% of those experiencing subclinical ketosis, 20% had hypercortisolism, 40% had hypertriglyceridemia indicative of lipomobilization, and 15% had elevated CRP levels. Based on these results, we can confirm that improper timing of insemination relative to heat cycles, negative energy balance, stress, and certain inflammatory processes partly contribute to insemination failures, despite the multiple risk factors involved.

Keywords: Artificial insemination, fertility, fecundity, progesterone, heat cycles, failures, risk factors, metabolites.

ملخص

الهدف الرئيسي من هذا العمل هو دراسة بعض العوامل المسؤولة عن فشل التلقيح الاصطناعي. تمت هذه الدراسة في منطقة تيزي وزو من سبتمبر 2023 حتى وجوان 2024، وهي مقسمة إلى جزئين. ركز الجزء الأول على دراسة استعادية من خلال تحليل نتائج التلقيح الاصطناعي لتقييم النتائج التكاثرية وإصدار تقييم لحالة الخصوبة في المنطقة المدروسة.

تم اختيار مجموعة من الأبقار بلغ عددها 188 رأس في هذه الدراسة. بالنسبة لمعايير الخصوبة، كان معدل النجاح في التلقيح الأول 31.9%، ونسبة الأبقار التي استعدت أكثر من ثلاثة تلقيحات بلغت 51%، وكان معامل الخصوبة 2.7. أما بالنسبة للخصوبة، فكان (IA1- يومًا، وفترة التكاثر 102 (IV-IA1) يومًا، والفاصل بين الولادة والتلقيح الأول (IV-V) 423 الفاصل بين ولادتين يبلغ 144 يومًا. تؤكد هذه النتائج انحراف معايير التكاثر (IV-IAF) يومًا، مما يعني فاصلاً بين الولادة والتلقيح الناجح 42 (IAF) عن الأسس الموصى بها.

الجزء الثاني من الدراسة تركز على دراسة بعض عوامل الخطر المسؤولة عن فشل التلقيح الاصطناعي من خلال قياس بعض العلامات البيوكيميائية المحددة. تم أخذ عينات من الدم قبل التلقيح الاصطناعي لقياس مستويات البروجستيرون وبعض المركبات الأيضية مثل الجلوكوز، الكوليستيرول، بيتا هيدروكسي بيوتيرات، البروتينات الكلية، الدهون الثلاثية، الكورتيزول، والبروتين سي أظهر التحليل الوصفي للبيانات أن 20% من الأبقار تم تلقيحها في مرحلة القبة، و20% كانت لديها رصيد طاقي سالب، ومنها 20% تعاني من الكيتوز الفرعي السريري، و20% يعانون من فرط الكورتيزول، و40% يعانون من فرط الدهون الثلاثية مما يشير إلى الحركة الشحمية، و15% من الأبقار كانت لديها مستويات مرتفعة من CRP.

بناءً على هذه النتائج، يمكننا التأكيد على أن التلقيح في وقت غير مناسب بالنسبة لفترات الدورة الحرارية، والرصيد الطاقي السالب، والإجهاد، وبعض العمليات الالتهابية يسهم جزئياً في فشل التلقيح، على الرغم من تعدد عوامل الخطر المتورطة.

كلمات مفتاحية: التلقيح الاصطناعي، الخصوبة، البروجستيرون، الدورات الحرارية، الفشل، عوامل الخطر، المتمترسات

Sommaire

Remerciements

Dédicace

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Partie bibliographique.....	14
Introduction.....	15
Chapitre I : Insémination artificielle.....	17
1. Définition.....	18
2. Avantages de l'IA.....	18
2.1. Sanitaire.....	18
2.2. Génétique.....	19
2.3. Economique.....	19
2.4. Technique.....	20
3. Inconvénients de l'IA.....	20
4. Facteurs de réussite de l'IA.....	21
CHAPITRE II : Les facteurs de risque de l'échec de l'insemination artificielle.....	22
2.1. Facteurs intrinsèques.....	23
2.1.1 Âge.....	23
2.1.2 Génétique.....	23
2.1.3. Race.....	23
2.1.4 Etat corporel.....	24
2.1.5. Production laitière.....	25
2.1.6. Pathologies.....	25
2.1.7. Maladies métaboliques.....	30
2.1.8 Reprise de l'activité ovarienne au cours du post-partum.....	31
2.2. Facteurs de risque extrinsèques.....	32

2.2.1.	Facteurs humains.....	32
2.2.2.	Facteurs d'ordre technique.....	33
2.2.3.	Conduite d'élevage.....	37
2.2.4.	Autres facteurs.....	42
<i>Chapitre III : Les performances de reproduction</i>		45
3.1.	Paramètres de fertilité.....	46
3.1.1.	Taux de réussite à la 1 ^{ère} insémination.....	46
3.1.2.	Vache inséminée plus de 3 IA.....	46
3.1.3.	Index de fertilité (IF) :.....	46
3.2.	Paramètres de fécondité.....	47
3.2.1.	Age au premier vêlage (NV1).....	47
3.2.2.	Intervalle vêlage premières chaleurs (IV-C1).....	47
3.2.3.	Intervalle vêlage-première insémination (IV-IA1).....	48
3.2.4.	Intervalle vêlage-Insémination fécondante (IV-IF).....	48
3.2.5.	Intervalle vêlage-vêlage (IV-V).....	48
Partie expérimentale.....		50
1.	Objectif du travail	51
2.	Matériel et méthode	51
2.1.	Première partie :	51
2.1.1.	Choix des paramètres de reproduction	51
2.1.1.2.	Paramètres de fécondité	51
2.2.	Deuxième partie :	52
2.2.1.	Facteurs ciblés par cette étude :	52
2.2.4.	Prélèvement de sang	52
2.2.5.	Mesures de la progestérone	53
2.2.6.	Mesure des métabolites	53
3.	Résultats et discussion	54
3.1.	Première partie	54
❖	Conclusion :	58
3.2.	Deuxième partie :	59
3.2.1.	Les résultats des analyses biochimique	60
3.2.2.	Conclusion et recommandation	66

Références bibliographiques

Annexes

Liste des figures

Figure 1: Carte conceptuelle relative à l'insémination artificielle dans l'espèce bovine (9).....	18
Figure 2: Ce graphique illustre l'évolution souhaitée des notes BCS pendant les 365 jours d'une lactation chez les vaches laitières. (34).....	25
Figure 3: Mécanisme d'effet des mammites sur la reproduction (4 ; 54).....	28
Figure 4: Aperçu des différentes aides disponibles à la détection des chaleurs en élevage bovin laitier (d'après 70 et 71).....	33
Figure 5: -(A) Schéma de la technique d'insémination classique d'après(78).....	35
Figure 6: Dépôt de la semence au plus près de la jonction utéro-tubaire (79).....	36
Figure 7: Heure optimale d'insémination chez les bovins (A) par observation du début de l'œstrus (B) avec un compromis réalisé entre le taux de fécondation et le taux de survie embryonnaire (78).....	37
Figure 8 : Evolution du bilan énergétique chez la vache laitière (88).....	40
Figure 9: Description schématique des possibles effets du stress thermique sur la reproduction chez la vache laitière (105).....	44
Figure 10: Notion de fécondité et de fertilité (126).....	49

Liste des tableaux

Tableau 1: Les paramètres de la fertilité chez la vache (108).....	47
Tableau 2 : Paramètres de fertilité	54
Tableau 3 : Paramètre de fécondité	55
Tableau 4 : Résultats des analyses biochimiques	59
Tableau 5 : Distribution des fréquences et des pourcentages des vaches selon les concentrations des métabolites sanguins	60

Liste des abréviations

BACA : Bilan alimentaire anion cation

BEN : Balance énergétique négative

BHB : Beta hydroxy butyrate

E2: Œstrogène

F: Fréquence.

GLY: glycémie.

GnRH: Gonadotropin Releasing Hormone.

Hyper : supérieurs aux valeurs de références

Hypo : inférieure aux valeurs de références

IA : Insémination artificielle

IAF : Insémination artificielle fécondante

IF : Indice de fertilité

IgM : immunoglobuline

IL1 α : Interleukine1

IFT : Index de fertilité total.

IFA : Index de fertilité apparent.

IV-C1 : intervalle vêlage-première chaleurs

IVF : Intervalle vêlage fécondation

IVIA1 : l'intervalle vêlage-première insémination

IVV : Intervalle vêlage -vêlage

LH : Luteinizing hormone

LPS : lipopolysaccharides

NEC : note d'état corporel

NF : Non fécondation

NV1 : Age au premier vêlage

P4 : progestérone

PP : Post-partum

PR : Période de reproduction

PSP : phényle sulfone phtaléine

SGA : syndrome général d'adaptation

TB : taux butyreux

TG : triglycérides

THI : Index Température Humidité

TNFalpha : Tumor Necrosis Factor

TP : taux protéique

TRIA1 : Taux de réussite à l'insémination 1

VLDL : Very Low Density Lipoprotéine

VLHP : Vaches laitières haute productrice

An orange scroll graphic with a dark orange border and a shadow. The scroll is unrolled in the center, with the text 'Partie bibliographique' written in bold black italicized font.

Partie bibliographique

INTRODUCTION

La gestion des performances de la reproduction est un objectif technique majeur en élevage laitier d'où la maîtrise de la reproduction est devenue une nécessité. Elle est primordiale notamment pour la rentabilité économique de l'élevage d'avoir un veau par vache par an et une planification des vêlages pour remplir le quota laitier annuel.

Que toutes les vaches donnent naissance chaque année à un veau est particulièrement difficile à obtenir dont les clés principales de la réussite résident dans la précocité de la mise à la reproduction et la bonne observation des chaleurs par l'éleveur afin d'inséminer la vache au moment optimal. **(1)**.

L'insémination artificielle a fait des preuves dans de nombreuses productions animales et permet une amélioration plus marquée du progrès génétique. **(2)**. Les principales raisons de son succès sont le gain génétique, le contrôle et la rentabilité comparée à l'accouplement nature. **(3)**.

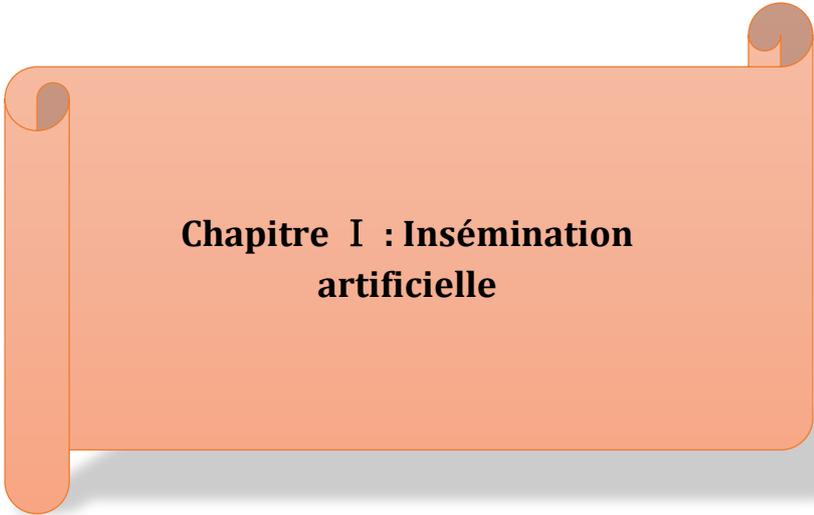
Une insémination artificielle a chez la vache pour premier objectif l'obtention d'un veau vivant et viable 275 à 290 jours plus tard. Cet objectif n'est actuellement atteint qu'une fois sur deux. Les causes d'échec entre la première insémination et le vêlage suivant se répartiraient ainsi : 20% de non-fécondation, 15% de mortalité embryonnaire précoce, 10% de mortalité embryonnaire tardive, 4% d'avortement et 1% d'accouchements prématurés **(4)**.

Les facteurs de risques des échecs de gestation se répartissent en deux catégories. L'une rassemble les facteurs individuels inhérents à l'animal : génétique, niveau de production laitière, type de de vêlage, gémellité, mortalité périnatale, rétention placentaire, coma vitulaire, involution utérine, infection aigue ou chronique du tractus génital et l'activité ovarienne post-partum. L'autre concerne les facteurs collectifs propre au troupeau, qui relèvent de son environnement ou de l'éleveur (et de sa capacité à gérer les divers aspects de la reproduction) : durée de la période d'attente, détection des chaleurs, moment d'insémination lors du post-partum et pendant l'œstrus , alimentation, saison, type de stabulation, taille du troupeau, qualité du sperme, technicité de l'insémineur. Ces facteurs influencent directement ou indirectement la fertilité. Leurs effets se manifestent de manière isolée ou synergique. **(4)**.

En effet, l'insémination artificielle présente de nombreux avantages et quelques inconvénients à l'éleveur laitier, tandis que les difficultés dans l'œstrus limitent l'utilisation son usage dans les troupeaux de bovins de boucherie **(3)**. L'insémination artificielle donne un bon encadrement lorsque plusieurs éleveurs d'une même race veulent augmenter leur progrès génétique. Il faut veiller à conserver une bonne variabilité génétique au sein de la race tout en minimisant l'accroissement de la consanguinité et la perte de lignée. La variabilité génétique de chacune des espèces, la baisse de variabilité génétique s'accompagne en général d'une hausse de la consanguinité qui peut s'avérer néfaste à plusieurs niveaux, en particulier à cause de son effet négatif sur certains caractères **(2)**.

En Algérie, l'application très timide de l'IA, ces dernières années, 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, de l'ordre de 50% pour Ghozlane et al (2003) et moins de 30% pour Bouzebda et al (2006). Dans les pays à tradition d'élevage, les résultats ne sont qu'un peu meilleurs (en moyenne $57 \pm 2\%$ après 2 inséminations en France selon Meyer (2008). **(5)**. Les causes de ces mauvais résultats sont imputées à plusieurs facteurs, qui interfèrent entre eux, et sont parfois interdépendants et pas évidents à identifier. **(6)**.

C'est dans cet ordre d'idée que nous avons orienté l'objectif de notre travail. Notre étude vise, dans un premier temps, à identifier certains facteurs de risque responsables des échecs de l'insémination artificielle chez les vaches laitière, et proposer quelques recommandations qui permettent aux acteurs de la filière lait afin d'optimiser la rentabilité économique de l'élevage.



**Chapitre I : Insémination
artificielle**

1. Définition

L'IA est une technique de reproduction qui consiste à déposer à l'aide des instruments appropriés, la semence (sperme) d'un taureau reproducteur dans les voies génitales d'une femelle en période de chaleur en vue d'une fécondation. **(7)**.

L'élevage bovin laitier a été le premier à utiliser l'IA avec semence congelée à des fins d'amélioration génétique **(8)**.

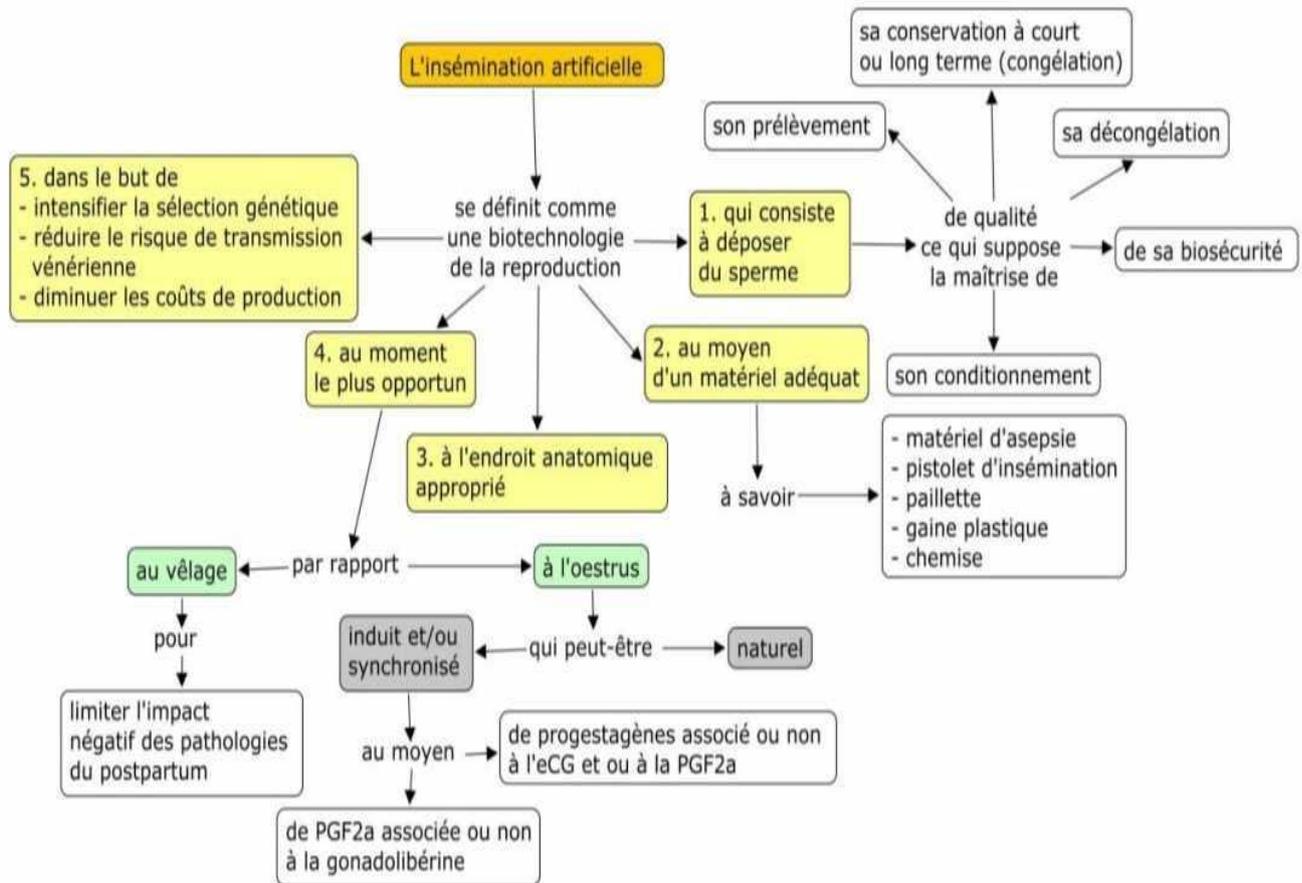


Figure 1: Carte conceptuelle relative à l'insémination artificielle dans l'espèce bovine **(9)**.

2. Avantages de l'IA

2.1. Sanitaire

- L'IA permet avant tout d'éviter la diffusion des maladies **(10)**.
- C'est un outil de prévention de propagation de maladies contagieuses et /ou vénériennes, grâce au non contact physique direct entre la femelle et le géniteur telle que la brucellose, le trichomonas. En plus, du contrôle des pathologies grâce aux normes sanitaires strictes exigées au niveau des centres producteurs de semences, ce qui a permis de réduire

considérablement le risque de transmission de ces agents par voie mâle **(11)**.

- Contrôle et diagnostic précoce des problèmes d'infertilité grâce au système de suivi individuel et permanent des vaches inséminées.
- Cela permet également de prévenir les accidents lors de la saison des montes **(10)**.

2.2. Génétique

- L'IA donne l'occasion de choisir des taureaux testés qui transmettent des traits désirables à leur descendance **(12)**.
- Minimise le risque d'obtenir des génisses avec des défauts héréditaires **(13)**.
- Permet d'obtenir un gain génétique qui s'accumule au fil du temps (la valeur génétique des vaches augmente rapidement en réponse à la sélection d'une génération à l'autre) **(14)**.
- Diffusion du progrès génétique : les meilleurs mâles peuvent en procréer plusieurs dizaines de milliers de descendants alors qu'ils ne peuvent en procréer que quelques dizaines en monte naturelle **(14)**.
- Cette technique est la seule qui permet à la fois l'exploitation rationnelle et intensive et une plus large diffusion de la semence des millions de géniteurs testés pour leurs potentialités **(15)**.
- Sélection fondée sur plusieurs critères de performances des filles.
- Forte diffusion d'un taureau élite : plusieurs centaines de milliers de veaux. **(8)**.

2.3. Economique

- L'achat et l'entretien d'un taureau demandent la mobilisation d'un capital assez important et un entretien coûteux, à l'opposé, l'IA entraîne une augmentation de la productivité du taureau en même temps qu'il rend son remplacement par vache **(16)**.
- Ainsi, il y a diminution du nombre de mâles à utiliser en reproduction et leur valorisation en production de viande.
- de. En parallèle, il peut y avoir une amélioration de la productivité du troupeau (lait, viande) qui se traduit par l'amélioration du revenu de l'éleveur. En effet, cet aspect est particulièrement perceptible chez les animaux croisés (obtenu par l'insémination artificielle des vaches locales)

dont la production s'améliore de 100% par rapport au type local. C'est ainsi donc, que l'IA permet une économie dans le nombre de taureaux utilisés, dont la conservation du sperme à basse température, permet une plus large utilisation de leur semence à la fois dans le temps et dans l'espace **(17)**.

- L'IA permet de contrôler de manière plus précise les saillies et le pourcentage de réussite. C'est aussi un moyen de mettre en place des vêlages groupés, et ce plus encore avec des protocoles de synchronisation des chaleurs **(10)**.
- Programmer ainsi la naissance des veaux et choisir une meilleure saison permettant une bonne disponibilité des aliments. **(18)**.

2.4. Technique

- L'IA offre une grande possibilité à l'éleveur du choix des caractéristiques du taureau qu'il désire utiliser en fonction du type de son élevage et l'option de production animale à développer.
- Diffusion rapide dans le temps et dans l'espèce du progrès génétique. **(19)**.
- Découverte rapide de géniteurs ayant de très hautes performances génétiques grâce au testage sur descendance qui exige l'utilisation de l'insémination artificielle. **(20)**.

3. Inconvénients de l'IA

L'inconvénient de l'amélioration génétique rapide du cheptel permise par l'insémination artificielle est l'augmentation de la consanguinité dans la population. Risque d'erreur d'identification des paillettes, risque de diffusion de gènes indésirables. **(8)**. En effet, une anomalie chromosomique peut être rapidement et largement diffusée dans une population par l'IA. **(21)**.

Bien que cette technique soit, sans doute, un outil puissant pour la gestion du patrimoine génétique, son efficacité est contrebalancée par deux types de contraintes venant du faible nombre de reproducteurs nécessaires à chaque génération (puisque chacun d'entre eux possède un vaste pouvoir de diffusion), ainsi qu'un changement dans l'expression de certains caractères, notamment de reproduction. **(21)**.

En effet, malgré les multiples avantages et intérêts, l'insémination artificielle présente comme même certains inconvénients tel quel : la nécessité d'une bonne technicité dans les centres d'insémination artificielle : une quelconque erreur lors de la préparation de la semence, peut avoir des répercussions importantes sur le cheptel. Les

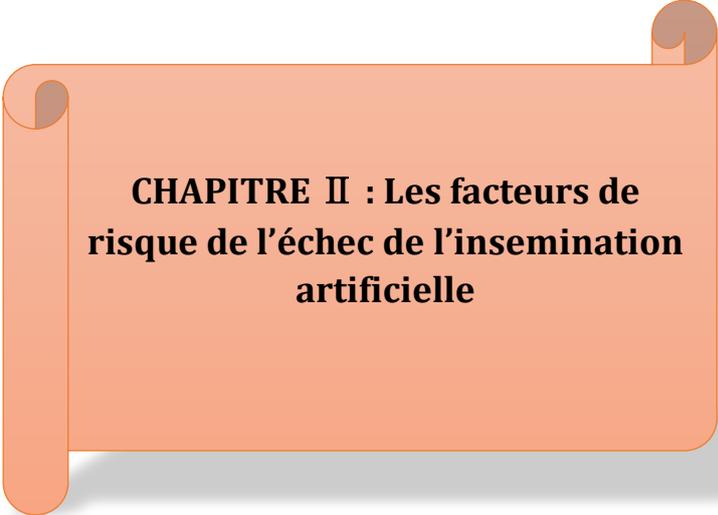
éleveurs doivent avoir une bonne expérience pour détecter les vaches en chaleur. L'insémination artificielle des vaches non observées en chaleurs entraîne non seulement une infertilité mais peut causer une endométrite et l'avortement si la vache est gestante. La présence d'agent infectieux non détruit par les antibiotiques ajoutés à la semence (sperme congelé contenant le virus IBR/IPV) peut être à l'origine de pathologies. **(22)**.

L'utilisation d'un nombre limité de reproducteurs peut conduire à une diminution de la variabilité génétique. Ce risque, qui est le plus fréquent, doit être gardé à l'esprit lorsqu'un programme de sélection est mis en route, et les reproducteurs de la première génération doivent venir d'origine les plus divers possible. **(21)**.

Le non fécondation des femelles, suite au non-respect des bonnes pratiques en insémination artificielle, entraîne la chute de la productivité dans un élevage.

4. Facteurs de réussite de l'IA

La réussite de l'IA chez les bovins est conditionnée par plusieurs facteurs à savoir : semence de qualité, bonne détection des chaleurs, connaissance de la physiologie de l'appareil génital, maîtrise du cycle sexuel, propreté au cours des manipulations, état corporel et sanitaire des vaches à inséminer. De toute manière l'insémination artificielle doit être réalisée dans les meilleures conditions pour donner un taux de réussite satisfaisant. **(23)**.



**CHAPITRE II : Les facteurs de
risque de l'échec de l'insemination
artificielle**

2.1. Facteurs intrinsèques

2.1.1. Âge

Chez la vache, au fur et à mesure que l'âge augmente, on assiste à une baisse de performances. En effet cette baisse peut être de plusieurs ordres, notamment, une diminution des productions, hormonales, un défaut de minéralisation des os, une baisse de la fertilité suite aux diverses agressions subies par l'utérus et qui ont découlé des nombreux vêlages effectués pendant toutes ces années de carrière.

Par ailleurs, il est observé que la durée d'œstrus est plus courte chez les génisses **(24)**.

De même, Santos et al, observent des taux de conception à l'IA1 supérieurs chez les primipares comparées aux multipares **(25)**.

2.1.2. Génétique

En raison de la faible héritabilité des performances de reproduction (0,01 à 0,05) et de leur faible répétabilité (0,03 à 0,13) **(4)**, il semble illusoire d'envisager un programme de sélection fondé sur ces paramètres.

Divers pistes alternatives semblent toutefois pouvoir être proposées. Une amélioration au demeurant vraie semblablement lente, de la fertilité pourrait être obtenue grâce à l'identification des taureaux dont les filles présentent une mauvaise ou, au contraire, une excellente fertilité **(26)**.

Il apparaît alors indispensable de réorienter la sélection génétique pour augmenter les performances de reproduction du cheptel **(27)**.

2.1.3. Race

Des différences des paramètres de reproduction entre les races ont été montrées à cause des performances zootechniques spécifiques de chaque race. Une étude française a noté une variabilité entre trois races principales ; Montbéliard, Normande, Prim Holstein et le résultat montre que l'intervalle entre vêlage et première saillie était plus long chez la Prim Holstein que la Normande et intermédiaire chez la Montbéliard, de même pour le taux de réussite à la première insémination, il était assez élevé chez la Normande et la Montbéliard et assez faible chez la Prim Holstein **(28)**.

D'après une étude faite par Ageeb et al., (2000) **cité par (29)**, les vaches Frisonnes sont plus sensibles au stress thermique que les races locales et les races croisées. Une

étude faite par **(30)** a conclu que les vaches de race Normande ont eu de meilleures performances de reproduction dans des délais courts.

2.1.4 Etat corporel

Le taux de réussite a la première insémination apparaît significativement inférieur (d'environ 10%) chez les vaches mettent bas avec une note d'état corporel insuffisante inférieure ou égale à 2,5. Les femelles dont la note d'état est supérieure à 3,5 en vêlage ou en première insémination présentent un intervalle V- IAF significativement réduit par rapport aux autres animaux au même stade **(31)**.

Il existe une corrélation négative significative entre la perte du poids depuis la mise bas précédente et la réussite de l'IA. **(32)**.

Le NEC au moment de l'IA influence également la fertilité **(32)**. Ainsi, plus la NEC est basse à l'insémination, plus la fertilité diminue **(25)**. Ceci s'explique par le fait que l'énergie est alors moins disponible pour la fonction de reproduction. Il est même suggéré de n'inséminer que les animaux ayant une NEC supérieure à 2,75 points, sans prendre en compte leur production laitière **(33)**.

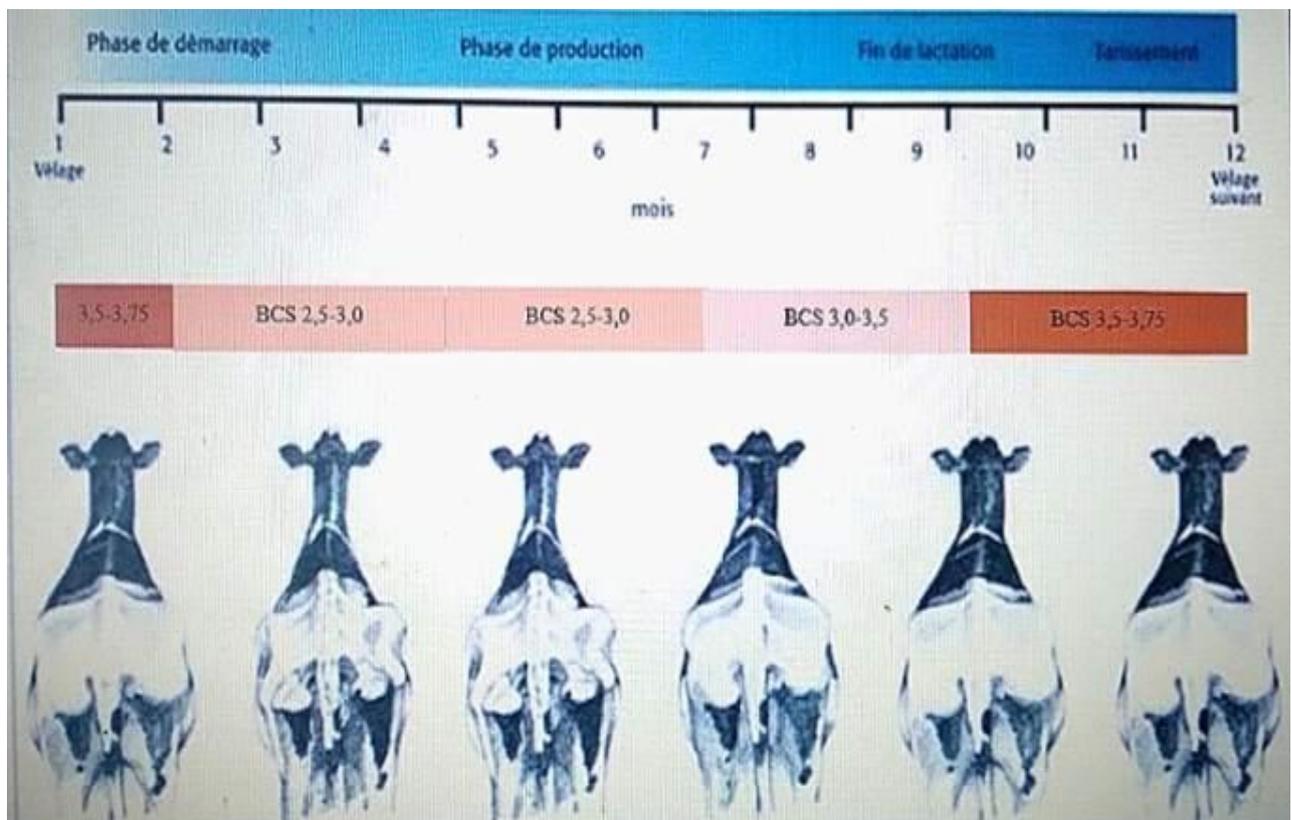


Figure 2: Ce graphique illustre l'évolution souhaitée des notes BCS pendant les 365 jours d'une lactation chez les vaches laitières. **(34)**.

2.1.5. Production laitière

Au cours des dernières décennies, l'infertilité des vaches laitières a souvent été un problème lié à l'augmentation de la production laitière. La production de lait et efficacité de la reproduction ne sont pas bien corrélées génétiquement **(35)**.

Le niveau de production laitière en début de lactation condamne le taux de réussite à la première insémination chez les multipares. Une production laitière augmentée en début de lactation est corrélée à une mauvaise expression des chaleurs à la première ovulation **(36)**.

De nombreux auteurs ont mis en évidence, principalement en bovin une relation phénotypique négative entre la production laitière et la réussite de l'insémination **(37)**.

Cette corrélation peut être la combinaison entre la liaison génétique négative qui existe entre ces deux caractères est un effet de balance énergétique moins bonne au moment de l'insémination pour les fortes productrices de lait **(38)**.

2.1.6. Pathologies

2.1.6.1. Vêlage dystocique

Les difficultés au vêlage, aussi appelées dystocies, sont des problèmes très récurrents chez les vaches laitières **(39)**.

Les vêlages difficiles, plus fréquentes chez les primipares, influencent négativement le rétablissement de l'activité ovarienne par un mécanisme inconnu et favorisent donc une baisse des performances de reproduction **(40)**.

Le vêlage dystocique se traduit par une diminution du taux de gestation en première insémination de l'ordre de 6% **(4)**.

D'après **(Noakes, 2001)**, les dystocies ont des conséquences qui sont :

- Une augmentation de la mortalité du veau.
- Une augmentation de la morbidité néonatale.
- Une augmentation du taux de mortalité pour la mère
- Une réduction de la fertilité ainsi qu'une augmentation du risque de stérilité.

- Une augmentation des prédispositions aux maladies puerpérales chez la mère.

2.1.6.2. Gémellité

Les gestations multiples diminuent la fertilité des vaches de façon plus importante chez les multipares que chez les primipares. L'effet négligeable des gestations multiples sur la fertilité des primipares peut s'expliquer par le nombre moins important de gestations gémellaires dans cet effectif de vache **(42)**. Après une gestation gémellaire, l'intervalle vêlage-insémination artificielle fécondante (IAf) était en moyenne 6 jours plus longs pour une primipare et 9 jours plus longs pour une multipare **(43)**.

Çobanoğlu, 2010 a estimé qu'il fallait en moyenne 3,23 fois plus d'inséminations pour qu'une vache soit gestante après un vêlage gémellaire. En particulier chez les multipares, l'intervalle vêlage-IAf est rarement inférieur à 90 jours et les chances de conception avant 90 jours sont multipliées par un facteur 0,76 **(45)**. De plus, le taux de diagnostics de gestation positifs entre 40 et 70 jours post insémination est plus bas suite à un vêlage gémellaire plutôt qu'un vêlage simple (Echternkamp et al. 2007). La médiane, du vêlage à la conception, est ainsi de 134 +/- 4,5 jours suite à une naissance gémellaire contre 108 +/- 0,8 jours suite à une naissance simple **(45)**. L'intervalle vêlage-vêlage après une naissance multiple est ainsi allongé de 18 jours **(43)**.

2.1.6.3. Retard d'involution utérine

Son diagnostic s'établit sur base de l'identification au-delà du 30ème jour du postpartum par palpation manuelle d'une ou de deux cornes utérines de diamètre supérieur à 5 cm. La prévalence du retard d'involution utérine évaluée entre le 30ème et le 50ème jour postpartum est de 7 % **(44)**.

L'involution utérine conditionne la fertilité ultérieure de femelle parce que d'une part, elle doit être complète pour qu'une nouvelle gestation puisse avoir lieu et d'autre part, l'involution utérine allonge l'intervalle vêlage-vêlage. **(47)**. Tous les retards d'involution peuvent favoriser l'apparition de métrites **(48)**.

La fréquence du retard de l'involution utérine est de 6,5% chez les vaches viandeuses et de 6,4% chez les vaches laitières **(4)**.

2.1.6.4. Rétention placentaire

Classiquement, la rétention placentaire se définit par l'absence d'expulsion du placenta dans les 24 heures suivant la parturition. Sa fréquence est comprise entre 3 et 32 % ; une fréquence moyenne de 7 % pouvant être considérée comme normale **(46)**.

Elle tend à favoriser surtout les complications infectieuses de métrites ou de pyomètre qui surviennent dans plus de 50% des cas.

Elle contribue à une diminution de 10% de taux de gestion en première insémination **(4)**.

Les vaches présentant une rétention annexielle ont 4,4 fois plus de risques de présenter des kystes ovariens, 2,5 fois plus de risques de faire une métrite et 1,3 fois plus de risques d'avoir des chaleurs silencieuses. Autant de facteurs qui affectent la fertilité des animaux, et diminuent ainsi la réussite à l'IA de 14% **(49)**.

Selon l'étude de **(50)** portant sur les effets de la rétention placentaire et sur les performances de reproduction ultérieures : la première insémination a été réalisée en moyenne avec 3 à 6 jours de retard, le pourcentage de réussite est diminué de 5 à 25% à la première insémination, enfin il a fallu 6 à 22 jours de plus pour avoir une insémination fécondante. Il faut noter que les valeurs les plus importantes ont été trouvées lorsque les inséminations étaient réalisées tôt avant (79jours post partum).

2.1.6.5. Mammites

L'hypothèse d'une influence possible des infections de la glande mammaire sur les performances de reproduction n'est pas nouvelle **(22)**.

Les mammites peuvent retarder le rétablissement de la cyclicité postpartum et allonger l'intervalle VIA1 lorsqu'elles surviennent avant la première ovulation **(51)**. Elles altèrent la maturation folliculaire et allongent le cycle ovarien lorsqu'elles se produisent au cours du cycle ovarien **(51)**. Les intervalles VIA1 ou VIAF sont allongés et le taux de réussite de l'IA1 diminué lorsqu'un premier cas de mammite survient avant l'IA1 **(52 ; 53)**.

La mammite clinique et/ ou subclinique se traduit selon les cas par une hyperthermie et par la synthèse de diverse molécules, témoin directe ou indirecte de l'inflammation. Deux d'entre elles semblent exercer une influence prépondérante : les cytokines et la prostaglandine F2alpha. L'effet négatif exercé par une augmentation de la

température corporelle sur la maturation de l'ovocyte et le développement embryonnaire précoce est connu. Les cytokines constituent l'un des mécanismes essentiels des effets de la mammite sur la fertilité. Leur concentration augmente lors de mammite naturelle ou induite par l'injection intramammaire de lipopolysaccharides colibacillaire. La PGF2alpha peut également intervenir à différents niveaux après la stimulation de sa synthèse endométriale par notamment le TNFalpha (Tumor Necrosis Factor) et l'IL1alpha (interleukine 1) ou les endotoxines. Elle induirait la synthèse d'un facteur embryotoxique par les cellules lutéales et modifierait de manière négative le processus d'acquisition de la compétence ovocytaire. La PGF2alpha peut également induire une lutéolyse prématurée. (4).

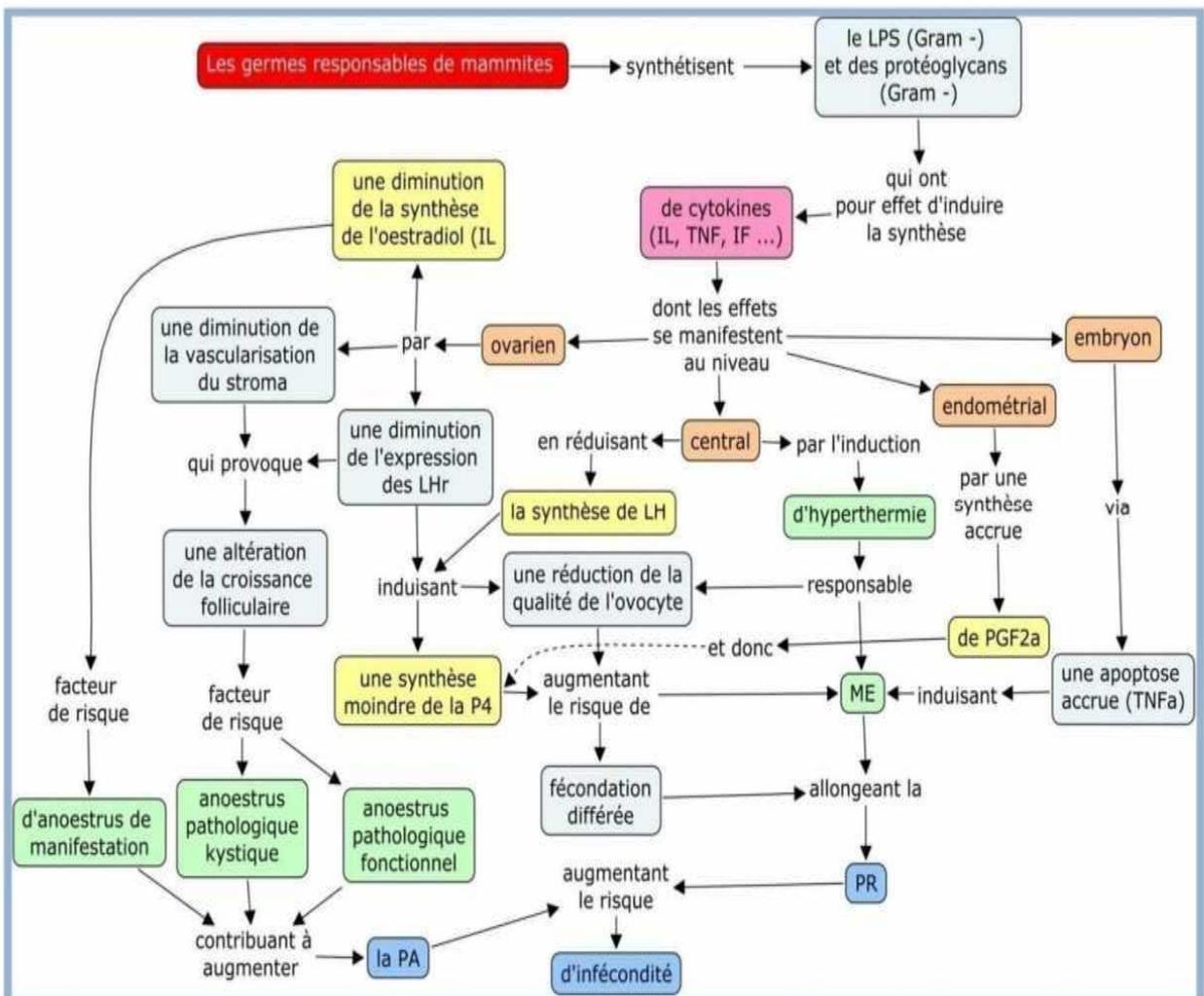


Figure 3: Mécanisme d'effet des mammites sur la reproduction (4 ; 54).

2.1.6.6. Affections podales

La vache boiteuse n'exprime pas ou peu ses chaleurs, diminuant ainsi leur détection. Les performances de reproduction sont donc diminuées. Les pertes sont principalement dues à des intervalles entre vêlage prolongés, aux coûts liés à la réforme prématurée **(55)**. L'intervalle entre le vêlage et l'insémination fécondante est augmenté chez les vaches avec boiterie et la fertilité est dégradée **(56)**.

De plus, la présence d'une boiterie impacte le comportement alimentaire de la vache avec notamment une baisse du temps d'ingestion quotidien. Cela peut donc favoriser le déficit énergétique qui impactera la réussite des futures IA **(57)**.

Les vaches atteintes d'une boiterie marquée avaient un risque deux fois plus élevé d'échec à l'IA que les vaches avec une boiterie faible ou absente **(58)**.

Les boiteries peuvent agir sur les performances de reproduction de plusieurs façons, en diminuant l'intensité des signes des chaleurs, en favorisant la dissémination d'agents infectieux (endotoxines), ou en aggravant la mobilisation des réserves corporelles et le déficit énergétique postpartum **(59)**.

2.1.6.7. Métrite

Durant la gestation, le contenu utérin est stérile mais après la mise-bas, la lumière utérine est inévitablement contaminée par des bactéries. Le développement d'une pathologie est dépendant de l'équilibre entre l'immunité locale, le niveau de contamination, le degré de lésions de la muqueuse utérine et la pathogénicité des bactéries. Les pathologies utérines affectent 50% des vaches en post-partum causant de l'infertilité par dysfonctionnement utérin et ovarien. **(60)**.

2.1.6.8. Vaginite

Est due à des traumatismes des non délivrances et du prolapsus vaginal, souvent entraîne une stérilité définitive **(61)**.

2.1.6.9. Kyste ovarien

Le kyste ovarien constitue l'une des principales affections de la reproduction bovine. Ses conséquences négatives sur les performances de reproduction et l'économie de l'élevage ont fait l'objet de plusieurs quantifications. Le premier œstrus est retardé de 4 à 7 jours en moyenne avec un pourcentage qui est diminuée de 11 à 20%. La pluparts des kystes se développent durant le post-partum régressent spontanément. **(50)**.

2.1.7. Maladies métaboliques

2.1.7.1. Cétose

La cétose est une maladie métabolique consécutive au déficit énergétique en début de lactation. La prévalence de la forme clinique est inférieure à 3 % et celle de forme subclinique est de 39% (29 à 58 %) **(46)**.

La cétose est associée à un retard dans la reprise de l'activité ovarienne et la formation d'ovaire kystique après la mise bas.

Un allongement de l'IVIA1 de 8 à 10 jours a été rapporté et une diminution de 20% à 35% du taux de réussite à la première insémination est observée à la suite d'une hyperacétonémie. Cette diminution peut aller jusqu'à 50% si la vache présente des dosages élevés de BHB durant la première et la deuxième semaine post-partum **(62)**.

Le nombre d'insémination nécessaires augmente aussi pour les vaches atteintes, passant de 2 à 2,8 en moyenne **(63)**. La détection des chaleurs peut aussi être rendue plus difficile par la cétose subclinique qui peut diminuer l'activité mesurée avec un collier podomètre lors du premier œstrus **(63)**.

2.1.7.2. Acidose

Cette pathologie concerne 11 à 26% des vaches laitières primipares plus que les pluripares au cours des 50 premiers jours du post-partum. Elle est due à une consommation excessive de concentrés riches en hydrates de carbones associée à une diminution de fibres de longueur >8mm ; il en résulte une diminution du temps de mastication donc de salive et une surproduction d'acides gras volatils qui entraînent une diminution du PH du rumen. Cette affection est un facteur de risque d'infection utérine, de boiterie et de diminution du score corporel **(46)**. Cette affection provoque une immunosuppression, des diminutions des performances de production ou de reproduction (baisse de fertilité), des déplacements de caillettes des boiteries avec fourbure, ce qui induit une diminution de l'expression des chaleurs par l'inconfort produit **(8)**.

L'acidose ruminale se complique en une acidose métabolique latente qui pourrait être à l'origine d'une diminution de la réponse à la sécrétion d'insuline par rapport à la quantité de glucose. Il y a alors une augmentation de la sécrétion de cortisol qui possède un effet immunosuppresseur via une activité phagocytaire moindre, et une diminution de la vitesse de migration des neutrophiles.

2.1.7.3. Alcalose

C'est une maladie liée à une élévation anormale de PH du rumen qui est due à une production excessive d'ammoniac par la flore microbienne de la panse, suite d'un excès d'azote non protéique dégradable dans la ration (urée, sels d'ammonium, acide urique) **(64)**.

Lors d'excès d'azote soluble, les concentrations en ammoniacque sont plus élevées dans le mucus utérin par rapport au plasma sanguin. La cytotoxicité de l'ammoniacque sur l'ovocyte ou l'embryon serait à l'origine d'infertilité et de mortalité embryonnaire précoce **(65)**.

2.1.7.4. Fièvre vitulaire

La manifestation d'une fièvre vitulaire entraîne différentes conséquences, elle constitue un facteur de risque d'accouchement dystocique et de pathologies du post-partum. Les vaches avec fièvre vitulaire sont prédisposées à avoir huit fois plus de mammites dans la lactation suivante et trois fois plus de dystocies et de rétention placentaire et deux à quatre fois plus de déplacement de la caillette **(66)**.

Les effets sur la reproduction sont modérés, une vache avec fièvre vitulaire aura une augmentation de nombre de jours à la première saillie (+5 jours) et le nombre de saillies par fécondation (0,3 saillies) **(66)**, au contraire, une étude a montré que les vaches sans fièvre vitulaire ont 2,25 fois plus à concevoir par rapport aux vaches avec fièvre vitulaire.

2.1.8. Reprise de l'activité ovarienne au cours du post-partum

La reprise précoce de cette activité ovarienne post-partum chez la vache doit permettre la réalisation dans les délais requis, d'un intervalle vêlage-conception de 85 jours **(68)**,

Des retards dans l'initiation de l'évolution de l'expression des signes œstraux sont associés avec des taux de conception réduits et des intervalles vêlage-conception allongés, une meilleure fertilité se voit chez les vaches inséminées après avoir présenté plusieurs œstrus avant le début de la période de reproduction que chez celles inséminées lors de leur premier œstrus. **(68)**.

2.2. Facteurs de risque extrinsèques

2.2.1. Facteurs humains

2.2.1.1. Inséminateur

Sa technicité et son savoir-faire influencent fortement la réussite l'IA. L'agent inséminateur intervient à tous les niveaux ; depuis la manipulation des semences lors de stockage jusqu'à sa mise en place finale en passant par l'organisation des tournées, la détection des chaleurs. Le technicien inséminateur reste l'élément pivot qui conditionne l'extension et la réussite de l'IA. Il reste le seul agent en agriculture (et en milieu rurale), qui reste quasiment en contact avec le terrain toute l'année (même les jours fériés dans certains cas) et à ce titre il est l'agent développeur, vulgarisateur et conseiller détenteur et vecteur de progrès et de technologie. Son travail doit être valorisé à juste titre et motivé pour en tirer le meilleur profit dans le domaine. **(67)**.

2.2.1.2. Eleveur

C'est l'acteur principal qui conditionne la réussite ou l'échec de l'IA par son comportement et ses jugements vis à vis de l'IA, de la conduite d'élevage et la détection des chaleurs. De ce fait, l'éleveur, doit rester la cible dans le programme de développement de l'IA' par la formation et la vulgarisation. **(67)**.

2.2.1.2.1. Détection des chaleurs

Une bonne détection des chaleurs et / ou de l'ovulation par l'éleveur permettra d'optimiser le moment où l'insémination a le plus de chance d'être fécondante. Le moment de début des chaleurs constitue le point de repère pour l'éleveur. L'observation de l'immobilisation pour l'acceptation des chevauchements est le signe de référence pour détecter la chaleur mais chez la vache laitière ce comportement peut n'être exprimé que pour 58% des œstrus **(68)**. Cependant, deux composantes majeures conviennent : le niveau d'expression des chaleurs par la vache (effet vache) et le niveau de détection des chaleurs par l'éleveur (effet homme).

De nombreuses aides à la détection des chaleurs sont disponibles sur le marché en France, elles diffèrent notamment par leur sensibilité, leur spécificité et leur prix d'achat. La figure ci-dessous récapitule les moyens de détections actuellement disponible en élevage bovins. La combinaison de l'observation visuelle et d'un ou plusieurs outils de détection augmente l'efficacité de la détection des chaleurs par rapport à l'observation visuelle ou aux outils de détection seuls **(69)**.



Figure 4: Aperçu des différentes aides disponibles à la détection des chaleurs en élevage bovin laitier (d'après 70 et 71)

2.2.2. Facteurs d'ordre technique

2.2.2.1 Politique de l'insémination au cours du post-partum

Le post-partum est une période critique pour les performances de reproduction. Les chaleurs silencieuses, sont fréquentes lors de la première ovulation post-partum chez les vaches laitières 88.4% d'après l'étude de Johnson et al., 2012. Une valeur génétique élevée et un niveau de production de lait élevé ont notamment été associés à une expression réduite de chaleurs à la première ovulation (72).

La reprise de la cyclicité ovarienne est primordiale pour les performances de reproduction. Chez les vaches laitières hautes productrices, une reprise retardée de la cyclicité ovarienne (73) ainsi qu'une augmentation de la fréquence de cycles ovariens anormaux (période lutéale prolongée, anovulation) pendant la période post-partum sont notamment mis en évidence(74).

2.2.2.2. Qualité de la semence

La motilité (l'intensité des mouvements des spermatozoïdes), la morphologie (l'incidence des spermatozoïdes anormaux ou avec des défauts morphologiques) et la viabilité (aux <spermatozoïdes vivants / morts) de la semence sont les trois paramètres principaux à fin d'évaluer la qualité de la semence en laboratoire avant son utilisation

dans le champ ; ces évaluations sont faites couramment à l'aide d'observation de la semence au microscope.

La qualité de la semence utilisée lors de la fécondation a également un effet significatif sur le taux de fécondation mais aussi sur la qualité des embryons produits. En effet, le pourcentage de bons embryons était de 61% pour une semence d'excellente qualité, de 56% avec une semence de bonne qualité, 54% pour une semence de qualité acceptable et enfin 34% avec une semence de mauvaise qualité **(75)**.

2.2.2.3. Mauvaise manipulation de la semence

La semence est examinée et préparée, au laboratoire, dans un dilueur contenant des substrats énergétiques, des antibiotiques, et un cryoprotecteur. Depuis les années 1960, la majorité des inséminations est réalisée à partir de semence congelée, conditionnée dans des paillettes de 0,25 ml et contenant plus de 35 millions de spermatozoïdes. La semence est conservée à -196°C dans l'azote liquide. Après décongélation rapide à température ambiante ou à 37°C , la semence est déposée dans le corps utérin après cathétérisme du col avec le pistolet d'insémination **(8)**. Une attention particulière est apportée à la méthode de décongélation pour assurer la survie des spermatozoïdes. La paillette doit être transférée le plus rapidement possible de la cuve d'azote liquide permettant la congélation, au bain-marie maintenu entre 34°C et 38°C avec une eau contenant un désinfectant bactéricide pour éviter toute contamination de la semence. La semence est laissée au moins 30 secondes pour être décongelée avant d'être placée dans le pistolet préalablement réchauffé pour éviter un choc thermique. **(76)**.

La semence réfrigérée à 4°C additionnée à un cryoprotecteur contient 3à5 millions de spz pour avoir le même taux de gestation qu'en semence congelée. Mais l'absence d'écart brutal de température est essentielle pour permettre une survie suffisante des spz. Cette technique se développe pour permettre de réaliser plus de paillettes à partir d'une seule récolte de semence mis cela demande plus de technicité pour garantir une fécondité optimale. Le temps de conservation de la semence réfrigérée est de 48 à 72heurs, ce qui est court par rapport à la semence congelée qui peut être conservée plusieurs dizaines années. Enfin, de la semence fraîche sans conservateur conservée à 37°C peut être utilisée dans la demi-heure suivant la récolte après vérification de la qualité de la semence. Cette technique demande une organisation plus complexe, à la ferme, et les doses ne sont pas

testées pour les maladies contagieuses donc la sécurité sanitaire n'est pas optimale. Cette technique n'est pas utilisée en France. (77 ; 76).

2.2.2.4. Lieu de l'IA

En insémination artificielle, le sperme est généralement déposé directement dans le corps utérin, évitant ainsi le col et permettant l'utilisation d'un nombre considérablement réduit de spermatozoïdes (74).

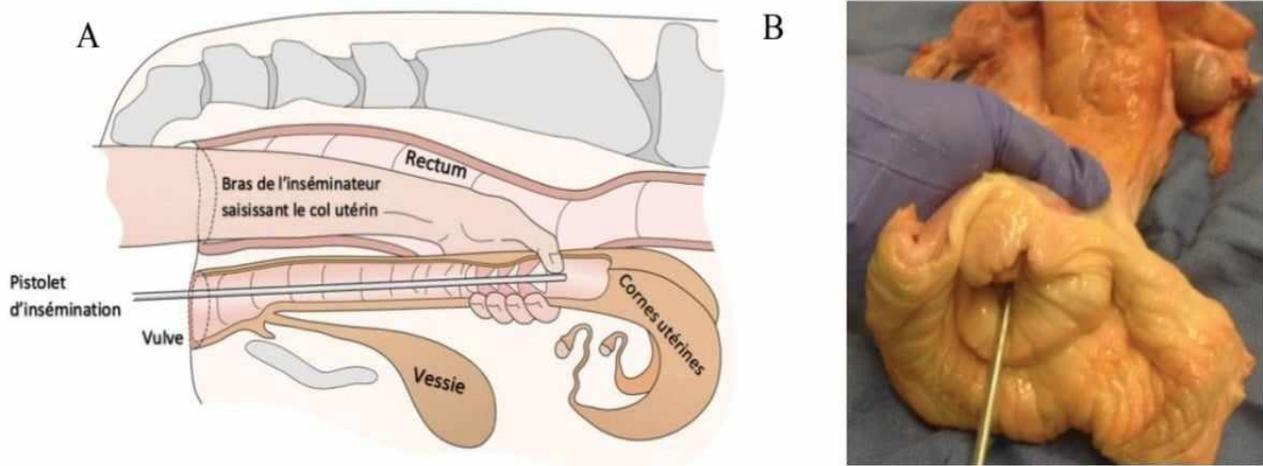


Figure 5: -(A) Schéma de la technique d'insémination classique d'après(78)

-(B) Photographie de l'entrée du pistolet d'insémination dans le col utérin (69).

Une autre technique d'insémination se développe, c'est l'insémination profonde ou l'insémination à la jonction utéro-tubaire. Cette technique permet d'avoir un taux de gestation comparable à celui de l'insémination classique mais avec des paillettes plus pauvres en spz et peu fécondants comme dans le cas de semence sexée ou génétiquement modifiée. Les pertes en spz sont moindres du fait de l'évitement de la phagocytose lors de la migration dans l'utérus et du flux rétrograde réalisé par la sécrétion de mucus par le col. La pipette utilisée dans ce cas doit être assez rigide pour permettre le cathétérisme du col mais également flexible pour suivre la corne utérine très enroulée lors des chaleurs. L'acte en lui-même se déroule de la même manière, seul le repère du lieu de dépôt de la semence diffère. Le manipulateur maintient d'abord le col pour permettre son cathétérisme puis il doit repérer la jonction utéro-tubaire pour déposer la semence à son niveau. Les semences utilisées sont essentiellement des semences congelées. (79).



Figure 6: Dépôt de la semence au plus près de la jonction utéro-tubaire **(79)**.

2.2.2.5. Moment de l'insémination

Idéalement, l'insémination doit être effectuée du 6 à 24h à partir de la détection des chaleurs. Grâce aux connaissances sur le cycle œstral et à l'observation de taux de conception en fonction du délai insémination-début d'œstrus, Trimberger établit la classique règle d'insémination toujours adoptée aujourd'hui : «matin-après midi» ; «après midi-matin». C'est-à-dire qu'une vache vue en chaleur le matin doit être inséminée l'après-midi et une vache vue en chaleur l'après-midi doit être inséminée avant le lendemain midi.

Le moment optimal d'insémination prend en réalité en compte plusieurs facteurs et notamment la viabilité des spermatozoïdes et le vieillissement des ovocytes selon le délai écoulé depuis le début de l'œstrus. **(78)**.

De plus, il a été démontré qu'une insémination sur une vache déjà gravide mais qui continue à montrer des signes de chaleurs peut entraîner une mortalité embryonnaire.

Environ 3 à 10% des vaches gravides se laissent chevaucher par leurs congénères, d'où l'importance de s'assurer du statut de vache à inséminer avant de réaliser cet acte. **(80 ; 81).**

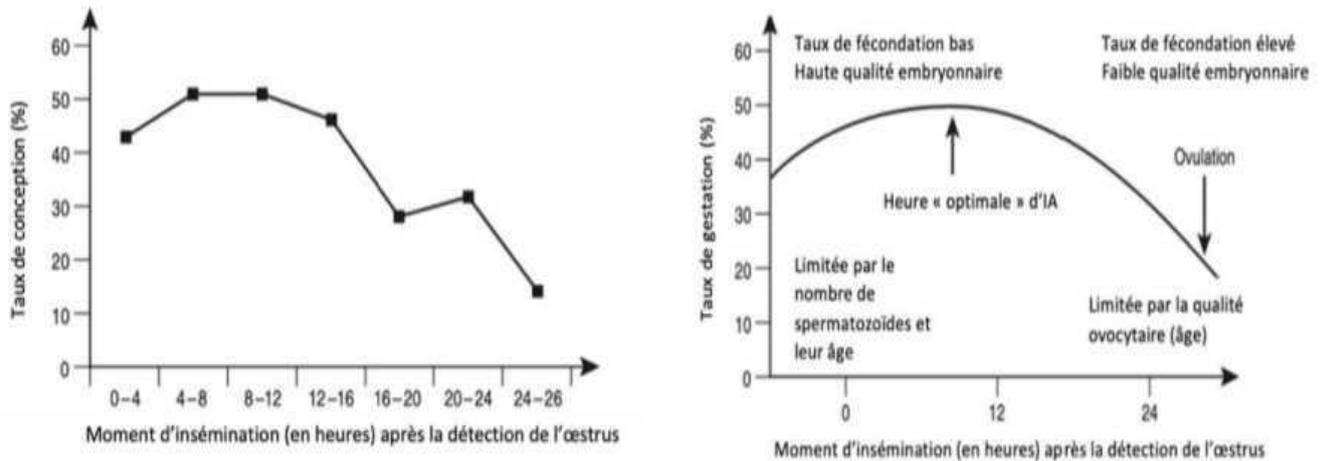


Figure 7: Heure optimale d'insémination chez les bovins (A) par observation du début de l'œstrus (B) avec un compromis réalisé entre le taux de fécondation et le taux de survie embryonnaire **(78).**

2.2.3. Conduite d'élevage

2.2.3.1. Type de stabulation

Le type de stabulation a un effet sur la réussite de l'IA ; soit par stabulation entravée, la synchronisation est plus facile, mais la détection des chaleurs beaucoup moins. Et soit par stabulation libre, la détection des chaleurs est facile, mais la mancipation des vaches pour effectuer les injections plus exigeante.

Ainsi, la détection des signes de chaleurs notamment le chevauchement ne peut être observé. Il est donc recommandé soit d'opter par stabulation libre (détection des chaleurs plus facile) ; ou en cas de stabulation entravée, un contrôle permanent par l'observation des chaleurs est indispensable. **(82).**

L'œstrus des animaux en stabulation entravée est sensiblement plus court que celui des animaux en stabulation libre, cette différence relevant vraisemblablement de l'absence d'interaction sexuelles de la part d'autres animaux en œstrus. Il n'a pas été démontré que la fréquence des chaleurs était plus faible en stabulation entravée que libre. De même le confinement des animaux dans un espace trop réduit avec la détection des chaleurs **(16).**

2.2.3.2. Taille du troupeau

L'évolution de la structure des troupeaux bovins laitiers (augmentation de la taille des élevages associée à une diminution du nombre de cheptels et à une réduction du personnel) entraîne une baisse du temps de surveillance des animaux, et pourrait donc avoir des effets néfastes sur les performances de reproduction.

Des difficultés peuvent être rencontrées dans des petits troupeaux ou dans des petits lots d'animaux car moins il y a de vaches, moins elles expriment de signes de chaleurs. En effet, des études montrent que les vaches produisent significativement plus de signes de chaleurs lorsque plusieurs d'entre elles sont en œstrus. Les éleveurs dans les petits élevages devront donc être plus attentifs et combiner plusieurs signes secondaires pour détecter les vaches en chaleurs. A contrario, dans les élevages à grands effectifs, les chaleurs sont mieux exprimées mais l'éleveur a plus de difficultés à repérer tous ces comportements et finalement le taux de vaches « Repeat Breeders » semble être proportionnel à la taille du troupeau. **(8 ; 41 ; 80)**.

2.2.3.3. Hygiène

Des précautions d'hygiène doivent être prises pour éviter toute transmission de maladies. Le manipulateur porte une tenue de travail spécifique avec une blouse et des gants brassard jetables, une cotte ainsi que des bottes qui sont nettoyées entre chaque élevage. Le matériel d'insémination est nettoyé après chaque vache et désinfecté régulièrement. De même, un nettoyage soigné de la vulve est réalisé avant l'insémination en prenant soin de ne pas introduire de fèces dans le vagin. **(76)**.

La majorité des éleveurs ne respectent pas les normes d'hygiène des étables à savoir l'aération, l'état et la fréquence de changement de la litière ; ce qui affecte la fécondité du troupeau (métrites) et réduit la réussite de l'IA **(77)**.

2.2.3.4. Alimentation

L'alimentation joue un rôle prédominant en élevage bovin, elle retient sur les productions et principalement sur les performances de reproduction **(18)**. Elle affecte directement et indirectement les paramètres de la reproduction, soit en modifiant le mécanisme de contrôle des hormones liées à la reproduction, ou en agissant directement sur les fonctions de l'ovaire dans le développement folliculaire, la qualité de l'ovocyte ainsi que sur le développement embryonnaire.

L'impact de l'alimentation sur la reproduction peut avoir un effet immédiat ou différé dans le temps, l'alimentation ante partum conditionne le bon déroulement du vêlage et du post-partum, en particulier la reprise de l'activité sexuelle. En effet les conséquences d'une diminution des apports nutritionnels vont selon l'intensité de la perturbation, d'une diminution du taux d'ovulation, visible chez les espèces polyvalentes, à une irrégularité des cycles voire un arrêt total de la cyclicité **(83)**.

2.2.3.4.1. Balance énergétique

- Déficit énergétique : Les vaches en début de lactation comblent difficilement leurs besoins énergétiques suite à une diminution de la capacité d'ingestion et la hausse excessive des besoins de production ; d'où l'installation d'un bilan énergétique négatif (BEN) qui peut durer jusqu'à 70 jours **(84)**.

Ce BEN est accompagné d'une insulino-résistance des tissus **(85)**, une augmentation de la protéolyse musculaire utilisés pour la néoglucogenèse, Coleman et al., 2020 et une augmentation massive des acides gras non estérifiés AGNE et des BHB signes d'une lipomobilisation excessive **(86)**.

Le BEN se traduit par une diminution de l'IGF1, ce qui contribue d'une part au retard ou à l'inhibition de la croissance folliculaire, et à une insuffisance ou à un arrêt de la synthèse d'œstradiol d'autre part **(46)**. Il en résulte une moindre synthèse de la LH, ce qui augmente le risque d'une absence d'ovulation et d'une synthèse moindre de la progestérone **(32)**. En l'absence de LH la croissance terminale du follicule s'arrête et s'atrophie et une nouvelle vague folliculaire apparaît, ce qui augmente le risque d'anœstrus fonctionnelle. Un pic de LH insuffisant augmente le risque d'anovulation et donc d'anœstrus kystique ; il entraîne également une moindre concentration de progestérone, par conséquent le risque de mortalité embryonnaire **(46)**.

- Excès énergétique : Une alimentation trop riche en énergie pendant la période de tarissement se traduit par un état d'engraissement excessif, qui peut avoir des conséquences pathologiques. Lors de balance énergétique positive l'estérification des AG qui est fréquemment observée, consiste à produire de TG à partir des AGNE et du glycérol.

De même, les embryons de vaches en excès nutritionnel présentent des taux de gestation plus faibles que les embryons produits à partir de vaches nourries

correctement. En effet, une ration trop énergétique, conduit à une augmentation de la glycémie et de l'insulinémie, qui exercent un effet néfaste sur la maturation de l'ovocyte ainsi que sur le développement embryonnaire précoce (75).

Le foie du ruminant synthétise peu de VLDL. Cette capacité limitée du foie à exporter les TG sous forme de VLDL chez des vaches laitières haute productrices (VLHP), en début de lactation est responsable de stéatose hépatique. Cet état est associé à un cortège d'effets en cascade qui ne se manifeste qu'à partir du vêlage et qui est surtout la conséquence d'une réduction des capacités d'ingestion postpartum et d'une mobilisation excessive des réserves corporelles de l'animal en début de lactation Brugère-Picout, 1995. Les excès énergétiques entraînent des dystocies et indirectement des paraplégies, des rétentions placentaires Fourichon et al., (1991), une réduction des défenses immunitaires et l'apparition de pathologies infectieuses (retard d'involution utérine, métrites, boiteries, mammites) (87).

Nebel et MacGilliaris (1993) ont montré l'impact négatif d'un excès énergétique autour de l'ovulation sur la sécrétion de progestérone et la viabilité de l'embryon.

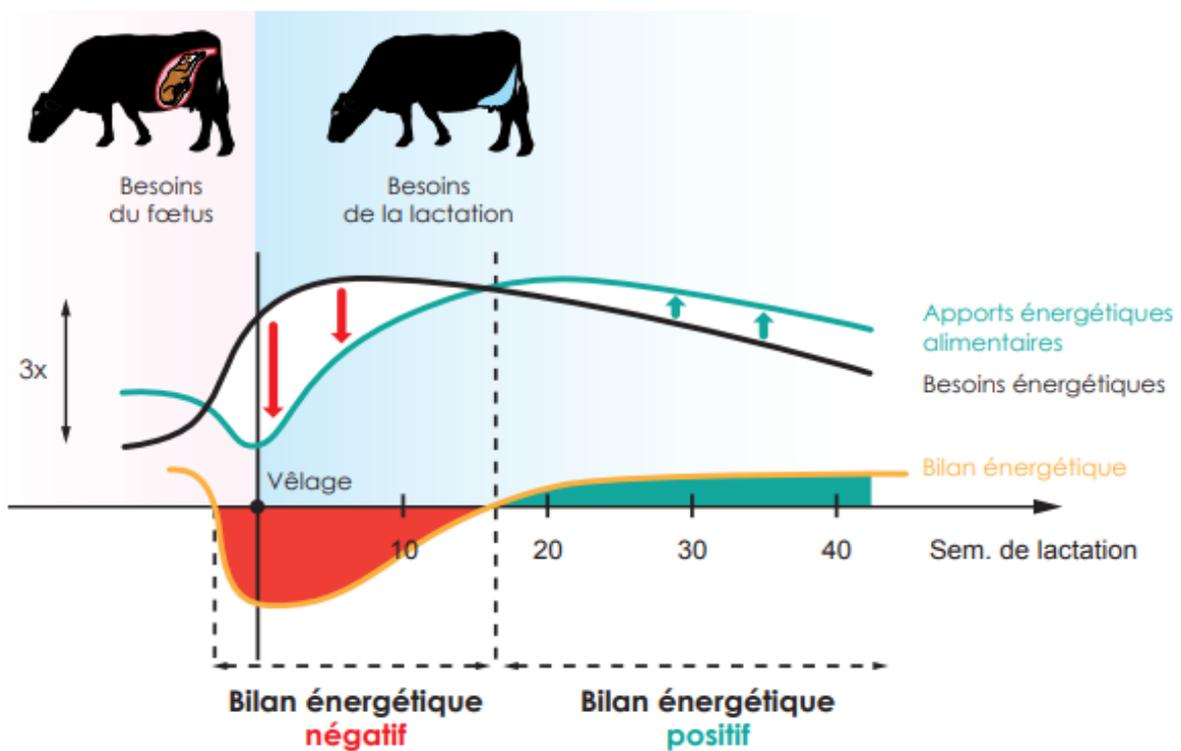


Figure 8 : Evolution du bilan énergétique chez la vache laitière (88).

2.2.3.4.2. Bilan azoté

L'urémie est un indicateur courant qui peut être utilisé pour évaluer le métabolisme de l'azote dans le rumen. Il est souvent utilisé pour déterminer la disponibilité des protéines afin de détecter les déséquilibres potentiels qui pourraient perturber la sécrétion de gonadotrophine **(89)**

- Un déficit azoté (c'est-à-dire un apport inférieur à 13% de la MAT) entraîne une baisse de la digestibilité des fourrages, et donc une baisse de l'apport énergétique disponible. Il induit des troubles de fertilité et favorise les mortalités embryonnaires en début de gestation **(90)**

- Un excès d'azote dégradable entraîne une urémie qui a un effet cytotoxique très probable sur l'embryon et les spermatozoïdes **(91)**.

Un régime haut en énergie et en protéines chez les ruminants peut conduire à une augmentation des concentrations en urée et en ammoniac dans le plasma et le liquide folliculaire. Leurs concentrations sont négativement corrélées avec la qualité ovocytaire, le diamètre folliculaire et l'activité aromatase des cellules folliculaires **(92)**.

Des concentrations sanguines élevées d'ammoniac ou d'urée au cours des semaines qui précèdent l'IA pourrait diminuer la réussite de l'IA1 **(93)**. Ceci est imputable à différents mécanismes comme une diminution de la synthèse de progestérone, une modification de l'acidité des sécrétions utérines pendant la phase lutéale, une réduction de la qualité des ovocytes durant la maturation folliculaire, ou anomalies au cours des premiers stades du développement embryonnaire **(94)**.

2.2.3.5. Déséquilibres minéraux et vitaminiques

Les minéraux (élément majeurs et oligoéléments) et les vitamines sont souvent impliqués dans les troubles de la reproduction. La plupart des études scientifiques montrent que la carence en certains éléments minéraux est susceptible d'altérer les paramètres de reproduction. **(48)**.

Le fonctionnement ovarien est en particulier sensible aux déficits marqués en phosphore, cuivre, zinc, cobalt, iode et vitamine A. Des avortements aux divers stades de la gestation peuvent être la conséquence de la carence en iode, en manganèse ou en

vitamine A. Il existe une relation entre pathologie post-partum et l'apport alimentaire insuffisant de sélénium, de vitamine E, de cuivre et de zinc.

L'hypomagnésémie diminue la capacité de la parathormone à transmettre son message aux tissus osseux. La mobilisation du calcium osseux et donc moins efficace et cela contribue à accentuer l'hypocalcémie. **(95)**.

Les oligoéléments et les vitamines sont des composants intervenant essentiellement dans le système antioxydant. De plus, le zinc, le cuivre, le sélénium, la vitamine E et A ainsi que les β -carotène ont un rôle primordial sur le système immunitaire en stimulant l'activité phagocytaire des neutrophiles et leur chimiotactisme. Une diminution des concentrations plasmatiques en vitamine A (de 38%) et E (de 47%) est notée après le part du fait de l'accumulation dans le colostrum et d'une utilisation excessive par le système immunitaire pour gérer la contamination bactérienne physiologique en post-partum **(96)**.

2.2.4. Autres facteurs

2.2.4.1. Saison

Les IA prennent moins certainement avec l'effet chaleur et au printemps à la mise à l'herbe. Le fort taux d'urée présent dans l'herbe de printemps engendre d'avantage d'avortement précoces ou « coulure » sur les génisses. **(97)**.

En région tempérée, la fertilité était plus élevée en printemps qu'en hiver ou en automne d'après Anderson, 1996, cette faible fertilité en saison d'automne et d'hiver est la grande difficulté à détecter les chaleurs et la courte durée du jour, en région tropicale, une pauvre fertilité observée durant les périodes sèches, les principaux échecs se manifestent par augmentation du nombre d'IA par conception et d'œstrus.

2.2.4.2. Climat

Dans le contexte mondial de changement climatique, l'Algérie qui est un pays soumis à un climat difficile (majoritairement aride et semi-aride) ressent fortement les effets de ce changement. En plus du réchauffement élevé de plus de 1,5°C **(9)**.

Par ailleurs, la température ambiante et l'humidité relative de l'air sont les principales origines du stress thermique, qui influe directement sur le bien-être des animaux d'élevage et leurs performances.

Même si plusieurs paramètres climatiques (ensoleillement, vitesse de l'air, température, humidité) influencent la thermorégulation, le stress est évalué au travers la température ambiante et l'humidité relative, L'index Température Humidité (THI). Plus le THI augmente, plus les bovins ont besoin de lutter contre la chaleur **(98)**.

2.2.4.3. Stress thermique

Les vaches laitières sont aujourd'hui moins tolérantes au stress thermique que par le passé. Ceci peut être relié à l'augmentation de la production laitière, à l'origine d'une plus importante production de chaleur par métabolisme de l'animal **(99)**.

Le cortisol semble pouvoir agir au niveau de l'hypothalamus et de l'hypophyse. Ainsi en se fixant à des récepteurs de GnRH au niveau de l'hypothalamus, il inhibe la synthèse et la libération de GnRH, mais en agissant au niveau hypophysaire, il diminue la sensibilité à la GnRH des cellules sécrétrices de LH, ce qui en limite la libération dans le sang **(100)**.

Les fortes chaleurs ont un effet néfaste sur le développement folliculaire. Le stress thermique affecte notamment les stades précoces de développement tels que les jeunes follicules antraux et les altérations produites vont ensuite se répercuter sur la production hormonale des follicules pré-ovulatoires, En effet, ces follicules altérés vont être moins sensibles aux stimulations des gonadotropines et sécréter moins d'androstenedione et d'E2. Par conséquent, on observe une réduction de la libération de LH, à l'origine d'un dysfonctionnement de l'ovulation et une réduction des capacités de l'ovocyte à être fertilisé et se développer en embryon **(101)**.

En effet, le stress thermique est à l'origine d'une diminution de la synthèse d'inhibine qui induit une production de FSH plus élevée **(102)**. L'inhibine intervenant en association avec la FSH dans la régulation des vagues folliculaires, ces modifications hormonales observées lors de stress thermique perturbent par conséquent le déroulement des vagues folliculaires, ce qui traduit par une augmentation de la durée de la dominance des follicules et par des follicules dominants plus nombreux (alors que l'on en compte normalement qu'un seul par phase de dominance). Ces altérations dans le déroulement des vagues folliculaires résultent par une augmentation du nombre de vaches ovulantes sur la deuxième vague folliculaire avec un follicule dominant plus âgé et donc moins fertile **(103)**.

Le stress thermique semble induire le vieillissement prématuré des ovocytes **(104)**.

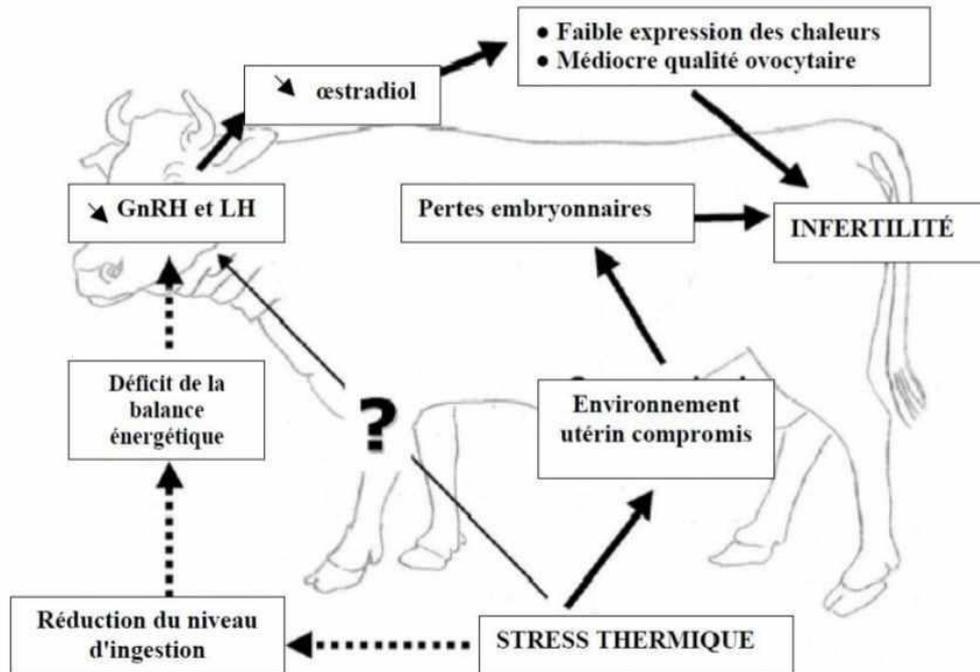


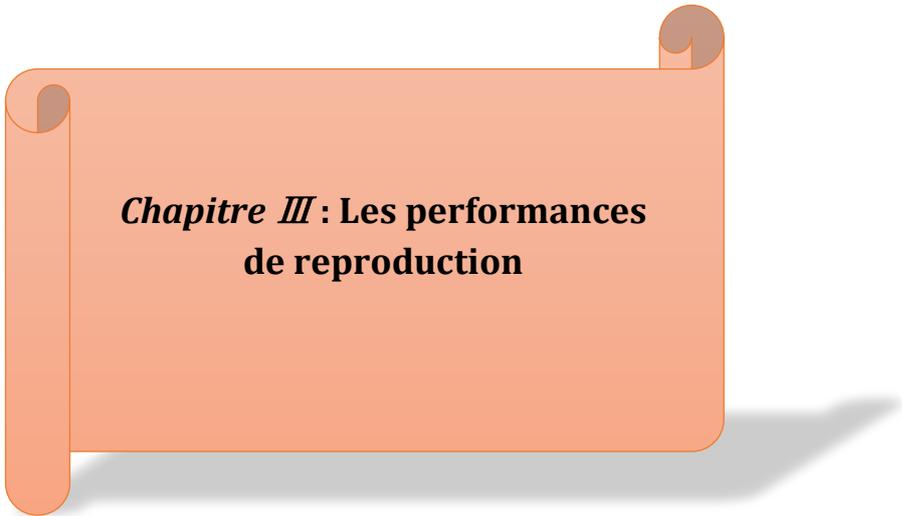
Figure 9: Description schématique des possibles effets du stress thermique sur la reproduction chez la vache laitière **(105)**

2.2.4.4. Environnement

La composition de la surface du sol affecte l'intensité des comportements d'œstrus. En effet, l'expression de ces comportements est plus intense et dure plus longtemps sur la terre que sur le béton.

Un sol bétonné peut facilement devenir glacé ou glissant, ce qui est un problème pour les troupeaux en stabulation libre sur du béton. Il faut que celui-ci soit rainuré pour permettre une meilleure adhérence des vaches **(106)**.

Tout sol dur et glissant inhibe l'expression des chaleurs également suite à l'inconfort que cela confère aux vaches **(80)**.



***Chapitre III : Les performances
de reproduction***

3.1. Paramètres de fertilité

Selon (88), la fertilité correspond au nombre d'insémination nécessaires pour obtenir une gestation.

3.1.1. Taux de réussite à la 1^{ère} insémination

Le TRIA1 (%) représente le nombre de femelles déclarées gestantes après la 1^{ère} insémination (107). C'est un critère fort intéressant pour mesurer la fertilité d'un troupeau laitier. Il est couramment admis que ce critère avoisine 60% (108).

Dans les races normandes et Montbéliard, il est assez élevé et relativement stable au cours du temps, tandis qu'il est plus faible et diminue graduellement dans la race Prim-Holstein (109).

3.1.2. Vache inséminée plus de 3 IA

Une vache est considérée comme infertile lorsqu'elle nécessite 3 IA ou plus pour être fécondé (110). Et on considère qu'il y a de l'infertilité dans un troupeau lorsque ce critère est supérieur à 15% (111).

3.1.3. Index de fertilité (IF) :

C'est le rapport entre le nombre de saillie (ou inséminations) et le nombre des fécondations (112). Les normes acceptables pour ce paramètre est $< 1,7$ (112). L'Etude d'index de fertilité repose sur l'utilisation des deux paramètres à savoir :

3.1.3.1. L'index de fertilité apparent (IFA) :

Selon Benjamin Boudry (2003), IFA < 2 est considéré normal. Il s'agit du nombre total d'insémination réalisés sur les vaches gestantes divisé par le nombre de ces derniers (113).

$IFA = \text{nombre total des IA (animaux gestants)} / \text{nombre des animaux gestants.}$

3.1.3.2. Index de fertilité total (IFT) :

Selon Benjamin Boudry 2003, IFT < 1.5 est considéré normal. Il s'agit du nombre total d'inséminations effectuées sur les vaches gestants et réformés non-gestants divisé par le nombre d'animaux gestants (113).

$IFT = \text{nombre total des IA (animaux gestants et non)} / \text{nombre d'animaux gestants.}$

Tableau 1: Paramètres de la fertilité chez la vache (108)

Paramètre	Définition	Objectif
TRIA1	Taux de réussite en première insémination	≥60%
%3 IA	Vaches nécessitant 03 insémination ou plus pour être gravides ou celle non gravides après 02 inséminations	<15%
IA/IAF	Rapport entre le nombre total d'insémination et le nombre d'inséminations fécondantes	<1.7

3.2. Paramètres de fécondité

La fécondité d'un troupeau traduit le fait que ses femelles se reproduisent dans un temps donné. La fécondité caractérise l'aptitude pour une femelle à mener à terme sa gestation dans les délais requis. **(114)**.

3.2.1. Age au premier vêlage (NV1)

Ce paramètre de fécondité est évalué seulement chez les génisses. Il dépend de différents facteurs, à savoir la race, le poids, état de santé, et l'alimentation. D'une manière générale, une génisse est mise à la reproduction quand elle atteint 2/3 de son poids adulte **(115)**. Il représente l'intervalle moyen entre la date du vêlage de chaque primipare ayant mis bas au cours de la période d'évaluation et sa date de naissance. Il varie en fonction de la race. L'âge idéal est donc au 1^{er} vêlage est en moyenne de 27 à 29 mois. Cependant, un objectif plus précoce de 24 à 26 mois est souhaitable pour rentabiliser l'élevage. **(116)**.

3.2.2. Intervalle vêlage premières chaleurs (IV-C1)

Ce paramètre permet de quantifier l'importance de la fréquence de l'anœstrus post-partum. Cette durée est liée au mode d'élevage ; elle est toujours plus longue chez les femelles allaitantes que chez les femelles traitées. L'intervalle acceptable se situe entre 35 et 40 jours, période correspondante à la fin de l'involution utérine chez les animaux sans pathologies liées au part **(117 ; 118)**.

En pratique, nous considérons que toutes les vaches doivent être revenues en chaleurs dans les 60 jours après vêlage, les deux premiers mois de lactation correspondent à la période de progression maximale de la production laitière, durant laquelle les animaux mobilisent

fortement leurs réserves corporelles et présentent une grande fréquence des troubles sanitaires **(119 ; 120)**.

C'est un critère intéressant, mais difficilement exploitable, car nécessitant un très bon suivi des chaleurs par l'éleveur. **(121)**.

3.2.3. Intervalle vêlage-première insémination (IV-IA1)

L'intervalle vêlage-première insémination artificielle est le nombre de jours entre le vêlage et la 1ere insémination, qu'elle soit fécondante ou non **(122)**. Durant cette période, les organes reproducteurs de la vache vont se rétablir suite à la mise-bas. Il est préférable que la mise à la reproduction soit faite à partir du 60^{ème} j post-partum, car la fertilité est de 25% pour les vaches saillies 20 j après le vêlage, alors qu'elle augmente vers 60% à 60 j post-partum. En plus, c'est le moment où 85 à 95% des vaches ont repris leur cyclicité. Ainsi, si une vache est inséminée avant le 50^{ème} j suivant la mise-bas, elle peut avoir une perte embryonnaire ou un avortement. **(116)**

Un objectif de 70 à 85% de chaleurs détectées est à atteindre durant les 60 premiers jours du post-partum. La fertilité s'améliorerait de façon linéaire au fur et à mesure que l'intervalle vêlage-1ere insémination augmente **(123)**.

3.2.4. Intervalle vêlage-Insémination fécondante (IV-IF)

C'est Le nombre de jours entre vêlage et insémination fécondante **(122)**. Selon les objectifs visés par l'éleveur, cet intervalle peut varier de 65 à 110 jours, soit une moyenne de 85 j afin de parvenir à un intervalle vêlage-vêlage de 12 à 13 mois. **(124 ; 116)**.

Sur le plan individuel, une vache est dite inféconde lorsque l'intervalle vêlage – insémination fécondante est > 110 jours. Au niveau d'un troupeau, l'objectif optimum est un intervalle vêlage-insémination fécondante moyen de 85 jours. **(125)**.

3.2.5. Intervalle vêlage-vêlage (IV-V)

Il s'agit de l'intervalle entre deux vêlages successifs. C'est le critère technico-économique le plus intéressant en production laitière où il traduit, ou pas, la réalisation de l'objectif de théorique d'un veau d'une lactation par an. Soit un intervalle vêlage-vêlage de 330 à 380 j (365jen moyenne). En pratique, cet objectif étant rarement réalisable du fait qu'il est influencé par plusieurs paramètres tels que : la période d'attente volontaire (le nombre de jours d'attente après le vêlage avant de saillir une vache), l'intervalle entre les saillies, le taux de conception qui dépend de la fertilité de la vache et le taux de réforme. **(114 ; 121)**.

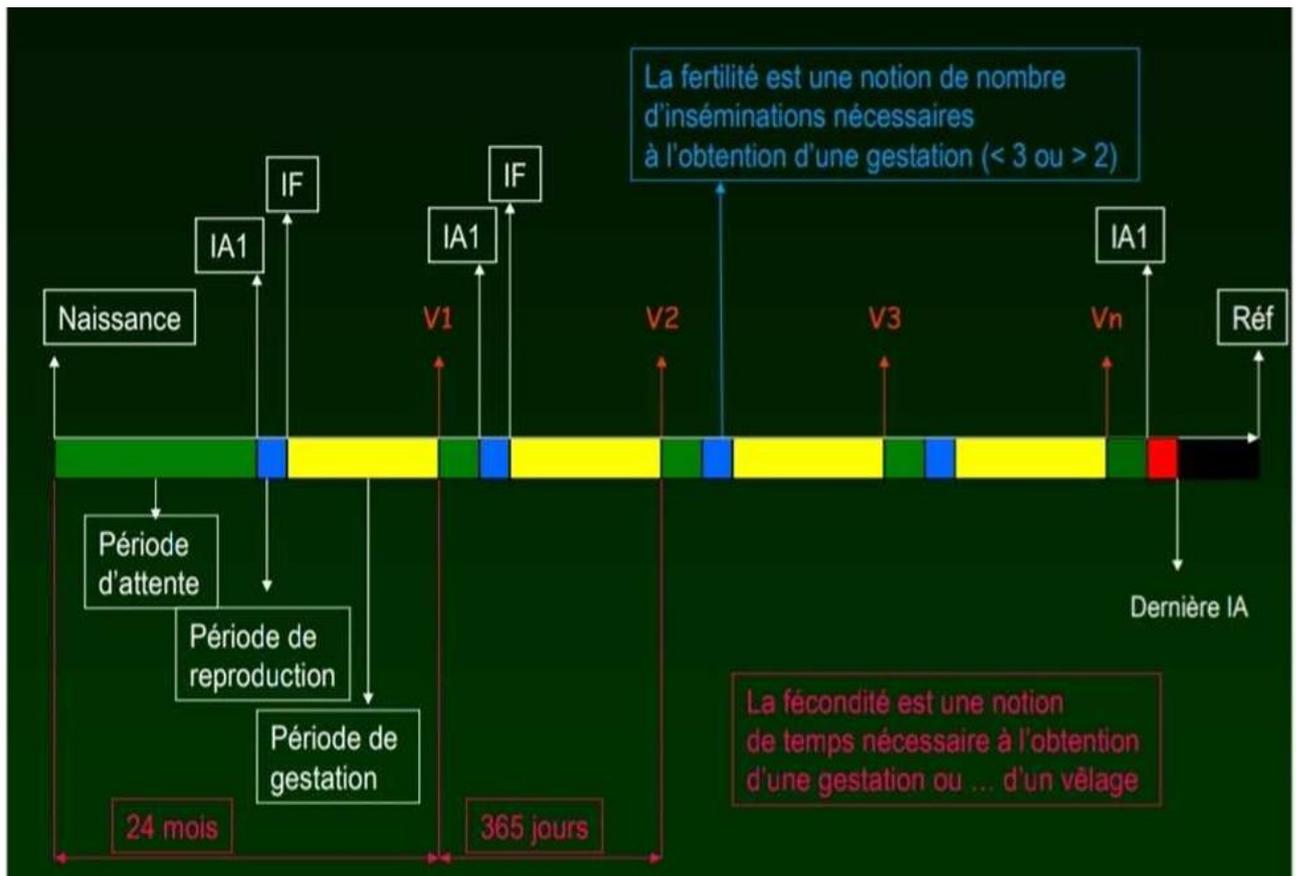
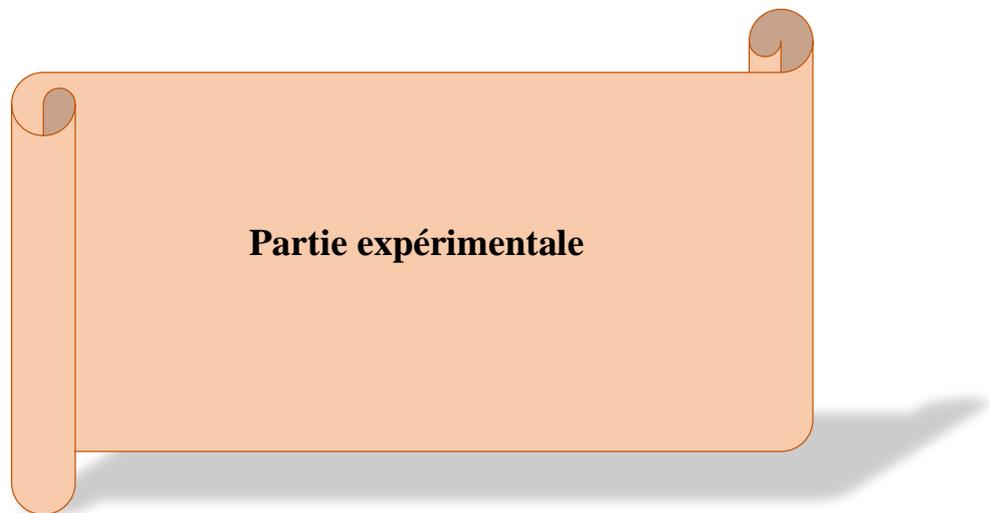


Figure 10: Notion de fécondité et de fertilité (126).



L'insémination artificielle est une technique largement utilisée en élevage, surtout ces dernières années. Cette méthode a considérablement amélioré les performances reproductives des animaux, en augmentant les chances de conception. Cependant les résultats de l'insémination artificielle ont un impact direct sur les paramètres de fertilité et de fécondité.

1. Objectif du travail

- ✓ Etablir un bilan de reproduction par la quantification des paramètres de fertilité et de fécondité.
- ✓ Etudier certains facteurs de risque responsables de l'échec de l'insémination artificielle.

2. Matériel et méthode

Notre travail a été réalisé au niveau d'un cabinet vétérinaire privé situé au niveau de la région de Tizi-Ouzou de la période allant de septembre 2023 jusqu'à juin 2024.

Notre étude est scindée en deux parties.

2.1. Première partie :

Il s'agit d'une étude rétrospective ayant pour objectif l'établissement d'un bilan de reproduction par la quantification des paramètres de fertilité et de fécondité.

188 vaches de différentes fermes dont 182 Montbéliarde et 6 Fleckvieh, ont fait l'objet de cette étude.

Les données ont été recueillies à partir d'un registre ou sont mentionnées toutes les inséminations artificielles, de la campagne 2022/2023. Elles ont été saisies, par la suite, et répertoriées sur un fichier Excel, et ont servi pour une étude descriptive par le calcul de la moyenne, valeur minimale et maximale ainsi que du standard de déviation.

2.1.1. Choix des paramètres de reproduction

2.1.1.1. Paramètres de fertilité

- Le taux de réussite à la première insémination (TRIA1).
- Le % des vaches nécessitant plus de trois inséminations
- L'indice de fertilité (IF).

2.1.1.2. Paramètres de fécondité

- L'intervalle entre deux vêlages successifs (IV-V).
- La période d'attente qui est l'intervalle entre le vêlage précédant et l'insémination artificielle première (IV-IA1).

- La période de reproduction qui correspond à l'intervalle entre la première insémination artificielle et l'insémination artificielle fécondante (IA1-IAF).
- L'intervalle entre le vêlage précédant et l'insémination fécondante IV-IAF.

2.2. Deuxième partie :

Cette étude a ciblé certains facteurs de risques qui influencent les résultats de l'IA.

2.2.1. Facteurs ciblés par cette étude :

- Troubles alimentaires (Bilan énergétique négatif, la cétose).
- Réponse au stress
- Défaut de détection des chaleurs
- Syndrome inflammatoire aigue

2.2.2. Matériels de prélèvements et du suivi de gestation :

- Tubes secs sous vide stériles de 5 ml avec gel séparateur pour prélèvements de sang.
- Cônes Eppendorf pour la conservation du sérum.
- Étiquettes pour l'identification des tubes et flacons.
- Centrifugeuse, gants, glacière, seringues.
- Glucomètre Freestyle Optium avec bandelettes pour les dosages de BHB et de Glucose.
- Echographe de marque DRAMINSKI (*iScan*), avec sonde linéaire de 7,5 Mhz.

2.2.3. Animaux :

Les animaux concernés par cette étude appartiennent à une ferme située au niveau de la région de fréha, dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Vingt (20) vaches de race Fleckvieh âgées de 04 ans, produisant en moyenne 22 litres de lait par jour, ont fait l'objet de cette étude. Les vaches reçoivent une alimentation de base composée de foin ordinaire et de l'ensilage de maïs, complémentée par un concentré pour vache laitière (VL 18) à raison de 8kg/jour/vache.

2.2.4. Prélèvement de sang

Chaque vache a été prélevée peu avant l'IA. Le sang a été recueilli à partir de la veine coccygienne dans des tubes sous vide de 5ml. Il a été refroidi immédiatement puis acheminé dans une glacière et centrifugé dans les deux à trois heures, à 3000t/min pendant 10 min. Le sérum est prélevé avec une micropipette et conditionné dans un Eppendorf de 2 ml et conservé à -20°C jusqu'au jour du dosage.

Le sérum a été utilisé pour la détermination des concentrations des indicateurs du statut énergétique (BHB, glycémie, cholestérol total), azoté (protéines totales), lipidique (triglycéride), du stress (cortisol), et de l'inflammation (protéines de phase aigüe : C-Reactive Protein ou CRP).

Hormis le glucose et les BHB, tous les métabolites ont été analysés dans un Laboratoire d'analyse biologique privé appartenant au « **Centre Médico Diagnostic Tizi-Santé Diag** » agréé sous le N° 346 / 2021, sis à Tizi-Rached, wilaya de Tizi-Ouzou.

Les dosages ont été déterminés par un procédé enzymatique sur un auto-analyseur (Cobas 6000, Roche Hitachi, Mannheim, Allemagne) en utilisant des kits commerciaux. Les coefficients de variation intra et inter-essai étaient <5% pour chaque essai.

2.2.5. Mesures de la progestérone

La progestérone a été quantifiée par ELISA (Elecsys 2010, Roche Diagnostics GmbH, Mannheim, Allemagne) en utilisant un kit ECL de progestérone humaine. Ces kits humains peuvent être utilisés pour mesurer la P4 dans le sérum bovin **(143)**.

Le dosage est fait le jour même de l'IA pour évaluer la fréquence des vaches inséminées à un moment non opportun par rapport aux chaleurs. La relance ovarienne et les profils de cyclicité ont été définis à partir des résultats des dosages de progestérone **(144)**, et nous avons considéré la valeur de 0.5ng/ml comme un taux basal chez la vache laitière. Les données ont été dichotomisées en utilisant un seuil de 1 ng / ml pour indiquer **(145)**. Nous avons considéré comme valeurs basses, toute progestéronémie inférieure à 1ng/ml, synonyme de vache en phase œstrale, et comme valeur haute (h) toutes progestéronémie supérieure à 1 ng/ml témoin d'une activité lutéale

2.2.6. Mesure des métabolites

La concentration de BHB dans le sérum a été mesurée à l'aide d'un dispositif portatif (Freestyl-Optium). La sensibilité et la spécificité de cet appareil chez les bovins est de 85 à 90% et de 94 à 98% respectivement **(147)**. Pour utiliser cet appareil, un calibrage doit être réalisé avant chaque série d'expérience. Il suffit de déposer une goutte de sang veineux au bout de la bandelette. La quantité de sang nécessaire est de 1,5 µL et le résultat est obtenu en 10 secondes.

La concentration en glucose a été obtenue par le même dispositif, avec le même principe, mais avec des bandelettes conçues spécialement pour la glycémie des ruminants. Les valeurs usuelles se situent entre 0.45 et 0,75 g/l **(148)**.

Les vaches ont été considérées comme ayant une concentration élevée en BHB si la concentration est $>0.6\text{mmol/l}$ (hyper acétonémie), lorsque les concentrations sont $>1.2\text{mmol/l}$ les vaches sont considérées en cétose subclinique. **(149), (150)**.

Les valeurs usuelles des autres métabolites sont de 0,8 à 1,2 g/l pour le cholestérol total **(148)**. Les valeurs retenues pour la CRP sont de 10-30 mg/l **(151, 152)** et le cortisol sont de 2,44 à 6,88 ng/ml **(153 ; 154)**. De 65 à 80 g/l pour les protéines totales **(155)**. Un taux moyen de triglycérides sériques de 0,15 à 0,45 g/L est considéré comme valeur de référence chez les vaches laitières **(156)**.

Les données des différents métabolites ont été répertoriées dans un fichier Excel afin des calculer les fréquences des animaux ayants des concentrations élevées ou basses par rapport aux valeurs de références.

3. Résultats et discussion

3.1. Première partie

3.1.1. Paramètre de fertilité

Le tableau ci-dessous illustre les résultats des paramètres de fertilité ainsi que les valeurs de références **(36)**.

Tableau 2 : Paramètres de fertilité

Paramètre	Fréquence	Pourcentage	Objectif
TRIA1	60	31,9%	$\geq 60\%$
TRIA2	32	17%	/
TRIA3	96	51%	$< 15\%$
IF	2,7		1,7

Nous avons enregistré un TRIA1 de 31,9% avec un pourcentage de vaches nécessitant plus de 03 IA de 51% et un IF de 2,7.

- **Taux de réussite à la première insémination (TRIA1) :**

Le résultat obtenu dans notre étude est éloigné de la norme (60 %) ; Il se rapproche d'une étude antérieure qui a rapporté un taux de 33,3 % (158). Il est supérieur aux résultats de plusieurs auteurs (159) ; (160) ; (112) ; (161) ; (122), qui ont enregistré des taux respectifs de 28,95 %, 23,05%, 18,60%, 25% et de 25,81%. Il est par contre inférieure aux

résultats obtenus par (162) (158), (163), (164) et (165), qui sont respectivement de 53,20%, 42,5%, 48,65%, 41,1%, et 67,4%.

- **Pourcentage de vaches nécessitant plus de trois IA :**

Ce résultat dépasse largement les normes. Il est supérieur aux résultats rapportés par plusieurs auteurs à l'instar de (164) et (158) qui ont rapporté des taux respectifs de 39,3% et 35%. Dans l'étude de (166), les taux varient entre 40 et 45%. Des taux de 23,68%, 42,86% et 30,77% et 42,96% ont été rapportés dans différentes études d'un auteur algérien sur plusieurs compagnes (6). IF de

- **Indice de fertilité**

Notre résultat pour ce paramètre (2,67), est supérieur à la norme. Il se rapproche du résultat d'une étude antérieure(167) qui a rapporté une valeur de 2.64. Il est meilleur par rapport à ceux rapporté par plusieurs auteurs à l'instar de (6) 2,05, 2,12 et 2.15 (une étude portée sur 03 compagnes), et(164) (2,27).

Nos résultats restent éloignés des normes standards ; le cheptel de la ferme est infertile ce qui confirme la détérioration des performances de reproduction.

3.1.2. Paramètre de fécondité

Les résultats sont illustrés dans tableau 4. Nous avons enregistré un IVV de $423 \pm 61,92$ jours avec une valeur maximale de 583 jours et une valeur minimale de 337 jours. La PA est de $102 \pm 39,63$ jours avec une valeur maximale de 229 jours et valeur minimale de 42 jours, alors que la PR est de $43 \pm 41,32$ jours avec une valeur maximale de 212 jours et valeur minimal nulle. A partir de cette lecture, nous déduisons que l'allongement de l'IVV est imputable à l'allongement de la PA et de la PR.

L'écart entre deux vêlages (IVV) et celui entre le vêlage et l'insémination fécondante (IV-IAf) permettent d'exprimer et de quantifier la fécondité d'un élevage **(157)**.

Tableau 3 : Paramètre de fécondité

Paramètres (jours)	Min	Moyenne	Max	ET
IV-V	337	423	583	61,92
IV-IA1 (PA)	42	102	229	39,63
IA1-IAF (PR)	0	43	212	41,32
IV-IAF	56	144	292	60,79

- **IVV**

L'intervalle vêlage – vêlage (IVV) est la notion la plus pratique pour étudier la fécondité d'une vache ou d'un élevage. L'IVV optimum est difficile à définir clairement ; il dépend de la productivité du troupeau, et de l'objectif de l'éleveur. En effet, certains éleveurs ne sont pas contre l'idée de mettre une vache plus tardivement à la reproduction si sa production laitière reste suffisante plusieurs mois après le vêlage. Pour (157), avoir un IVV inférieur à 400 jours est un bon objectif, cependant, obtenir un IVV inférieur ou égal à 390 jours serait plus rentable pour l'élevage (168).

L'IV-V moyen retrouvé dans cette étude est de 423 jours avec une valeur maximale de 583 jours et minimale de 337 jours. Il corrobore à celui enregistré par (168), avec une valeur de 422 jours. Il est meilleur à ceux rapporté par (6), (164), (122) avec des moyennes respectives de 464 jours, 461 jours, et 470 jours. Il se rapproche de celui enregistré dans l'étude de (167) et (161), avec des valeurs respectives de 428 jours et 430 jours.

- **IV-IA1 (PA)**

L'objectif est d'obtenir un IVIA1 inférieur à 70 jours. L'IVIA1 dépend du retour de la cyclicité en postpartum. L'IV-IA1 retrouvé dans cette étude est de 102 qui est supérieur à l'objectif avec un seuil maximal de 229 jours et minimal de 42 jours. Il est inférieur aux résultats de (169) et (163), qui ont rapporté des valeurs moyennes respectives de 116 jours et 126,17 jours. Ils par contre supérieur à ceux de (6),(112), (161), (122), (168), qui sont respectivement 88 jours, 68 jours, , 58 jours, 92 jours et 89 jours.

Selon une étude, un taux de 32% des éleveurs inséminent leurs vaches au-delà de 90 post-partum (VWP) (170).

- **IA1-IAf (PR)**

L'IA1-IAf optimal est de 30 jours (212). Dans cette étude l'intervalle est d'une moyenne de 43 jours avec une valeur maximale de 212 jours et minimale de 0 jours. Il est supérieur à l'intervalle retrouvé par(165) qui est de 38,5 jours. En revanche, il est nettement inférieur, à ceux enregistrés par des études effectuées sur 03 compagnes successives (6), et qui ont rapporté des intervalles de 86, 95 et 92 jours, et une étude (161) qui a enregistré une valeur de 69jours.

L'allongement de la période de reproduction est imputable aux échecs de l'insémination artificielle. Les facteurs de risque sont multiples ; certains sont liés à la gestion et à la conduite de l'élevage et d'autres sont liés à l'animal (Les infections, méconnaissance des pratiques de détection des chaleurs, non maîtrise de l'IA, les carences et les excès alimentaire).

- **IV-IAF**

L'IV-IAf optimal se situe entre 50 et 85 jours pour les élevages laitiers (157). L'IV-IAF représente le premier critère à prendre en compte pour une bonne rentabilité économique puisqu'il est corrélé positivement avec l'IVV.

Dans notre étude l'IV-IAF est de 144 jours, avec une valeur maximale de 292 jours et une valeur minimale de 56 jours. Cet intervalle constaté est inférieur à celui rapporté par(164), (122) qui sont de 185 jours et 186 jours. Ainsi que par ceux enregistrés dans les études de(163), (112), et (161) qui sont respectivement de 166,6 jours, 157,5 jours et enfin de 148 jours. Il est aussi inférieur à celui de (165) qui est de 176 jours. Au Maroc (région de Tadla), (162), (171) ont rapporté un intervalle moyen respectivement de 119 jours, 136,3 jours. Des études antérieures (172), (168) ont rapporté des résultats meilleurs avec des intervalles respectifs de 109,9 jours et 110 jours.

Le nombre des vaches inséminées, la conduite alimentaire et la qualité de détection des chaleurs peuvent expliquées ce désaccords entre les études. Plusieurs facteurs sont responsables de l'allongement de ce paramètre. D'après certains auteurs, ceci est imputable à la production laitière, à la parité, au bilan énergétique négatif et à l'augmentation des maladies du post partum avec l'âge.

❖ Conclusion :

Après avoir analysé les résultats de cette étude, il est apparu que les performances de reproduction sont insatisfaisantes avec des problèmes d'infertilité et d'infécondité. Cela, sûrement, a des conséquences néfastes sur la rentabilité et la durabilité de l'élevage.

L'IV-V qui vise à obtenir un veau / vache/ an n'a pas été atteint. Ce retard est lié à l'augmentation de la période de reproduction causé par les échecs répétés des inséminations.

La détérioration des paramètres de reproduction et leurs éloignements des normes standards pourraient être expliqués par :

- Le manque de maîtrise de l'insémination artificielle et les erreurs de la détection des chaleurs, à l'origine des Insémination au moment non opportun
- Des maladies subcliniques non diagnostiquées et certaines pathologies cliniques
- Des troubles métaboliques et immunitaires.
- Des pratiques de gestion inadaptées et des conditions environnementales défavorables

3.2. Deuxième partie :

3.2.1. Résultats des analyses biochimiques

Les résultats des concentrations des métabolites ainsi que leurs distributions en fréquences et pourcentages sont illustrés dans les tableaux 5 et 6.

Tableau 4 : Résultats des analyses biochimiques

Paramètres N° vache	Gly g/l	BHB mmol/l	Cortisol ng/ml	P4 ng/ml	CRP mg/l	PT g/l	Chol g/l	TRG g/l	DG
1	0,61	0,4	1,56	0,11	0,1	73,13	1,85	0,25	+
2	0,58	0,5	0,06	0,06	0,05	53,48	0,77	0,37	+
3	0,56	0,3	3,23	0,55	1,12	58,35	0,72	0,37	+
4	0,66	0,4	2,54	1,15	0,95	69,8	1,02	0,68	-
5	0,42	1,5	10,42	0,53	12,42	63,24	0,84	0,47	-
6	0,75	0,3	1,12	0,42	5,65	53,95	0,85	0,14	+
7	0,66	0,3	0,95	0,33	11,99	59,72	0,86	0,36	+
8	0,43	0,8	2,42	0,65	9,08	53,96	1,17	0,74	+
9	0,45	0,4	5,65	0,35	6,09	57,67	0,95	0,52	+
10	0,54	0,3	1,99	1,45	10,18	56,77	0,93	0,81	-
11	0,49	1	8,08	1,34	15,99	59,01	0,86	0,55	-
12	0,43	0,4	2,09	0,57	72,67	58,57	0,87	0,45	-
13	0,56	1,2	7,18	0,35	2,4	60,65	0,92	0,53	-
14	0,63	0,6	5,99	0,45	1,05	66,46	0,73	0,56	-
15	0,41	1,2	2,67	0,33	1,12	72,7	0,79	0,3	-
16	0,48	0,7	17,84	2,05	45,95	60,63	0,89	0,13	-
17	0,56	0,5	4,54	0,08	2,42	58,99	1,02	0,16	+
18	0,66	0,9	2,8	0,15	68,65	71,22	0,63	0,22	-
19	0,43	0,7	2,04	0,25	10,15	59,61	0,64	0,39	+
20	0,41	1,4	3,64	0,35	1,25	61,23	0,62	0,19	-

Tableau 5 : Distribution des fréquences et des pourcentages des vaches selon les concentrations des métabolites sanguins

Paramètres	Hyper		Normal		Hypo	
	F	%	F	%	F	%
GLY (g/l)	0	0	14	70	6	30
BHB (mmol/l)	9	45	11	55	/	/
Cortisol (ng/ml)	4	20	16	80	/	/
P4 (ng/ml)	4	20	16	80	/	/
CRP (mg/l)	3	15	17	85	/	/
PT (g/l)	0	0	5	25	15	75
Cholestérol (g/l)	1	5	12	60	7	35
TRG (g/l)	7	40	11	50	2	10

➤ **Balance énergétique (Glycémie cholestérol et BHB) :**

Chez les bovins, la glycémie normale est située entre 0,45 g/l et 0,75 g/l. Nos résultats sont dans les limites des valeurs usuelles.

La pertinence de la glycémie comme indicateur de déficit énergétique reste limitée. Bien que le glucose joue un rôle central dans le métabolisme des bovins, c'est un paramètre faiblement informatif dans le suivi et l'investigation des problèmes de troupeau (173, 174). Il y a de plus une grande variabilité individuelle dans la corrélation glycémie/bilan énergétique, et la corrélation entre ces 2 paramètres n'est pas systématiquement significative. La mesure de ce paramètre reste un mauvais indicateur du statut énergétique chez les bovins car les variations journalières de la glycémie sont grandes (stress, postprandiales) (175). La glycémie est considérée fréquemment comme un indicateur du statut énergétique. Elle n'est, cependant, interprétable que si le niveau azoté est suffisant ; cela correspond à une urémie supérieure à 0.30g/l pour les vaches en fin de gestation et en début de lactation. La production d'urée demande énormément d'énergie pour pouvoir transformer par le foie en urée, l'ammoniac absorbé par la

muqueuse ruminale (190). Il existe une relation entre le métabolisme des glucides et des protéines dans la période du post-partum, on enregistre une augmentation de la gluconéogenèse hépatique à partir du propionate, les acides aminés, le glycérol et le lactate, pour répondre à l'exigence de la glande mammaire en glucose (191).

Un taux moyen de cholestérol total sérique de $0,8 \pm 1,2$ g/L est considéré comme valeur standard chez les vaches laitières. Dans cette étude 60% des vaches ont une valeur normale et 35% de vache en hypocholestérolémie. La mesure du taux de cholestérol dans le sang peut être utilisée comme une indirecte mesure de la fonction du foie lors la production des protéines de faibles densités, donc une autre méthode pour surveiller la santé animale et le bien être lorsqu'il est utilisé comme outil supplémentaire dans le cadre d'un examen approfondi globale(185). Plusieurs études ont constaté que des problèmes de fertilité étaient associés à des concentrations élevées de cholestérol. Selon Ahmad et al (2004) les taux de cholestérol sérique sont plus élevés chez les vaches souffrant d'endométrite.

La concentration de BHB circulant est un bio marqueur du risque de cétose et du déficit énergétique en début de lactation ; elle est liée à la mobilisation du tissu gras et reflète ainsi le niveau d'adaptation à un bilan énergétique négatif en évaluant la qualité de l'oxydation des acides gras dans le foie. (176, 177). Dans le sang, le β -hydroxybutyrate est le seul corps cétonique dosable en routine en élevage laitier compte tenu de sa stabilité post-prélèvement (178 ; 179). La valeur seuil généralement utilisée chez la vache laitière pour détecter une acétonémie est de 1,2 mmol/l (178,179). A l'échelle du troupeau, on considère qu'il existe un problème de cétose subclinique si plus de 10 % des femelles sont au-dessus du seuil. (180,174).

Au sein de la population étudiée on a constaté que : 9 vaches sur 20 soit un taux de 45% dont 4 vaches sur les 9 sont en cétose subclinique avec des valeurs allant de 1,2 mmol/l jusqu'à 1,5mmol/l, Les 11 vaches restantes soit un taux de 55% ont un taux normal allant de 0,4 mmol/l jusqu'à 0,6 mmol/l.

Plusieurs études ont rapporté qu'un taux élevé en BHB et AGNE peut affecter le fonctionnement des cellules folliculaires (193), la maturation des ovocytes (194; 195), le fonctionnement lutéal (196;197), et le développement embryonnaire précoce (194;198). L'état du déficit énergétique accompagnant la cétose conduit à une diminution de la fréquence des pulses de GnRH car le rétrocontrôle exercé par l'œstradiol sur l'hypothalamus est perturbé. Ceci entraîne une diminution de la sécrétion de LH,

provoquant une diminution de la vitesse de croissance folliculaire pouvant conduire à une anovulation et donc une période d'anœstrus (199).

➤ **Cortisol**

Nous remarquons à partir du tableau, qu'on a 4 vaches sur 20 (20%) qui ont une cortisolémie supérieure par rapport à la norme admise (2,44 à 6,88 ng/ml). Le cortisol est sous l'influence de l'hormone de stress ACTH, est son augmentation est le reflet d'un stress. Un fort taux plasmatique de cortisol altère la concentration plasmatique pro-œstrale d'œstradiol 17β , ce qui affecte l'expression de l'œstrus de plus elle peut retarder ou bloquer la décharge cyclique ovulante de LH ce qui va accentuer la fréquence des échecs de l'insémination artificielle.(200) ont étudié les mécanismes à l'origine d'un défaut de fertilité chez des vaches laitières. Cette étude fait suite à l'observation que certaines pathologies, telles qu'une hypocalcémie post-partum, un kyste ovarien, une mammite ou une boiterie, entraînaient une dépréciation des paramètres de fertilité : allongement de 6 à 15 jours de l'intervalle vêlage-1ère IA, de 12 à 80 jours de l'intervalle vêlage-IA fécondante et une augmentation de 0,5 à 1,9 IA nécessaires pour obtenir une gestation. Ils suggèrent que le stress réduit la fertilité parce qu'il interfère avec la synchronisation des événements présidant à l'ovulation à savoir la sécrétion pulsatile de GnRH et le pic de LH. (201) soulignent le rétrocontrôle négatif qu'exerce l'axe corticotrope sur l'axe hypothalamo-hypophyso-gonadique. Le stress aurait comme conséquence d'inhiber la fonction reproductrice en supprimant la sécrétion de gonadotrophines.

➤ **P4**

Sécrétée par le corps jaune, elle exerce une rétroaction négative tant sur l'hypothalamus que sur l'hypophyse, ce qui entraîne une diminution du taux de LH, interdisant ainsi l'ovulation. La lyse de corps jaune, causé par la PGF 2α induit une diminution de la progestéronémie **(184)**. La progestéronémie péri-œstrale est très faible : inférieure à 1 ng/ml **(182 ; 181)**. D'après les résultats de notre étude, 20% des vaches ont été inséminées en phase lutéale. Ce résultat est supérieur à celui rapporté par (202) en Tunisie qui est de 17,2% (n = 46) ; une étude entreprise dans le cadre d'un suivi des résultats de l'IA faite sur un effectif de 286 vaches. Il est aussi supérieur à celui de(203) qui est de 4,5%Selon l'étude de(204), en moyenne 6,8 % des femelles ont été inséminées en dehors de la période d'ovulation. La proportion des femelles inséminées au mauvais moment a été significativement influencée par l'élevage (de 1 à 19 % selon les

élevages) et par les modalités de détection. Lorsque la détection des chaleurs a été confirmée par plusieurs signes, seules 4,9 % des femelles ont été inséminées en dehors de la période d'ovulation, alors que la détection d'un seul signe non spécifique différent du chevauchement a conduit à inséminer 10 % des femelles en phase lutéale. Selon(124), il est recommandé de respecter un intervalle moyen de 12 heures entre la détection des chaleurs et l'insémination.

D'après(205), 50% des chaleurs ne sont pas détectées dans les élevages, 5 à 20% des vaches sont inséminées en phase lutéale ou en début de gestation du fait de la mauvaise détection de celle-ci. Cet auteur rapporte qu'une partie de ces mauvais résultats vient souvent du facteur humain vu l'insuffisance du temps consacré par l'éleveur pour l'observation des chaleurs, accentué par l'augmentation de la taille du cheptel.

Dans l'étude de(206), les fermes étudiées inséminent sur chaleurs naturelles. La détection se fait de façon occasionnelle dans 52% des cas. La durée d'observation est d'environ 10 minutes dans 52% des cas, et seulement de 20 minutes pour 18 %. Cette observation se fait essentiellement dans les pâturages (41%) et les étables (31%), et à moindre degré au niveau des aires d'exercice. Selon (170), la détection des chaleurs demeure un problème majeur dans les élevages bovins algériens dont l'une des raisons est le manque de formation des éleveurs à l'identification des signes caractéristiques de l'œstrus.

D'après(207), la méconnaissance des signes réels des chaleurs et de leurs importances montre une irrationalité de la conduite d'élevage de nos exploitations. La pratique des détections des chaleurs se fait de manière accidentelle et aléatoire basées sur la présence de glaire et le chevauchement. (207; 170).

➤ CRP

La valeur de références utilisée pour la CRP est comprise entre 10 et 30 mg/l. Dans nos conditions expérimentales, on constate qu'il y'a 3 vaches ayant une valeur de CRP supérieur aux normes allant de 45,95 jusqu'à 72,67 mg/l. Cela signifie la présence d'une inflammation qui peut être une cause de l'échec de l'IA.

Plusieurs études ont rapporté l'importance du fibrinogène, de l'haptoglobine et de la CRP en tant que paramètres biochimiques utiles pour évaluer l'incidence et la gravité des réactions inflammatoires chez les espèces bovines (208;209). La CRP s'est également avérée être à la fois un marqueur utile pour évaluer l'état de santé d'un troupeau et un

paramètre pour évaluer les niveaux de stress individuels. Elle peut être utile dans la surveillance précoce de la réticulite péricardite traumatique ou RPT (152), ainsi que pour accomplir une fonction importante contre l'infection et le contrôle de la réponse inflammatoire (210). L'étude de (211), portant sur les différentes étiologies des boiteries a rapporté des augmentations de la CRP. La comparaison des animaux boiteux et ceux en bonne santé a révélé une différence très hautement significative.

Ceci suggère la possibilité d'utiliser la CRP comme prédicteur d'inflammation dans la gestion et la surveillance de maladies cliniques et le dépistage maladies subcliniques. D'après(152), la CRP est un marqueur ou un outil pour évaluer l'état de santé d'un troupeau,et devrait également être considérée comme un critère utile pour évaluer les niveaux de stress et pourrait être utile dans la surveillance des conditions pathologiques dans un troupeau laitier.

➤ **PT**

Les valeurs de protéines totales au cours du postpartum varient de 65 à 80 g/l, les résultats de cette étude montre que 15 vaches sur 20 (75%) ont des valeurs inférieures au seuil basal. La concentration des protéines plasmatiques diminue physiologiquement dans le mois précédant le vêlage, puis augmente au cours des 3 premiers mois de lactation. Les variations des concentrations sériques peuvent être affectées par des carences nutritionnelles, une malabsorption intestinale, une insuffisance hépatique, de parasitisme ou lors de processus inflammatoires.

➤ **TRG**

Au sein de la population étudiée on a trouvé : 7 vaches (40%) ont une valeur qui dépasse le seuil usuel, 11 vaches (50%) ayant des valeurs normales et les 2 vaches restantes (10%) possèdent une valeur inférieure à la référence.

La diminution des triglycérides en début de lactation pourrait être due à une augmentation de leur mobilisation par la glande mammaire **(186)**. Le faible taux plasmatique des triglycérides, durant le pré-partum, pourrait être lié soit à un bilan énergétique négatif qui provoque une diminution de la synthèse des triglycérides à cause d'un manque en glycérol **(187)** ; soit à l'utilisation accrue de ce dernier comme une source énergétique par les tissus périphériques **(188)** La diminution de la triglycéridémie pourrait être due également à l'augmentation de la résistance tissulaire à l'action de l'insuline **(189)**.

3.2.2. Conclusion et recommandations

La présente étude a permis d'évaluer certains paramètres métaboliques influençant la réussite de l'insémination artificielle chez un groupe de vaches laitières, malgré la difficulté d'interprétation des résultats par rapport aux valeurs de références qui diffèrent d'un auteur à un autre. En effet, la glycémie seule ne semble pas être un indicateur fiable du statut énergétique global des vaches, en raison de sa variabilité quotidienne importante. Par contre, les concentrations élevées de BHB, indiquant un risque accru de cétose subclinique, qui reflète une mobilisation excessive des réserves lipidiques et souligne l'importance de surveiller attentivement ce biomarqueur pour prévenir les complications liées au déficit énergétique en début de lactation. En outre, les valeurs élevées en cortisolémie, suggèrent une réponse au stress chronique, cette condition peut avoir des implications négatives sur la reproduction, notamment en affectant la régularité des cycles ovulatoires et en augmentant les échecs d'insémination artificielle. On remarque aussi que les vaches qui ont présenté des niveaux de progestéronémie supérieur à 1 ng/l n'ont pas eu de gestation cela signifie que l'insémination était faite au moment non opportun.

Des valeurs élevées de CRP chez certaines vaches indiquent la présence d'une inflammation, potentiellement liée à des problèmes de santé ou à des conditions environnementales stressantes, ce qui pourrait influencer négativement la fertilité et le succès de l'insémination.

Une majorité écrasante de vaches (75%) présente des niveaux de protéines totales inférieurs à la normale, ce qui pourrait résulter de divers facteurs incluant des déficits nutritionnels ou des conditions inflammatoires, nécessitant une gestion attentive de la santé alimentaire et générale du troupeau. De plus, les taux de cholestérol et de triglycérides montrent une distribution variée parmi les vaches, avec certaines présentant des niveaux en dehors des plages normales. Ces biomarqueurs peuvent refléter des aspects de la santé métabolique, y compris la fonction hépatique et l'équilibre énergétique, nécessitant une évaluation continue et une gestion appropriée.

En conclusion, pour maximiser les chances de réussite de l'insémination artificielle il est recommandé de :

- ✓ Diagnostiquer les chaleurs en observant le comportement des vaches.
- ✓ Assurer la maîtrise de l'insémination artificielle.

- ✓ Effectuer un examen rectal accompagné du dosage de la progestérone pour évaluer la reprise ovarienne et déterminer la cyclicité.
- ✓ Réaliser des examens échographiques pour évaluer la reprise de cyclicité, l'involution utérine et diagnostiquer d'éventuelles pathologies.
- ✓ Procéder à un examen approfondi de toute vache ne revenant pas en chaleurs après 60 jours post-partum.
- ✓ Intervenir sur toute vache présentant des pathologies post-partum.
- ✓ Surveiller régulièrement la santé métabolique et reproductive des vaches laitières, en tenant compte des multiples facteurs influençant leur bien-être et leur performance.
- ✓ Intégrer une approche incluant une bonne gestion d'élevage, qui englobe l'hygiène, la nutrition, et la reproduction.
- ✓ Gestion du stress pour maintenir la productivité et la santé du troupeau à long terme.

Références bibliographiques

- 1 Lucy MC. Reproductive loss high-producing. Dairy cattle. Where will it end? J Dairy Sci. 2001;84 (6):1277-1293
- 2 St-Pierre A. L'insémination artificielle : un outil de taille pour améliorer le progrès génétique. Québec ; 2015:55.
- 3 Vishwanath R. Artificial insemination: the state of the art. Theriogenology. 2003;P: 571-584
- 4 Hanzen C. Le point vétérinaire / Reproduction des ruminants : maîtrise des cycles et pathologies. 2005 ; P:84.
- 5 Ghozlane MK, Atia A, Miles et Khellef D. L'insémination Artificielle en Algérie : étude de quelques facteurs d'influence chez la vache laitière. Livestock Research for Rural Development. 2010;22(Article#28). Available from: <http://www.lrrd.org/lrrd22/2/ghoz22028.htm>. Accessed June 20, 2024.
- 6 Bouzebda F, Guellati MA, Grain F. Évaluation des paramètres de la gestion de la reproduction dans un élevage du nord est algérien. Sciences et Technologie C. 2006;N°24:13-16.
- 7 Pierre. L'insémination artificielle pour augmenter la production du lait. Agri Digitale. 2013. Available from:
- 8 Descôteaux L, Picard-Hagen N, Vailancourt D. Vade-Mecum de gestion de la repro • Druillennec C. Premiers résultats de l'insémination artificielle par voie vaginale avec l'Alpha Vision chez la vache laitière. ONIRIS-École Nationale Vétérinaire de Nantes. 24 octobre 2022; P:24, 31-32.
- 9 Hanzen C. Histo-anatomy, physiology, semiology, propedeutics (including echography) and postpartum pathologies of the reproduction in the cow. [Internet]. 2015. Available from: <https://hdl.handle.net/2268/187905>
- 10 Peucelle A. Avantages et inconvénients de l'IA et des taureaux de monte naturelle. Web-agri.fr. August 25, 2021. Available from: <https://www.web-agri.fr/reproduction/article/180617/avantages-et-i-ncovenients-de-l-ia-et-des-taureaux-de-monte-naturelle#comment..>
- 11 Ahmed. L'effet de l'insémination artificielle sur la production laitière. Thèse de fin d'étude Maroc. 2002.
- 12 Michael A, Wattiaux. Système du bétail laitier reproducteur et sélection génétique. L'institut Bab Cook pour la recherche et le développement international du secteur laitier. 1995.
- 13 INRA. Pratique de l'alimentation des bovins, nouvelles recommandations alimentaires de l'ANRQ. Deuxième édition. 1984;P:160-170.
- 14 INRAP. La reproduction des animaux domestiques : le cycle sexuel, maîtrise de la reproduction. 1981

- 15 Haskouri H. Insemination artificielle et détection des chaleurs. In: Gestion de la reproduction chez la vache. [Internet]. 2001. Available from: <http://www.iav.ac.ma/veto/filveto/guides/repro/students/haskouri.pdf> (Accessed 9 May 2008).
- 16 Hanzen C. Cours d'insémination artificielle chez les ruminants. Faculté de Médecine Vétérinaire, Université de Liège. 2010 ; P:4-6.
- 17 Parez M, Duplin JM, editors. Insemination artificielle bovine, reproduction et amélioration génétique. ITEB VNCIA; 1987.
- 18 Meyer C. La reproduction des bovins en zone tropicale (le cas des taurins N'dama et baoulé), cours de DESS de production animales en régions chaudes. 2ème édition. CIRAD-EMVT. 1998.
- 19 Wattiaux MA. Gestion de la reproduction de l'élevage. Inst. Babcock, Université du Wisconsin. 1996:120-126
- 20 PNTTA, Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture. Bulletin mensuel N° 65. L'insémination artificielle des bovins une biotechnologie au service des éleveurs (Maroc). 2000. p. 1.
- 21 Hamdani A. Analyse des paramètres de la reproduction chez les bovins laitiers dans la daïra de Ghriss Wilaya de Mascara. Mémoire de master, Université Abel Hamid Ibn Badis en Algérie. 2018;P:45.
- 22 Hanzen C. Cours d'obstétrique et pathologie de la reproduction « Bovin, équidé, et porc ». Faculté de Médecine Vétérinaire, Université de Liège. 2004.
- 23 Mohamed. Enquete preliminaire sur la pratique de l'insemination artificielle bovine en Algerie. 2010
- 24 Orihuela A. Some factors affecting the behavioural manifestation of oestrus in cattle. Appl Anim Behav Sci. 2000;66(1-2):1-16.
- 25 Santos JEP, Rutigliano HM, Filho MF. Risk Factors for resumption of postpartum estros cycles and embryonic survival in lactating dairy cows. Anim Reprod Sci. 2009;207-221.
- 26 Weigel KA, Rekaya R. Genetic parameters for reproductive traits of Holstein cattle in California and Minnesota. Dairy Sci. 2000;1072-1080
- 27 Miglior F, et al. A-100 years review. Identification and genetic selection of economically important traits in dairy cattle. J Dairy Sci. 2017;102(12):10251-1629.
- 28 Boichard D. Bilan phénotypique de la fertilité chez les bovins laitier. INRA Prod Ani. 2002.
- 29 Hatungumukama G, Leroy P, Detilleux J. Effects of Non-Genetic Factors on Daily Milk Yield of Friesian Cows in Mahwa Station (South Burundi). Revue Elev. Méd.vét. Pays trop. 2008;61(1):45-49.
- 30 Balberini L, Cutullic E, Delaby L. Les performances de reproduction des vaches laitières Holstein et Normande face à deux stratégies d'alimentation différent selon les étapes du cycle de reproduction. ISARA-Lyon Rennes. Septembre 2012:9.
- 31 Lopez Gatiús E, Santolaria P, Yaniz JL, Garbayo JM. Effects of body condition score change on the reproductive performance of dairy cows: A Meta-analysis. Theriogenology. 2003;P:801-812.

- 32 Roche JR, et al. Associations among body condition score, body weight, and reproductive performance in seasonal-calving dairy cattle. *J Dairy Sci.* 2007;5682-5697
- 33 Montiel-Olguin LJ, et al. Body condition score and Milk production on conception rate of cows under a small-scale dairy system in southwestern Japan. *Animals.* 2019;9(10):800-810.
- 34 Agridea. L'alpha et l'oméga pour la phase de démarrage. [Internet]. 2010. Available from: <http://www.granovit.ch>
- 35 Pryce JE, Royal MD, Garnsworthy PC, Mao IL. Fertility in the high-producing dairy Cow. *Livestock Prod Sci.* 2004;125-135.
- 36 Hanzen C. Étude des facteurs de risque de l'infertilité et des pathologies puerpérales et du postpartum chez la vache laitière et la vache viandeuse. Thèse présentée en vue de l'obtention du grade d'Agrégé de l'Enseignement Supérieur, Université de Liège; 1994. P: 172.
- 37 Melendez P, Pinedo P. The association between reproductive performance and Milk Yield in Chilean Holstein cattle. *J Dairy Sci.* 2007;184-192.
- 38 Grimard B, Freret S, Chevallier A, Pinto A, Ponsart C, et al. Genetic and Environmental factors influencing first service conception rate and late embryonic/fetal mortality in low fertility dairy herds. *Anim Reprod Sci.* 2006;P:31-44.
- 39 Miedema HM, Cockram MS, Macrae AL, Dawyer CM. Changes in behaviours of dairy cows during the 24h before normal calving compared with behaviour during late pregnancy. 2011.
- 40 Opsomer G, Gröhn Y, Herlt J, Coryn M, Deluyker H, De Kruif A. Risk Factors for post partum ovarian dysfunction in high producing dairy cows in Belgium: a Field study. *Theriogenology.* 2000;53(1):1-16.
- 41 Noakes DE. *Arthur's Veterinary Reproduction and Obstetrics.* 8th ed. London: W.B. Saunders; 2001.
- 42 Bogado Pascottini O, Probo M, Leblanc SJ, Opsomer G, Hostens M. Assessment of associations between transition diseases and reproductive performance of dairy cows using survival analysis and decision tree algorithms. *Preventive Veterinary Medicine.* 2020;176:104908. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2020.104908.
- 43 Sawa A, Bogucki M, Głowska M. Effect of single and multiple pregnancies on performance of primiparous and multiparous cows. *Arch Anim Breed.* 2015;58(1):43-48. doi:10.5194/aab-58-43-2015
- 44 Çobanoğlu Ö. Twinning in Cattle: Desirable or Undesirable? *Journal of Biological and Environmental Sciences* [en ligne]. 2010;4(10):1-8. Disponible à l'adresse : <https://www.semanticscholar.org/paper/Twinning-in-cattle%3A-desirable-or-undesirable-%C3%87obano%C4%9Flu/82a67804651b01aa1e69f3bf67b67437edc2f351> [Consulté le 6 novembre 2023].
- 45 Andreu-Vázquez C, Garcia-Ispuerto I, Ganau S, Fricke PM, Lopez-Gatius F. Effects of twinning on the subsequent reproductive performance and productive lifespan of high-

- producing dairy cows. *Theriogenology*. 2012;78(9):2061-2070. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2012.07.027.
- 46 Hanzen C. Le vêlage une plaque tournante pour la reproduction. GTV. 2019
- 47 Mechekour F. L'involution utérine est un phénomène inflammatoire. 12 Novembre 2003. Available from: [insérer le lien URL si disponible]
- 48 Espié J, Boucher-Couzi Ch. La productivité numérique du troupeau bovin allaitant. Groupe technique bovin viande Midi-Pyrénées Languedoc-Roussillon. 2010;P7.
- 49 Gröhn YT, Rajala-Schultz TZ. Epidemiology of reproductive performance in dairy cows. *Anim Reprod Sci*. 2000;P:605-614.
- 50 Fourichon C, Seegers H, Mahler X. Effect of disease on reproduction in the dairy Cow: Meta-analysis. *Theriogenology*. 2000;P:1729-1759
- 51 Huszenicza G, Jánosi S, Kulcsar M, Korodi P, Reiczigel J, Katai L, Peters A, De Rensis F. Effects of clinical mastitis on ovarian function in post-partum dairy cows. *Reprod Domest Anim*. 2005;40:199-204.
- 52 Schrick FN, Hockett ME, Saxton AM, Lewis MJ, Dowlen HH, Oliver SP. Influence of subclinical mastitis during Early lactation on reproductive parameters. *J Dairy Sci*. 2001;1407-1412.
- 53 Santos JEP, Cerri RLA, Ballou MA, Higginbotham GE, Kirk JH. Effect of timing of first clinical mastitis occurrence on lactational and reproductive performance of Holstein dairy cows. *Anim Reprod Sci*. 2004;80:31-45.
- 54 Pereira UP, Oliveira DGS, Mesquita LR, Costa GM, Pereira LI. Efficacy of *Staphylococcus aureus* vaccines for bovine mastitis: A systematic review. *Vet Microbiol*. 2011;148(1-2):117-124
- 55 Machado, Caixeta, McArt JAA, Bicalho RC. The effect of claw horn disruption lesions and body condition score at dry-off on survivability, reproductive performance, and milk production in the subsequent lactation. *Dairy Sci*. 2010;93:4071-4078.
- 56 Sogstad AM, Osterås O, Fjeldaas T. Bovine Claw and Limb Disorders Related to Reproductive Performance and Production Diseases. *J Dairy Sci*. 2006;2519-2528.
- 57 Nørring M, Rousing T, Bjerg BS, et al. Short communication: Lameness impairs feeding behavior of dairy cows. *J Dairy Sci*. 2014;97(7):4317-4321
- 58 Orgel C, Ruddat I, Hoedemaker M. Prevalence and severity of lameness in early lactation in dairy cows and the Effect on reproductive performance. *Tierärztliche Praxis Ausgabe G Grosstiere Nutztiere*. 2016;44(4):207-217.
- 59 Hultgren J, Manske T, Bergsten C. Associations of sole ulcer at claw trimming with reproductive performance, udder health, milk yield, and culling in Swedish dairy cattle. *Prev Vet Med*. 2004;62:233-251
- 60 Sheldon IM, Cronin J, Goetze L, Donofrio G, Schuberth HJ. Defining post-partum uterine disease and the mechanisms of infection and immunity in the female reproductive tract in Cattle. *Biol Reprod*. 2009;81(6):1025-1032. doi:10.1095/biolreprod.109.077370
- 61 Soltner D. La reproduction des animaux d'élevage. 2nd ed. Collection Science et Technique Agricole; 1993.

- 62 Walsh RB, Walton JS, et al. The effect of subclinical ketosis in early lactation on reproductive performance of postpartum dairy cows. *J Dairy Sci.* 2007;90(6):2788-2796.
- 63 Rutherford AJ, Oikonomou G, Smith RF. The effect of subclinical ketosis on activity at estrus and reproductive performance in dairy cattle. *J Dairy Sci.* 2016;99(1):1-8
- 64 Cauty et Perreau., La conduite d'un troupeau laitier. Ed France agricole ,2ème édition 2003 .Pp : 115-196-181-182.
- 65 Enjalbert F - Les contraintes nutritionnelles autour du vêlage - *Point Vet*, 2003 ; 34 (236) : 40-44
- 66 Ahmadzadeh, A., Frago, F., Shafii, B., Dalton, J. C., Price, W. J. et McGuire, M. A. "Effect of clinical mastitis and other diseases on reproductive performance of Holstein cows." *Animal reproduction science* 2009. 112(3-4): 273- 282
- 67 Benlekhel AH, Manar S, Ezzahiri A, Bouhaddane A. L'Insémination Artificielle des Bovins. Une biotechnologie au service des Eleveurs. 2000.
- 68 Roelofs J. B., van Ehrenbourg F. J. C. M., Soede N. M., et Kemp B. 2005. Various
- 69 Hopper RM. Bovine reproduction. Second edition. John Wiley & Sons; 2021. P: 1206
- 70 Simon J. Développement d'un outil embarqué de détection des ovulations chez les bovins: de la définition d'un système de microaiguilles pour prélever les fluides interstitiels, au développement d'un aptasensor [doctoral thesis]. Grenoble: Université de Grenoble Alpes; 2021. 176 p.
- 71 Allain, C., Bidan, F., Roussel, P., Courties, R., Quiniou, Y., Disenhaus, C., Bekara, M. E. A. et al. (2020). MARIAGE-Monitoring Automatisé de la Reproduction: Innovations et Applications pour l'élevage bovin laitier. *Innovations Agronomiques*, 79, pp.1-18
- 72 Mee JF. Temporal trends in reproductive performance in Irish dairy herds and Associated risk Factors. *Irish Veterinary Journal.* 2004;57:158.
- 73 Opsomer G, Gröhn Y, Herlt J, Coryn M, Deluyker H, De Kruif A. Risk Factors for post partum ovarian dysfunction in high producing dairy cows in Belgium: a Field study. *Theriogenology.* 2000;53(1):1-16.
- 74 Roelofs JB, van Ehrenbourg FJCM, Soede NM, Kemp B. Various Roelofs J, Lopez-Gatius F, Hunter RHF, van Ehrenbourg FJCM, Hanzen Ch. When is a Cow in estrus? Clinical and practical aspects. *Theriogenology.* 2010;74(3):327-344.
- 75 Mikkola M, Hasler JF, Taponen J. Factors affecting embryo production in super ovulated Bos Taurus cattle. *Reprod Fertil Dev.* 2019;32(2):104. doi:10.1071/RD19279.
- 76 Allice, Groupe fertilité femelle. *Repro guide* 2ème édition. 2007.Vol 1, P : 76.
- 77 Tainturier D, Bencharif D, Briand L et Topie E. Article de synthèse. [En ligne]. RASPA. 2013. Vol 11, n° spécial. [Consulté le 8 juin 2016]. Disponible à l'adresse : [http://eismv.org/IMG/pdf/TAINTURIER et al. 2013 RASPA 11 s p107 - 111.pdf](http://eismv.org/IMG/pdf/TAINTURIER_et_al._2013_RASPA_11_s_p107_-_111.pdf). *Theriogenology.* Vol 63, n°5, P : 1366 1377.
- 78 Parkinson TJ, England GC, Noakes DE. Artificial insemination. In: Noakes DE, Parkinson TJ, England GC, editors. *Arthur's Veterinary Reproduction and Obstetrics-E-Book.* 10th ed. Elsevier Health Sciences; 2019. p. 746-777.

- 79 Van Soom A, Verberckmoes S. L'insémination intra-utérine profonde chez les bovins. *Gynecol Obstet Fertil.* 2004;10:911-915.
- 80 Geert O. La détection des chaleurs: quels sont les problèmes rencontrés chez les vaches laitières hautes productrices? Néva. 2008;N°8:29-34. *duction des bovins laitiers. Med'Com.* 2012:171-193, 195.
- 81 Perez-Marin C, Moreno ML, Calero G. Clinical Approach to the Repeat Breeder Cow Syndrome. In: *A Bird's-Eye View of Veterinary Medicine [Internet]. InTech; 2012. p. 337-363. Available from: <http://www.intechopen.com/books/a-bird-eye-view-of-veterinary-medicine/clinical-approach-to-the-repeat-breeder-cow-syndrome>. Accessed April 8, 2016.*
- 82 Bacar HA. Insemination artificielle bovine face a la politique actuelle du lait dans la région d'Antananarivo. Mémoire de fin d'étude supérieur des sciences agronomiques département élevage. 2005.
- 83 Diskin MG, Mackey DR, Roche JF, Sreenan JM. Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. *Anim Reprod Sci.* 2003;78:345-370.
- 84 Doepel L, Lapierre H, Kennelly JJ. Peripartum performance and metabolism of dairy cows in response to prepartum energy and protein intake. *J Dairy Sci.* 2002;85:2315-2334.
- 85 Chagas, L.M., M.C. Lucy, P.J. Back, D. Blache, J.M. Lee, P.J.S. Gore, A.J. Sheahan, and J.R. Roche. "Insulin resistance in divergent strains of Holstein-Friesian dairy cows offered fresh pasture and increasing amounts of concentrate in early lactation". *J. Dairy Sci.* 92: (2009). 216–222
- 86 Raboisson D, Mounié M, Maigne E. Diseases, reproductive performance, and changes in milk production associated with subclinical ketosis in dairy cows: A meta-analysis and review. *J Dairy Sci.* 2014 : 97(12):7547-7563.
- 87 Heuer C., Schukken Y.H., Dobbelaar, P., "Postpartum body condition score and results from the first test day milk as predictors of disease, fertility, yield, and culling in commercial dairy herds". *J Dairy Sci,* 82: (1999). 295-304
- 88 Hanzen C. Facteurs d'infertilité et d'infécondité chez la vache. La faculté de médecine vétérinaire de Messina. Elles ont été traduites par Melle Valentina Cammarata, étudiante (2010-2011) au Master complémentaire des animaux de production de la faculté de médecine vétérinaire de l'université de Liège. 2011.
- 89 Budiasa et Pemayun. Le profil de glycémie et l'ure plasmatique post-partumestrus du bétail de Bali. *BulletinVet.* 2015.
- 90 Abdelilah A « La conduite alimentaire de la vache laitière. Transfert de technologie en agriculture » N°136 (PNTTA). Département des productions animales. Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat. (2006).
- 91 Poll C. La mortalité embryonnaire chez les bovins. Thèse de doctorat vétérinaire. Lyon : Université Claude Bernard ; 2007.
- 92 Dupont J, R.J. Scaramuzzi, Pascal F. Nutrition et métabolisme : quel lien avec le développement folliculaire et embryonnaire chez les mammifères. 2016.
- 93 Rajala-Schultz PJ, Saville WJA, Frazer GS, Wittum TE. Association between milk urea nitrogen and fertility in Ohio dairy cows. *J Dairy Sci,*2001. 84:482-489.

- 94 Rhoads et al. 2006 Rhoads ML, Rhoads RP, Gilbert RO, Toole R, Butler WR. Detrimental effects of high plasma urea nitrogen levels on viability of embryos from lactating dairy cows. *Animal Reproduction Science*. 2006, 91:1-10
- 95 Ennuyer, Laumonier. VADE-MECUM de gestion de l'élevage bovin laitier. Paris: MED-COM; 2013.
- 96 Arbez AF. Appui bibliographique d'une enquête épidémiologique sur les facteurs influençant les performances de reproduction de la vache laitière en région Rhône-Alpes. Thèse de doctorat vétérinaire. Lyon: Université Claude Bernard; 2012.
- 97 Dominique G. L'insémination artificielle, une remise en question permanente. 2013.
- 98 Armstrong, D.G., Gong, J.G., Gardner, J.O., Baxter, G., Hogg, C.O., Webb, R. 2002. Steroidogenesis in bovine granulosa cells : the Effect of short- term changes in dietary intake. *Reproduction*. 2002, 123: 371- 378
- 99 Sammad A., UMAR S., ZHAO X., et al. Dairy cow reproduction under the influence of heat stress. *J Anim Physiol Anim Nutr*. 2020.104, 978-986
- 100 Breen KM, Billings HJ, Debus N, Karsch FJ. Endotoxin inhibits the surge of secretion of gonadotropin-releasing hormone via a prostaglandin-independent pathway. *Endocrinology*, 2004. 145:221- 227
- 101 Roth, Z. (2020) Reproductive physiology and endocrinology responses of cows exposed to environmental heat stress - Experiences from the past and lessons for the present. *Theriogenology* 155, 150-156
- 102 Bleach.C.L., GLENCROSS R.G., KNIGHT P.G. Association between ovarian follicle development and pregnancy rates in dairy cows undergoing spontaneous oestrous cycles. *Reproduction* . 2004. 127(5), 621-629
- 103 Edwards J.L., Hansen P.J. Differential responses of bovine oocytes and preimplantation embryos to heat shock. *Mol Reprod Dev* . 1997. 46(2), 138-145
- 104 Andreu-Vázquez C, Garcia-Ispuerto I, Ganau S, Fricke PM, Lopez-Gatius F. Effects of twinning on the subsequent reproductive performance and productive lifespan of high-producing dairy cows. *Theriogenology*. 2012;78(9):2061-2070. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2012.07.027.
- 105 De Rensis et Scaramuzzi, Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow. A review. 2003. *Theriogenology* 60, 1139- 1151.
- 106 O'Connor M.L. 2007. Chapter 36 - Estrus Detection. *Current Therapy in Large Animal Theriogenology (Second Edition)*. Pp 270-78
- 107 Christian M, Denis J-P. Élevage de la vache laitière en zone tropicale. Distribution : la librairie du cirad BP 5035 34032 Montpellier Cedex 1 France Active Accéd ISBN WinDev. 1999:147.
- 108 Gayard. Mémento des critères numériques de reproduction des mammifères domestiques. 2005.
- 109 Boichard D, Barbat A, Briend M. Bilan phénotypique de la fertilité chez les bovins Laitière-AERA ; Reproduction ; génétique et fertilité ; Paris, 6 décembre. 2002:5-9
- 110 Bonnes G, Desclaude J, Drogoul C, Gadoud R, Jussiau R, Leloc'h A, Montameas L, Robin G. Reproduction des mammifères d'élevage. Collection INRAP. Ed. Foucher. Paris. 1988:239.

- 111 Enjalbert F. Relation: alimentation-reproduction chez la vache laitière. Le point vétérinaire. 1994;984-991.
- 112 Ghoulane MK, Atia A, Miles et Khellef D. L'insémination Artificielle en Algérie : étude de quelques facteurs d'influence chez la vache laitière. *Livestock Research for Rural Development*. 2010;22(Article#28). Available from: <http://www.lrrd.org/lrrd22/2/ghoz22028.htm> . Accessed June 20, 2024.
- 113 Hanzen, C. (2012). Portfolio professionnel [Specialised master, ULiège - Université de Liège]. ORBi-University of Liège. <https://orbi.uliege.be/handle/2268/130548> <https://hdl.handle.net/2268/130548>
- 114 Cauty I, Perreau J-M. La conduite du troupeau bovin laitier. 2e édition. France Agricole. 2009:111-112
- 115 Byishimo G. Contribution à l'évaluation des performances de reproduction et de production des bovins Girolando dans la ferme Agro-pastorale de pout au Sénégal. Thèse de doctorat en Médecine Vétérinaire, École InterÉtats des Sciences et Médecine Vétérinaire, Université Cheikh Anta Diop de Dakar. 2012.
- 116 Ghoribi L. Etude de l'influence de certains facteurs limitants sur les paramètres de reproduction chez les bovins laitiers dans des élevages de l'Est Algérien. Thèse de Doctorat, Université Mentouri Constantine, Algérie. 2011.
- 117 Badinand F, Bedouet J, Cosson JL, Hanzen C, Vallet A. Lexique des termes de physiologie et pathologie et performances de reproduction chez les Bovins. Maisons-Alfort: Association pour l'Étude de la Reproduction Animale; 2000.
- 118 Boudelal S. L'endométrite clinique chez la vache laitière, facteurs de risque, traitement et prévention. Thèse de Doctorat, Institut des Sciences Vétérinaires- Université IBN-KHALDOUN Tiaret. 2021.
- 119 Zinzus N. Mise en place d'un logiciel pour la gestion de la reproduction des troupeaux bovins laitiers. Thèse de doctorat vétérinaire, Université Claude Bernard, Lyon. 2002:119 p.
- 120 Boudelal S, Niar A. Risk factors associated with reproductive disorders in dairy cows in Algeria. *J Hellenic Vet Med Soc*. 2020;71(2):2213-2218
- 121 Chbat C. Comparaison des pratiques et des résultats de reproduction des vaches laitières au Liban et en France. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Vetagro Sup Campus Vétérinaire de Lyon, France. 2012.
- 122 Mefti KH, Bredj A, Maouche S, Deradji B. Comparaison des performances de reproduction des vaches la Fleckvieh et la Montbéliarde dans les conditions d'élevage Algérienne. 2016;P:15-22.
- 123 Minery S. Fertilité dans les objectifs de sélection internationaux B.T.I.A (bulletin technique de l'insémination animale). 2007;126:23-26
- 124 Hanzen C. Étude des facteurs de risque de l'infertilité et des pathologies puerpérales et du postpartum chez la vache laitière et la vache viandeuse. Thèse présentée en vue de l'obtention du grade d'Agrégé de l'Enseignement Supérieur, Université de Liège; 1994. P: 172.
- 125 Gilbert B, Jeanine D Cl, Carole D, Remont G, Roland J, Andre L, Louis M, Gisel R. Reproduction des animaux d'élevage. 2ème éd. Dijon: Educagri éditions; 2005. ISBN: 978.

- 126 Hanzen, C. (2009). Application du raisonnement clinique à l'interprétation d'un bilan de reproduction bovine. <https://hdl.handle.net/2268/34161>
- 127 Foot RH. The history of artificial insemination. Selected notes and notables, American Society of Animal Science. 2002;P:1-10. Available from:
- 128 López-Gatius F, Hunter RH. Intrafollicular insemination for the treatment of fertility in the dairy Cow. *Theriogenology*. 2011;75(9):1695-1698.
- 129 Seidel GE. Overview of Sexing sperm. *Theriogenology*. 2007;3:443-446.
- 130 Johnson LA. Sexing mammalian sperm for production of offspring. The state-of-the-art. *Anim Reprod Sci*. 2000;60:93-107.
- 131 Seidel GE Jr. Update on sexed semen technology in cattle. *Animal*. 2014;8:160-164.
- 132 Campanile G, Vecchio D, Neglia G, Bella A, Prandi A, Senator EM, Gasparrini B. Effect of season, late embryonic mortality and progesterone production on pregnancy rates in pluriparous buffaloes (*Bubalus bubalis*) after artificial insemination with sexed semen. *Theriogenology*. 2013;79:653-659.
- 133 Gaviraghi A, Puglisi R, Balduzzi D, Severgnini A, Bornaghi V, Bongioni G, Frana A, Gandini LM, Lukaj A, Bonacina C, Galli A. Minimum number of spermatozoa per dose in Mediterranean Italian Buffalo (*Bubalus bubalis*) using sexed frozen semen and conventional artificial insemination. *Theriogenology*. 2013;P:1171-1176. doi: 10.1016/j.theriogenology.2013.02.014. PMID: 23523175.
- 134 Warriach HM, McGill DM, Bush RD, Wynne PC, Choha KR. A review of recent development in Buffalo reproduction - A review. *Asian Aust J Anim Sci*. 2015;28(3):451-455. doi:10.5713/ajas.14.0259 | PMID:25656203 | PMCID
- 135 Garner DL. Flow cytometric sexing of mammalian sperm. *Theriogenology*. 2006;N°5:943-957.
- 136 Carvalho JO, Sartori R, Machado GM, Mourao GB, Dode MA. Quality assessment of bovine cryopreserved sperm after sexing by flow cytometry and their use in vitro embryo production. *Theriogenology*. 2010;P:1521-1530. doi: 10.1016/j.theriogenology.2010.06.030. PMID: 20728930
- 137 Dejarnette JM, McCleary CR, Leach MA, Moreno JF, Nebel RL, Marshall CE. Effects of 2.1 and 3.5×10⁶ Sex-Sorted Sperm Dosages on Conception Rates of Holstein Cows and Heifers. *Journal of Dairy Science*. 2010;93(9):4079-4085. doi: 10.3168/jds.2010-3181
- 138 Faustini M. Reproduction in domestic animals. *Vet Res Commun*. 2011 ;46(Suppl 2)
- 139 Selokar NL, Saini M, Palta P, Chauhan MS, Manik RS, Singla SK. Hope for restoration of dead valuable bulls through cloning using donor somatic cells isolated from cryopreserved semen. *PLoS One*. 2014;9 ? doi:10.1371/journal.pone.0090755
- 140 Beebe D, Wheeler M, Zerigue H, Walters E, Raty S. Microfluidic technology for assisted reproduction. *Theriogenology*. 2002;57:125-135. [http://dx.doi.org/10.1016/S0093-691X\(01\)00662-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0093-691X(01)00662-8).
- 141 Knowlton M, Sadasivam M, Tasoglu S. Microfluidics for sperm Research. *Trends Bio Tech*. 2015;33(4):221-229. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tibtech.2015.01.005>.
- 142 Ferrière M. Réalisation d'une banque d'image à visée pédagogique des voies génitales postérieures de la vache laitière au cours du post-partum à l'aide de

- l'AlphaVision®. Thèse de doctorat vétérinaire. Nantes: Faculté de Médecine de Nantes. 2020;P:110.
- 143 Ayad A, Iguer-Ouada M, Benbarek H. Electrochemiluminescence immunoassay for progesterone by using a heterologous system in plasma bovine. *Vet World*. 2014;7:610-613.
- 144 Humblot, P., Thibier, M., "Progesterone monitoring of ancestrus dairy cows and subsequent treatment with a prostaglandin F2a analog or GnRH ", *Am J Vet Res*, V. 41,(1980), 1762-1766
- 145 Stevenson JS, Tenhouse DE, Krisher RL, Lamb GC, Larson JE, Dahlen CR, et al. Detection of anovulation by heatmount detectors and transrectal ultrasonography before treatment with progesterone in a timed insemination Protocol. *J Dairy Sci*. 2008;2901-2915.
- 146 Iwersen M, Falkenberg U, Voigtsberger R, Forderung D, Heuwieser W. Evaluation of an electronic cowside test to detect subclinical ketosis in dairy cows. *J Dairy Sci*. 2009;92(6):2618-2624. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1795>.
- 147 Voyvoda H, Erdogan H. Use of a hand-held meter for detecting subclinical ketosis in dairy cows. *Res Vet Sci*. 2010;89(3):344-351. doi:10.1016/j.rvsc.2010.04.007
- 148 Kaneko JJ. Chapter 5 - Serum Proteins and the Dysproteinemias. In: *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. 1997. p. 117-138. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-012396305-5/50006-3>.
- 149 Ribeiro ES, Lima FS, Greco LF, Bisinotto RS, Monteiro APA, Favoreto M, Ayres H, Marsola RS, Martinez N, Thatcher WW, Santos JEP. Prevalence of periparturient diseases and effects on fertility of seasonally calving grazing dairy cows supplemented with concentrates. *J Dairy Sci*. 2013;96(1):1-16.
- 150 Ospina PA, Nydam DV, Stokol T, Overton TR. Associations of elevated non esterified fatty acids and β -hydroxybutyrate concentrations with early lactation reproductive performance and milk production in transition dairy cattle in the northeastern United States. *J Dairy Sci*. 2010;93:1569-1603.
- 151 Morimatsu M, et al. Isolation and characterization of C-reactive protein and serum amyloid P component from bovine serum. *Nihon Juigaku Zasshi*. 1989;51(4):723-732. doi:10.1292/jvms1939.51.723.
- 152 Lee H, Wu, Lee, Chen. Serum C-reactive protein in dairy Lopez Gatus et al. Effects of body condition score change on the reproductive performance of dairy cows: A Meta-analysis. *Theriogenology*. 2003;801-812.
- 153 Van Winden SC, Jorritsma R, Müller KE, Noordhuizen JP. Feed Intake, Milk Yield, and Metabolic Parameters Prior to Left Displaced Abomasum in Dairy Cows. *J Dairy Sci*. 2003;86(4):1465-1471. doi:10.3168/jds.S0022-0302(03)73730-8
- 154 Pravettoni D, Doll K, Hummel M, Cavallone E, Re M, Belloli AG. Insulin Resistance and Abomasal Motility Disorders in Cows Detected by Use of Abomasoduodenal Electromyography After Surgical Correction of Left Displaced Abomasum. *Am J Vet Res*. 2004;65(10):1319-1324.
- 155 Plet J. Intérêt De Données Commémoratives, Clinique Et Biochimique Pour Le Diagnostic Etiologique Et Le Prognostic Des Maladies Métaboliques Bovines Du

- Péripartum A L'origine De Décubitus. Etude De 91 Cas Clinique. France; 2007. p. 134.
- 156 Tremblay A. Profil métabolique et production laitière. 2005.
- 157 Mahey N. Le livre blanc de la reproduction des bovins. Terre-Net Media, Beauvais. 2019.
- 158 Benyoucef A. INDICATEURS DE LA TECHNICITE DES ELEVEURS ET CANAUX DE VULGARISATION DANS DES ELEVAGES BOVINS LAITIERS DE LA REGION CENTRE (ALGERIE). Sci Technol C, Biotechnol. 2009;34-42. Available from: <http://revue.umc.edu.dz/index.php/c/article/view/344>
- 159 Bouzebda Z., Bouzebda-Afri F et Guellati M.A., « Evaluation des paramètres de la reproduction dans les régions d'El-Tarf et d'Annaba ». Renc. Rech. Ruminants, 10. (2003) 143 – 143 pp
- 160 Bouzebda, Guelatti, Meharzi. ENQUETE SUR LA GESTION DE LA REPRODUCTION DANS DES ELEVAGES LAITIERS BOVINS DE L'EST ALGERIEN. Sciences & Technologie. 2008;27:29-36. Available from: <http://revue.umc.edu.dz/index.php/c/article/view/364/471>
- 161 Miroud, HadeF, Khelef, Ismail, Kaidi. (2014). Bilan de reproduction de la vache laitière dans le nord-est de l'Algérie. Livestock research for rural development. Récupéré sur <https://www.researchgate.net/>
- 162 Haddada H, Grimard B, Hachimi M, Lakhedissi A, Ponter AA, Mialot JP. Performances de reproduction des vaches laitières natives et importées dans la région du Tadla (Maroc). Rencontres Recherches Ruminants. 2005. Available from: www.journees3r.fr/IMG/pdf/2005_reproduction_23_haddada.pdf
- 163 Kaci S. Effets des conditions d'élevage sur la production et la reproduction de la vache laitière en début de lactation. 2009. Available from: <http://hdl.handle.net/123456789/1332>.
- 164 Saidi K, Khelef D, Kaidi R. Analyse descriptive des résultats d'insémination artificielle bovine en Algérie : cas de la région centre. Livestock Research for Rural Development. 2012;10(24). Available from :<http://www.lrrd.org/lrrd24/10/said24174.htm>
- 165 Bouamra, F Ghozlane et MK Ghozlane. (2016). Facteurs influant les performances de reproductions des vaches laitières en Algérie . Livestock research . Récupéré sur <http://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd28/4/boua28051.htm>
- 166 Bouchard. Portrait québécois de la reproduction - Recueil des conférences du symposium des bovins laitiers. Saint-Hyacinthe; 2003:13-23
- 167 Ajili M, Rekik B, Ben Gara A, Bouraoui R. Relations entre la production laitière, les traits de reproduction et la durée de vie des vaches Holstein-Friesianes tunisiennes. Journal africain de la recherche agricole. 2007;P : 45-51.
- 168 Ben Salem, Bouraoui R et Chebbi. Tendances et identification des facteurs de variation des paramètres de reproduction chez la vache laitière en Tunisie. Rencontre. Recherche Ruminants 2007.
- 169 Tahri. Étude de l'état nutritionnel de la vache laitière en prévention de l'apparition des problèmes de reproduction : utilisation de la notation corporelle (BCS) et du profil

- métabolique. Alger: É. N. Vétérinaire; 2007 Jun 3. Available from:
<http://archive.ensv.dz:8080/jspui/handle/123456789/98>
- 170 Yahimi A, Djellata N, Hanzen C, Kaidi R. Analyse des pratiques de détection des chaleurs dans les élevages bovins laitiers algériens. *Rev Élev Méd Vét Pays Trop.* 2013;66(1). doi:10.191882/renvt.101447
- 171 Srairi MEK. Evaluation économique et technique de la production laitière intensive en zone semi-aride au Maroc. *Cah Agric.* 2001;10:51-55. Available from:
<https://revues.cirad.fr/index.php/cahiers-agricultures/article/view/30279>
- 172 Kiers. Analyse des résultats de reproduction d'élevages bovins laitiers suivis avec le logiciel Vét expert. *Bulletin des GTV.* 2006;85-91.
- 173 Raboisson D, Mounié M, Maigne E. Diseases, reproductive performance, and changes in milk production associated with subclinical ketosis in dairy cows: A meta-analysis and review. *J Dairy Sci.* 2014;97(12):7547-7563.
- 174 Duffield T, et al. Reference limits for biochemical and hematological analytes of dairy cows one week before and one week after parturition. *Can Vet J.* 2009;50(4):383-388.
- 175 Aubadie-Adrix, M. la cétose des vaches laitières, 2011. 79,88.
- 176 Bjerre-Harpøth V, et al. Metabolic and production profiles of dairy cows in response to decreased nutrient density to increase physiological imbalance at different stages of lactation. *J Dairy Sci.* 2012;95:2362-2380.
- 177 Richard L. Nouveaux indicateurs de déficit énergétique chez la vache laitière en péripartum. *La Semaine Vétérinaire.* 2014;1603 et 1604:44.
- 178 Oetzel, G, R. Monitoring and testing dairy haerds for metabolic desease. *Veterinary clinic of north america- food animal pracice.*2004, vol.20,3,pp. 651- 674.
- 179 Alves DE Oliveira, Dubuc J. Acétonémie / hypercétonémie / cétose / complex sétose stéatose. In: Francoz D, Couture Y, editors. *Manuel de médecine des bovins.* Med Com. 2014:460-463
- 180 Raboisson D, Mounié M, Maigne E. Diseases, reproductive performance, and changes in milk production associated with subclinical ketosis in dairy cows: A meta-analysis and review. *J Dairy Sci.* 2014;97(12):7547-7563. doi:10.3168/jds.2014-8237
- 181 Tainturier D. Progestérone et pathologie de la reproduction. *Rev Med Vet.* 1977;2:130-142.
- 182 Bertrand M, Chartre JL. Physiopathologie lutéale chez la vache. *Rev Med Vet.* 1976;4:541-574
- 183 Thibier M, Craplet C, Parez M. Les progestérones naturelles chez la vache: étude physiologique. *Rec Med Vet.* 1973;149:1181-1203
- 184 Ganaie B et al. *Journal of animal health and production.* June 2018. Volum 6.
- 185 Lager KMS, Jordan E. The Metabolic Profile for the Modern Transition Dairy Cow. Mid-South Ruminant Nutrition Conference, Grapevine, Texas; 2012
- 186 Deghenouche A, Boukhalfa A, Titaouine M, Gaba S. Changement des composants biochimiques du sang et du lait durant la lactation chez la vache laitière dans les élevages de l'Est algérien. *Rev Agrobiologia.* 2019;1506-1514
- 187 Herdt TH. Ruminant adaptation to negative energy balance: influence on etiology of ketosis and fatty liver. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 2000;16:215-230.

- 188 Djokovic RH, Samanc M, Bojkoski R, Fratric N. Blood concentration of thyroid hormones and lipid concentration of dairy cow in transitional period. *Lucrari Stiintifice Medicina Veterinara XLII (2) Timisoara*. 2010
- 189 Yokus, Cakir, Kanay, Gulten, Uysal . (2006). Effects of seasonal and physiological variations on the serum chemistry, vitamins and thyroid hormone concentrations in sheep. *Physiol. Pathol. Clin. Med*, 271-276.
- 190 Enjalbert. Alimentation et reproduction chez la vache laitière. SNDF. (1998). Pp1-9.
- 191 Drackley, J. K., Beaulieu, A. D., Elliott, J. P., " Responses of Milk Fat Composition to Dietary Fat or Nonstructural Carbohydrates in Holstein and Jersey Cows ", *Journal of Dairy Science*, 84 (5), (2001), 1231–1237
- 192 Dubuc, J., Duffield, T. F. F., Leslie, K. E. E., Walton, J. S. S., LeBlanc, S. J. J." Risk factors and effects of postpartum anovulation in dairy cows", *Journal of Dairy Science*, 95 (4), (2012), 1845–1854.
- 193 Vanholder, T., Leroy, J., Dewulf, J., Duchateau, L., Coryn, M., Kruif, A. De, Opsomer, G. Hormonal and Metabolic Profiles of High-yielding Dairy Cows Prior to Ovarian Cyst formation or First Ovulation Post Partum, *Reproduction in Domestic Animals*, 40 (5), (2005), 460–467.
- 194 Leroy, J., Vanholder, T., Opsomer, G., Soom, A. Van, De Kruif, A, "The In Vitro Development of Bovine Oocytes after Maturation in Glucose and β -Hydroxybutyrate Concentrations Associated with Negative Energy Balance in Dairy Cows", *Reprod Dom Anim* , 41, (2006), 119–123.
- 195 Tsuzuki, Y., Ikeuchi, K., Nabenishi, H., Ashizawa, K., Frqfhqwudwlrqv, Y., Dqg, P, " Effect of β - hydroxybutyrate Added to Maturation Medium on Nuclear Maturation of Pig Oocytes", *Journal of Mammalian Ova Research* , 26 (3), (2009), 153–158.
- 196 Taylor, V. J., Beaver, D. E., Bryant, M. J., Wathes, D. C, "Metabolic profiles and progesterone cycles in first lactation dairy cows", *Theriogenology*, 59 (7), (2003), 1661–1677.
- 197 Rooke, J. A., Ewen, M., Mackie, K., Staines, M. E., Mcevoy, T. G., Sinclair, K. D, " Effect of ammonium chloride on the growth and metabolism of bovine ovarian granulosa cells and the development of ovine oocytes matured in the presence of bovine granulosa cells previously exposed to ammonium chloride", *Animal Reproduction Science* , 84, (2004), 53–71.
- 198 Desmet, K. L. J., Van Hoeck, V., Gagné, D., Fournier, E., Thakur, A., O’Doherty, A. M., Walsh, C. P., Sirard, M. A., Bols, P. E. J., Leroy, J. L. M. R, "Exposure of bovine oocytes and embryos to elevated non- esterified fatty acid concentrations: integration of epigenetic and transcriptomic signatures in resultant blastocysts", *BMC Genomics*, 17 (1), (2016), 1004.
- 199 Monget, P ;, Froment, P., Moreau, C., "Les interactions métabolisme-reproduction chez les bovins: influence de la balance énergétique sur la fonction ovarienne", In : Deuxième journée d'actualité en reproduction des ruminants. Mialot JP (Ed.), Ecole Vétérinaire D'Alfort, (2004), 49-54.
- 200 Dobson H et Smith RF (2000) What is stress, and how does it affect reproduction? *Anim. Repro. Sci.* 60-61 : 743-752 13.

- 201 TILBROOK, A.J., TURNER, A.I. et CLARKE, I.J., 2000. Effects of stress on reproduction in non-rodent mammals : the role of glucocorticoids and sex differences. *Reviews Of Reproduction*. 2000. Vol. 5, pp. 105-113.
- 202 SAIDANI, F; SLIMANE, N; KHALDI, S; CHETOUI, C Dosages de la progestérone et de la PSPB pour le suivi et l'analyse des résultats de l'insémination des vaches laitières des zones montagneuses et forestière du Nord Ouest de la Tunisie REDVET. *Revista Electrónica de Veterinaria*, vol. 13, núm. 10, 2012, pp. 1-18
- 203 Freret S, Charbonnier G, Congnard V, et al. Expression et détection des chaleurs, reprise de la cyclicité et perte d'état corporel après vêlage en élevage laitier. In: Chauvin A, Seegers H, eds. *Journées bovines nantaises*. Paris; 2005:149-152
- 204 Ponsart C, Fréret S, Charbonnier G, Giroud O, Dubois P, Humblot P. Description des signes de chaleurs et modalités de détection entre le vêlage et la première insémination chez la vache laitière. In: *Rencontres, Recherches, Ruminants 13*; 2006:273-276.
- 205 Saint-Dizier M. La détection des chaleurs chez la vache. *Le Point Vétérinaire*. 2005; numéro spécial : Reproduction des ruminants : 36, 22-27.
- 206 Ghoribi C b. Analyse du mode de conduite des élevages bovins laitiers dans le nord-est de l'Algérie. 2015
- 207 Ghozlane F, Yakhlef H, Yaici S. Performances de reproduction et de production laitière des bovins laitiers en Algérie. *Annales INA*. 2003;24(1-2).
- 208 Jafarzadeh, I. Nowrouzian, Z. Khaki, S. M. Ghamsari, and F. Adibhashemi, "The sensitivities and specificities of total plasma protein and plasma fibrinogen for the diagnosis of traumatic reticuloperitonitis in cattle," *Preventive Veterinary Medicine*, vol. 65, no. 1-2, pp. 1–7, 2004.
- 209 El-Ashker, M. ; El-Sebaei, M. and Fouda, M. "Evaluation of the inflammatory reaction in calves with acute ruminal drinking," *Journal of Veterinary Science and Technology*, vol. 3, article 116, 2012.
- 210 Mold, C. Rodriguez, W. Rodic-Polic, B. and T. W. Du Clos, "C-reactive protein mediates protection from lipopolysaccharide through interactions with Fc- γ R," *Journal of Immunology*, vol. 169, no. 12, pp. 7019– 7025, 2002.
- 211 Bagga.A ; Randhawa. S. Sharma. S ; Bansal. BK. (2016). Acute phase response in lame crossbreddairy cattle *Veterinary World*, EISSN: 2231-0916
- 212 Vallet A., Carreau M., Salmon A., Chatelin Y. Epidémiologie des endométrites des vaches laitières. *Rec. Méd. Vet.*, 1987, 163,189-194

Annexes

ABSTRACT

The management of reproductive performance is a major technical objective in dairy farming, where reproductive control has become a necessity. It is crucial, particularly for economic profitability, to have one calf per cow per year and to plan calving to meet the annual milk quota.

Achieving annual calving for all cows is particularly challenging, with the main keys to success lying in early initiation of reproduction and accurate heat detection by the farmer to inseminate the cow at the optimal time. Artificial insemination has proven effective in numerous animal productions and allows for more marked improvement in genetic progress. Its primary advantages include genetic gain, control, and profitability compared to natural mating.

The primary objective of artificial insemination in cows is to achieve a live and viable calf 275 to 290 days later. Currently, this objective is only achieved once in every two attempts. The causes of failure between the first insemination and subsequent calving are distributed as follows: 20% non-fertilization, 15% early embryonic mortality, 10% late embryonic mortality, 4% abortion, and 1% premature births.

Risk factors for pregnancy failures fall into two categories. One includes individual factors inherent to the animal : genetics, milk production level, calving type, twinning, perinatal mortality, retained placenta, vitelline coma, uterine involution, acute or chronic genital tract infection, and postpartum ovarian activity. The other category pertains to collective factors specific to the herd, related to its environment or the farmer (and their ability to manage various aspects of reproduction): duration of the waiting period, heat detection, timing of insemination postpartum and during estrus, feeding, season, housing type, herd size, sperm quality, inseminator skill. These factors directly or indirectly influence fertility, with effects manifesting in isolation or synergistically.

Artificial insemination (AI) is a bovine reproductive technique involving the introduction of semen from a breeding bull into the genital tract of a female during estrus to achieve fertilization. Initially developed in dairy cattle farming to enhance genetics, AI offers several

significant advantages. From a health standpoint, it prevents the spread of venereal and contagious diseases through stringent sanitary standards in semen production centers. It also enables precise control of mating and early diagnosis of infertility issues. Genetically, AI allows for the selection of tested bulls to transmit desirable traits, reducing the risk of hereditary defects and promoting cumulative genetic gain. Economically, it lowers costs associated with maintaining bulls and increases herd productivity, thereby improving farmer incomes. Technically, it provides flexibility in selecting bull characteristics based on breeding goals and facilitates rapid dissemination of genetic progress across generations.

Indeed, artificial insemination offers numerous advantages and some disadvantages to dairy farmers, while estrus difficulties limit its use in beef cattle herds. Artificial insemination provides good oversight when multiple breeders of the same breed seek to enhance their genetic progress. It is important to maintain good genetic variability within the breed while minimizing inbreeding and loss of lineage. Genetic variability within species typically declines alongside an increase in inbreeding, which can be detrimental across several levels, particularly due to its negative effect on certain traits.

In Algeria, the very limited application of artificial insemination in recent years is often attributed to repeated conception failures. The causes of these poor outcomes are attributed to multiple factors that interact with each other and are sometimes interdependent and difficult to identify. In this context, we have directed the objective of our work. Our study aims, initially, to identify certain risk factors responsible for the failures of artificial insemination in dairy cows, and to propose recommendations that enable stakeholders in the dairy sector to optimize the economic profitability of farming."

This study aimed to conduct an assessment of reproduction by quantifying fertility and fecundity parameters, as well as to study risk factors associated with the failure of artificial insemination. The study was conducted at a private veterinary clinic located in the Tizi-Ouzou region, spanning from September 2023 to June 2024. The study is divided into two distinct parts.

The first study is a retrospective research aimed at establishing a reproductive assessment by quantifying fertility and fecundity parameters. A total of 188 cows from various farms, including 182 Montbéliarde and 6 Fleckvieh, were included in this study. Data were collected from a register containing records of all artificial inseminations during the 2022/2023 breeding

season. Subsequently, they were entered and categorized in an Excel file, and used for a descriptive study involving calculation of mean, minimum and maximum values, as well as standard deviation.

Concerning fertility parameters, the first insemination success rate (TRIA1) was 31.9%, below the norm of 60%, but comparatively better than some previous results. The percentage of cows requiring more than three artificial inseminations (IA) was alarming at 51%, significantly exceeding reported standards. The fertility index (IF) was high at 2.7, also surpassing usual references.

Regarding fecundity, the average calving interval (IVV) was 423 days, with maximum and minimum values of 583 days and 337 days respectively. The interval between calving and first insemination (IV-IA1) averaged 102 days, while the interval between first insemination and fertile insemination (IA1-IAF) averaged 43 days. These intervals indicate significant delays compared to reproductive management objectives.

In conclusion, After analyzing the results of this study, it became evident that reproductive performance is unsatisfactory, characterized by issues of infertility and failure to conceive. Undoubtedly, this has detrimental consequences on the profitability and sustainability of the farming operation. The target of achieving one calf per cow per year (IV-V) has not been met. This results attributed to various factors such as inefficient artificial insemination practices, errors in heat detection, and unfavorable management and environmental conditions. Improving these aspects is crucial for enhancing the profitability and sustainability of cattle farming.

The second part of study targeted specific risk factors influencing AI outcomes. The factors addressed in this study include:

- Nutritional disorders (negative energy balance, ketosis)
- Stress response
- Heat detection failure
- Acute inflammatory syndrome

The animals involved in this study belong to a farm located in the Fréha region, in the Tizi-Ouzou province. Twenty (20) 4-year-old Fleckvieh cows, producing an average of 22 liters of milk per day, were the subjects of this study. Each cow was sampled shortly before AI. Blood was collected from the coccygeal vein into 5ml vacuum tubes, immediately cooled, and

transported in a cooler. It was then centrifuged at 3000 rpm for 10 minutes within two to three hours. Serum was extracted using a micropipette, stored in a 2 ml Eppendorf tube, and kept at -20°C until the day of analysis. Serum was used for determining concentrations of indicators of energetic status (BHB, glucose, total cholesterol), nitrogenous status (total proteins), lipid status (triglycerides), stress (cortisol), and inflammation (acute phase proteins: C-Reactive Protein or CRP). Except for glucose and BHB, all metabolites were analyzed at a private biological analysis laboratory owned by 'Centre Médico Diagnostic Tizi-Santé Diag,' accredited under No. 346 / 2021, located in Tizi-Rached, Tizi-Ouzou province. Assays were performed using enzymatic methods on an auto-analyzer (Cobas 6000, Roche Hitachi, Mannheim, Germany) with commercial kits. Intra- and inter-assay coefficients of variation were $<5\%$ for each assay.

The results of biochemical analyses revealed several crucial metabolic parameters influencing the success of artificial insemination in dairy cows. The data showed that blood glucose levels were normal for all cows, but 45% exhibited β -hydroxybutyrate levels indicating subclinical ketosis, which could result in excessive mobilization of lipid reserves, necessitating increased monitoring to prevent complications early in lactation. Additionally, 20% of cows had elevated cortisol levels, suggesting chronic stress potentially detrimental to the regularity of reproductive cycles and increasing the failure rate of artificial insemination. An analysis of progesterone levels showed that 20% of cows were inseminated during the luteal phase, which could negatively impact gestation chances. Moreover, high levels of CRP were observed in 15% of cows, indicating inflammation that could compromise fertility. The majority of cows (75%) had lower than normal total protein levels, suggesting nutritional or inflammatory concerns. Cholesterol and triglyceride levels varied widely, reflecting diverse metabolic health among the cows.

In conclusion, The present study evaluated various metabolic parameters influencing the success of artificial insemination in a group of dairy cows, despite challenges in interpreting results due to differing reference values among authors. Glycemia alone does not appear to be a reliable indicator of overall energy status in cows, given its significant daily variability. Conversely, elevated concentrations of BHB indicating an increased risk of subclinical ketosis reflect excessive mobilization of lipid reserves, underscoring the importance of closely monitoring this biomarker to prevent energy deficit-related complications early in lactation. Moreover, high cortisol levels suggest a chronic stress response, which may negatively impact reproduction by affecting ovulatory cycle regularity and increasing artificial insemination

failures. Additionally, cows exhibiting progesterone levels above 1 ng/L did not conceive, indicating mistimed insemination.

Elevated CRP levels in some cows suggest inflammation, potentially linked to health issues or stressful environmental conditions, which could adversely affect fertility and insemination success. A significant majority of cows (75%) showed lower-than-normal total protein levels, likely resulting from various factors including nutritional deficits or inflammatory conditions, necessitating careful management of herd health and nutrition. Furthermore, cholesterol and triglyceride levels varied widely among cows, with some falling outside normal ranges. These biomarkers can reflect aspects of metabolic health, including liver function and energy balance, requiring ongoing assessment and appropriate management.

To improve the success of artificial insemination, it is crucial to strengthen heat detection through behavioral observation, master insemination techniques, perform rectal examinations, and measure progesterone levels to assess ovarian recovery and cyclicity. The use of ultrasound is also recommended to evaluate cyclicity and uterine resolution. Attentive management of metabolic and reproductive health in cows, considering various factors influencing their well-being and performance, is essential. By integrating comprehensive herd management practices including hygiene, nutrition, reproduction, and effective stress management, long-term productivity and herd health can be maintained.

In summary, this study underscores the crucial importance of precise reproductive management and metabolic health to enhance dairy cow fertility and optimize overall farm performance.

AMZAL Safia*Université de Blida- 1 / Institut des Sciences Vétérinaires**Promoteur : Dr. KALEM Ammar***Thème****Contribution à l'étude de certains facteurs de risque responsables des échecs de l'insémination artificielle chez la vache laitière****Résumé**

L'objectifs de ce travail est d'établir un bilan de reproduction par la quantification des paramètres de fertilité et de fécondité, et d'étudié certains facteurs de risque responsables de l'échec de l'insémination artificielle. Cette étude a été faite au niveau de la région de Tizi Ouzou, de la période allant du mois de septembre 2023 jusqu'à juin 2024, elle est scindée en deux parties. Dans sa première partie, l'étude rétrospective a analysé les données de 188 vaches. Les paramètres de fertilité étudiés incluent le taux de réussite à la première IA (31,9%), le pourcentage de vaches nécessitant plus de trois IA (51%), et l'indice de fertilité (2,7). Les paramètres de fécondité comportent ; l'intervalle entre deux vêlages (IV-V) qui est de 423 jours, un intervalle vêlage-première IA (IV-IA1) de 102 jours, une période de reproduction (IA1-IAF) de 43 jours , et l'intervalle entre vêlage et IA fécondante (IV-IAF) qui est égal à 144 jours. Les résultats ont révélé des performances de reproduction insatisfaisantes, avec des taux de fertilité et de fécondité souvent inférieurs aux normes recommandées.

La deuxième partie de l'étude a examiné la corrélation entre les échecs d'IA et certains métabolites sanguins. Des prélèvements de sang ont été effectué sur 20 vaches peut avant l'insémination artificielle. Les métabolites analysés comprenaient la glycémie, les cétones (BHBA), le cortisol, la progestérone (P4), la protéine C-réactive (CRP), les

protéines totales, le cholestérol et les triglycérides. Les résultats obtenus ont prouvé que l'élévation de certains métabolites comme le cortisol qui a atteint 17,84 ng / ml et la baisse d'autre sont responsables des échecs de l'insémination artificielle.

Mots clés : Insémination artificielle, fertilité, fécondité, progestérone, détection des chaleurs.