

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministre de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
Université de Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou



Faculté Des Sciences Biologique et Agronomique

Département de biologie

Mémoire de fin d'étude

En vue d'obtention du diplôme du Diplôme de master en Sciences biologique

Spécialité : Biologie et Physiologie de la Reproduction

**Contribution à l'étude de quelques facteurs de risques de l'infertilité  
chez la vache laitière au niveau de la Wilaya de Tizi-Ouzou**

**Réalisé par :**

M<sup>elle</sup> NAIT CHABANE Sonia

M<sup>elle</sup> NEBRI Karima

Présenté et soutenu devant le jury :

<b>Présidente</b>	<b>YOUSFI S.</b>	<b>MCA</b>	<b>UMMTO</b>
<b>Examineur</b>	<b>HAMMOUNI R.</b>	<b>MCB</b>	<b>UMMTO</b>
<b>Promoteur</b>	<b>KALEM A.</b>	<b>MCA</b>	<b>ISV. U.Blida1</b>
<b>Co-promoteur</b>	<b>DAOUDI ZERROUKI N.</b>	<b>Pr</b>	<b>UMMTO</b>

2023/2024

## Résumé

L'objectif principal de ce travail est de déterminer certains facteurs responsables d'infertilité. Notre étude est scindée 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, les données de 1511 vaches ont été retenues. L'analyse des différents résultats ont révélé une baisse de la fertilité et confirment l'éloignement des paramètres de reproduction des normes recommandées. L'étude relationnelle a démontré l'effet de la saison de vêlage sur l'intervalle entre vêlage et insémination artificielle d'une part, et l'effet de la parité sur le nombre d'inséminations nécessaires d'autre part, tandis que la race des vaches n'a pas montré d'effet sur les paramètres de reproduction.

La deuxième partie s'intéresse à 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 artificielle pour le dosage de la progestérone et de certains métabolites : Glucose, cholestérol, le beta-hydroxy-butyrat (BHB), les protéines totales, les triglycérides, le cortisol et enfin la Protéine C-Réactive (CRP). L'analyse descriptive des données a révélé que 20 % de vaches inséminées étaient en phase lutéale, 20% en bilan énergétique négatif, dont 4 sont en cétose subclinique avec un taux de 20%, 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 qui sont en partie responsables des échecs d'insémination

**Mots clés :** reproduction, Insémination Artificielle, vache litière, fertilité, fécondité, progestérone, chaleurs.

## **Abstract**

The main objective of this work is to determine some factors responsible for infertility. Our study is divided into two parts. The first part focused on a retrospective study through the analysis of artificial insemination results, in order to establish a reproductive assessment and thus provide an overview of the fertility situation in the study region.

In total, data from 1511 cows were retained. The analysis of the various results revealed a decline in fertility and confirmed that the reproductive parameters deviated from the recommended standards. The relational study demonstrated the effect of calving season on the interval between calving and artificial insemination on one hand, and the effect of parity on the number of inseminations needed on the other hand, while the breed of cows did not show any effect on the reproductive parameters

The second part focuses on the study of some risk factors responsible for artificial insemination failures by measuring some specific biochemical markers. Blood samples were taken shortly before artificial insemination to measure progesterone and some metabolites: Glucose, cholesterol, beta-hydroxy-butyrate (BHB), total proteins, triglycerides, cortisol and finally C-Reactive Protein (CRP). Descriptive analysis of the data revealed that 20% of inseminated cows were in the luteal phase, 20% had a negative energy balance, including 4 cows in subclinical ketosis with a rate of 20%, 20% had hypercortisolaemia, 40% had hypertriglyceridaemia, synonymous with lipomobilisation, and 15% of cows had high CRP levels. From these results we can confirm that insemination at an inopportune time in relation to heat, a negative energy balance, stress and some inflammatory phenomena are partly responsible for insemination failures.

**Keywords:** Dairy cow, Fertility, Fecondity, Artificial insemination, Risk factors, Reproductive performance.

## Remerciements:

Nous exprimons notre profonde reconnaissance à Madame **DAOUDI ZERROUKI N.**, Professeure à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, et à Monsieur **KALEM A.**, MCA à l'Institut des Sciences Vétérinaires de l'Université Blida, pour leur guidance, leur patience et leur disponibilité. Merci pour vos conseils avisés et votre soutien inestimable tout au long de cette recherche.

Nous tenons également à adresser nos remerciements les plus distingués à **Madame YOUSFI Safia.**, MCA à la FSBSA-UMMTO, pour avoir accepté de présider notre jury, ainsi qu'à **Monsieur HAMMOUNI R.**, MCB à la FSBSA-UMMTO pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Nos vifs remerciements vont également au Docteur **NAFAA R.**, vétérinaire praticienne et copropriétaire du laboratoire BOUREKH, pour son soutien logistique et la mise à notre disposition des ressources nécessaires à la réalisation des dosages biochimiques.

Nous remercions Docteur **AMOUR M.** et Docteur **RABAHI A.**, vétérinaires à la clinique KALEM, pour leur aide précieuse et leur professionnalisme lors des prélèvements sanguins.

Sur le plan personnel, nous exprimons notre gratitude infinie envers nos chers parents et nos proches, pour leur soutien indéfectible, leur encouragement et leur confiance tout au long de notre parcours académique et de ce projet de fin d'études.

Enfin, nous souhaitons remercier chaleureusement toutes les personnes qui, d'une manière ou d'une autre, ont contribué à ce travail, même si elles ne sont pas citées nommément ici.

## Dédicace :

À tous ceux qui se demandent ce que je ferais si je ne gagnais pas, je suppose qu'on ne le saura jamais.

À **mes parents adorés**, pour votre amour inconditionnel, votre soutien indéfectible et les valeurs précieuses que vous m'avez transmises. Vos encouragements m'ont porté, et chaque réussite est aussi la vôtre. Merci d'être les piliers de ma vie.

À **mon frère**, mon éternel complice. Merci pour ton écoute. Tu es ma force tranquille, et je sais que je peux toujours compter sur toi. Ce que j'accomplis, je le dois aussi à toi.

À **mes sœurs**, mes piliers et mes alliées de toujours. À **ma nièce**, petite étoile qui illumine nos vies. J'espère te transmettre la force et les valeurs que j'ai reçues, et te voir grandir et briller comme tu le mérites.

À **ma chère binôme, Karima**, Merci pour ta complicité, ton travail acharné et ta détermination tout au long de ce projet. Ce mémoire est le fruit de notre collaboration et de notre engagement mutuel.

*Sonia*

## Dédicace :

### **À mes chers parents,**

Je vous dédie ce mémoire avec toute ma reconnaissance et mon admiration. Votre soutien constant, vos sacrifices et votre amour ont été les fondations sur lesquelles j'ai pu construire mon parcours académique et professionnel. Votre confiance en moi et votre encouragement ont illuminé chaque étape de ce voyage.

### **À mes frères et sœurs,**

Je souhaite dédier ce mémoire à chacun d'entre vous avec une immense gratitude. Votre soutien indéfectible, vos encouragements sincères et votre présence constante ont été des moteurs essentiels tout au long de ce voyage.

Merci pour votre patience, vos conseils avisés et pour avoir partagé avec moi les hauts et les bas de ce parcours. Vous avez enrichi cette expérience de manière inestimable et contribué à ma réussite de manière significative.

Un merci tout particulier à ma binôme Sonia, dont la collaboration et l'engagement ont été essentiels à la réalisation de ce mémoire. Ton travail acharné, ta rigueur et ton esprit d'équipe ont été des atouts précieux, et je suis honorée d'avoir partagé cette aventure avec toi.

*Karima e*

## Sommaire

Introduction .....	1
Chapitre I : Particularités du cycle œstral chez la vache laitière .....	3
1. Rappel anatomique de l'appareil reproducteur de la vache.....	4
1.1. Vulve .....	4
1.2. Vagin.....	4
1.3. Utérus Ou Matrice.....	4
1.4. Oviducte .....	5
1.5. Ovaires .....	6
2. Physiologie de la reproduction de la vache .....	6
2.1. Puberté .....	6
2.2. Cycle œstral .....	6
2.3. Phases du cycle œstral.....	7
2.3.1. Pro-œstrus.....	7
2.5. Régulation du cycle œstrale chez la vache.....	9
2.5.1. Régulation des vagues folliculaire .....	9
2.5.2. Régulation hypothalamo-hypophyso-ovarien (HHO).....	11
Chapitre II : Paramètres d'évaluation de la reproduction .....	13
1. Notion de fécondité.....	14
1.1. Définition.....	14
1.2. Paramètres de fécondité des génisses .....	14
1.3. Paramètres de fécondité des vaches .....	15
2. Notion de fertilité.....	16
2.1. Définition.....	16
2.2. Paramètres de fertilité.....	17
Chapitre III : Facteurs de risque de l'infertilité .....	19
1. Facteurs individuels .....	20
1.1. Age .....	20
1.2. Production laitière.....	20
1.3. Génétique.....	20

1.4.	Gémellité .....	21
2.	Troubles nutritionnels.....	21
2.1.	Déséquilibre énergétique .....	21
2.2.	Déséquilibre azoté.....	22
2.3.	Déséquilibre alimentaire en minéraux et en vitamines .....	23
3.	Troubles sanitaires .....	24
3.1.	Mammites .....	24
3.2.	Boiteries.....	25
3.3.	Métrites.....	26
3.4.	Kystes ovariens .....	26
3.5.	Anoestrus.....	27
3.6	Rétention placentaire (Non délivrance).....	27
3.7	Fièvre vitulaire .....	27
3.8.	La cétose.....	28
3.9.	L'acidose .....	29
3.10.	L'alcalose .....	29
3.11	Retard de l'involution utérine .....	29
3.12	L'accouchement dystocique .....	30
3.13	Mortalité embryonnaire .....	30
4.	Facteurs liés à l'inséminateur.....	31
4.1.	La politique de l'insémination au cours du post-partum.....	31
4.2.	Qualité de la semence.....	31
4.3.	La mauvaise manipulation de la semence .....	31
4.4.	Lieu de l'IA .....	32
4.5.	Le moment de l'insémination .....	32
5.	Défaut de détection des chaleurs.....	33
6.	Le stress thermique .....	34
	Conclusion .....	35
	Matériel et méthodes.....	37
1.1.	Lieu et période d'étude .....	37
1.2.	Echantillonnage et le choix de la période d'évaluation .....	37
1.3.	Choix des paramètres de reproduction.....	37
1.3.1.	Paramètres de fertilité.....	37

1.3.2. Paramètres de fécondité.....	38
1.4. Traitement des informations et études statistique.....	38
1.4.1. Étude descriptive .....	38
1.4.2. Étude relationnelle .....	38
2.1. Les facteurs ciblés .....	38
2.2. Matériels de prélèvements et du suivi de gestation .....	38
2.3. Animaux et commémoratifs .....	39
2.4. Prélèvement de sang .....	39
2.5. Dosage de la progestérone.....	40
2.6. Mesure des métabolites.....	40
Résultats.....	42
1.1. Etude descriptive .....	42
1.1.1. Paramètres de fertilité .....	42
1.1.2. Paramètres de fécondité.....	42
1.2. Etude relationnelle .....	43
2.1. Analyse descriptive des concentrations des métabolites.....	46
2.1.1. Glycémie .....	47
2.1.2. BHB.....	47
2.1.3. Cortisol .....	47
2.1.4. Progestérone (P4) .....	48
2.1.5. CRP.....	48
2.1.6. Protéines totales.....	49
2.1.7. Cholestérol .....	49
2.1.8. Triglycérides.....	50
Discussion .....	51
1.1. Etude descriptive .....	51
1.1.1. Paramètres de fertilité .....	51
1.1.2. Paramètres de fécondité.....	52
1.2. Etude relationnelle .....	54
1.2.1. Saison de vêlage .....	54
1.2.2. Parité.....	55
1.2.3. Race .....	56
Conclusion .....	56

2.1. Chaleurs .....	57
2.2. Bilan énergétique négatif .....	58
2.3. Inflammation .....	59
2.4. Le stress .....	60
Conclusion 02.....	61
Conclusion générale.....	62
ANNEXES .....	65
Références bibliographiques .....	66

## Liste des figures

Figure 1: Appareil génital de la vache (Daragon, 2011) .....	4
Figure 2: Illustration de l'oviducte bovin (Maillo, 2016) .....	5
Figure 3 : Cycle œstral de la vache (Wattiaux, 1998).....	8
Figure 4 : Régulation des vagues folliculaire (Kojima et Patterson, 2003).....	11
Figure 5 : Endocrinologie de cycle sexuels chez la vache (Anonyme.,2003) .....	12
Figure 6 : Notion de fertilité et de fécondité des élevages bovins laitiers (Tillard et al., 1999) .....	18
Figure 7: Effet saison vêlage sur pourcentage de réussite de IA .....	44
Figure 8 : Effet de parité sur pourcentage de réussite de IA .....	45
Figure 9 : Effet de la race sur pourcentage de réussite de IA .....	45

## Liste des Tableaux

Tableau 1 : Les hormones impliquées dans la régulation du cycle œstral chez la vache (Moorey et al., 2019).....	9
Tableau 2 : Objectifs de la fertilité chez la vache laitière .....	18
Tableau 3 : Influence des boiteries sur les paramètres de la reproduction (Poulain Valentin., 2018).....	25
Tableau 4 : Paramètres de fertilité.....	42
Tableau 5 : Paramètres de fécondité.....	43
Tableau 6 : Effet de la saison de vêlage sur l'intervalle vêlage – IA1 .....	43
Tableau 7 : Effet de la parité sur le nombre des IA .....	43
Tableau 8 : Effet de la race sur le nombre d'insémination .....	44
Tableau 9 : Métabolites sanguins .....	46
Tableau 10 : Répartition des fréquences et des pourcentages des vaches selon les concentrations des différents métabolites sanguins .....	46
Tableau 11 : Résultats de dosage des métabolites sanguins .....	65

## Liste des abréviations

IA : Insémination artificielle

IN-IF : Intervalle naissance – insémination fécondante

IVV : Intervalle vêlage – vêlage

IV-C1 : Intervalle vêlage – 1er chaleur

IV-IA1 : Intervalle vêlage -1re insémination

V-V : Intervalle entre deux vêlages successifs

IV-IF : Intervalle vêlage –insémination fécondante

IF : Index de fertilité

IFT : Index de fertilité total

IFA : Index de fertilité apparent

TGT : Taux de gestation totale

TRI1 : Le taux de réussite à la 1ère insémination

GnRH: Gonadotrophine releasing hormone

LH: Luteinizing hormone

FSH: Hormone Folliculo-Stimulante

HCG: Human Chorionique Gonadotropine

UFL : Unités fourragères lait

MAT : Matière Azotée Totale

DD: Dermatite digitée

TLR4: Toll-like 4

PGF2 $\alpha$ : Prostaglandine F2 $\alpha$

HHO: Hypothalamo-Hypophyso-Ovarien

CJ : Corps Jaune

Ng: Nano Gramme

GMQ : Gain Moyen Quotidien

LPS : Lipopolysaccharides

COD : Cystic Ovarian Disease (Maladie kystique ovarienne)

NEC : Note d'État Corporel

## **Partie bibliographique**

## **Introduction :**

L'élevage bovin laitier représente une ressource économique essentielle, contribuant de manière significative à la sécurité alimentaire et au développement socio-économique dans de nombreuses régions (FAO, 2021 ; INRA, 2020). En Algérie, la filière laitière est particulièrement importante, mais elle fait face à des défis persistants, notamment en termes de production et de reproduction (Boudjellal et al., 2019). Le cheptel bovin, qui assure environ 80% de la production laitière nationale, a vu son effectif diminuer ces dernières années, ce qui accentue la pression sur une production déjà insuffisante pour répondre à la demande croissante en lait (Ministère de l'Agriculture, 2022).

La région de Tizi-Ouzou, l'un des principaux acteurs de la production laitière en Algérie, illustre bien ces défis. En 2023, cette région a produit 126 millions de litres de lait, représentant 4,6% de la production nationale (Office National de la Statistique, 2023). Cependant, cette performance est entachée par une baisse de production due, en partie, à des problèmes d'infertilité et d'infécondité chez les vaches laitières, comme rapporté par plusieurs études (Khemiri et al., 2021 ; Djemali et al., 2022).

L'infertilité dans les élevages laitiers est un problème croissant qui compromet les objectifs de reproduction, tels que l'obtention d'un veau par vache par an (Ramezani et al., 2020). Les paramètres de fécondité et de fertilité se sont éloignés de ces objectifs, avec un intervalle prolongé entre le vêlage et la première insémination, souvent au-delà de 100 jours et un taux de réussite en première insémination (TRIA1) en déclin (Bouchaala et al., 2021). La complexité de l'étiologie de l'infertilité bovine, souvent multifactorielle et parfois subclinique, rend difficile l'identification précise des causes et la mise en œuvre de solutions efficaces (Gatley et al., 2019).

Parmi les facteurs de risque identifiés, on distingue les facteurs extrinsèques, tels que les problèmes post-partum, l'alimentation, la gestion du troupeau, et les éléments de stress (Bourguignon et al., 2023), ainsi que les facteurs intrinsèques, comme les anomalies morphologiques, génétiques, les désordres hormonaux et les infections (Haddad et al., 2022). Ces facteurs peuvent altérer l'environnement du système reproducteur, compromettant ainsi la fécondation et la survie embryonnaire (Roche et al., 2021). L'augmentation des exigences en

production laitière, combinée à une alimentation insuffisante en énergie et à une diminution des capacités d'ingestion, contribue également à la détérioration des performances reproductrices (Khan et al., 2022).

Notre étude s'inscrit dans cette perspective et entre dans le cadre du projet de Recherche PRFU agréé et inscrit sous le code D01N01UN090120230004, dirigé par Docteur KALEM et affilié au Laboratoire de Biotechnologies liées à la Reproduction des Animaux (LBRA) de l'ISV Blida-1. La thématique choisie concerne la Gestion de la reproduction chez la vache laitière. Elle vise à contribuer à la compréhension des facteurs de risque de l'infertilité chez la vache laitière dans la région de Tizi-Ouzou. Elle se compose de deux volets complémentaires. La première partie, bibliographique, synthétisera les notions de fertilité et de fécondité ainsi que les principaux facteurs de risque identifiés. La deuxième partie, expérimentale, impliquera la collecte de données sur le terrain, des analyses de laboratoire et des enquêtes auprès des éleveurs pour évaluer l'impact des différents facteurs sur la fertilité des vaches laitières dans la région. Cette approche permettra de proposer des mesures concrètes pour améliorer la gestion de la reproduction et limiter ainsi l'incidence de l'infertilité dans les troupeaux laitiers.

# **Chapitre I : Particularités du cycle œstral chez la vache laitière**

## 1. Rappel anatomique de l'appareil reproducteur de la vache :

L'appareil génital de la vache se compose de deux parties principales : la portion tubulaire et la portion glandulaire. La portion tubulaire comprend la vulve, le vagin, l'utérus et les oviductes, tandis que la portion glandulaire comprend les deux ovaires.

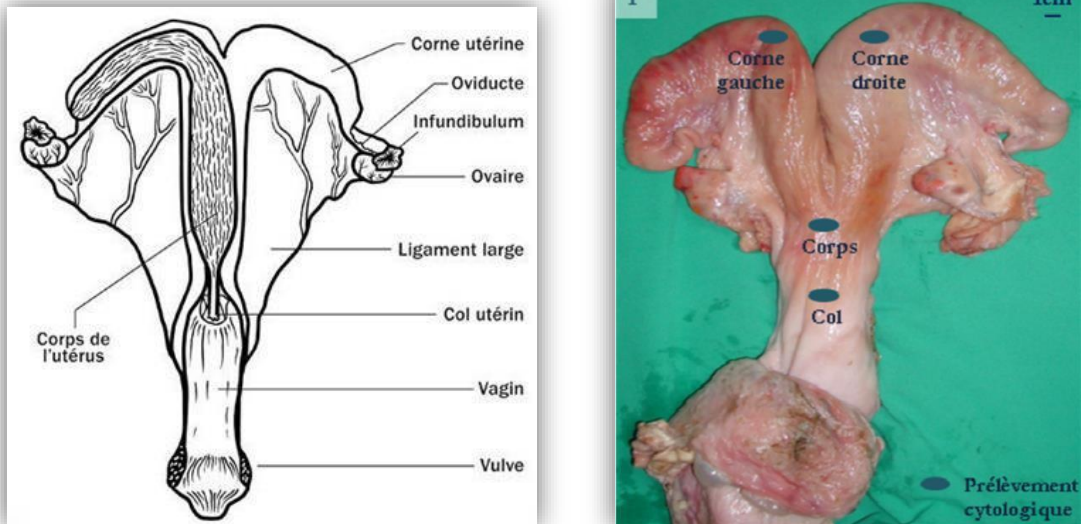


Figure 1: Appareil génital de la vache (Daragon, 2011) .

### 1.1. Vulve :

La vulve est constituée de deux lèvres vulvaires, qui se rejoignent au niveau de deux commissures (dorsale et ventrale) (Badinand., Bedouet., Cosson., Hanzen., Vallet., 2000) au niveau de la commissure ventrale que se trouve situé sous un repli de la muqueuse le clitoris (5 à 6 mm de diamètre mais 10 à 12 cm de longueur) et son muscle rétracteur. L'irrigation de la vulve est assurée par des branches de l'artère honteuse externe. Son innervation provient principalement des nerfs honteux (Hanzen, 2010).

### 1.2. Vagin :

C'est un conduit impair et médian, très dilatable d'une longueur moyenne de 30 cm et d'une largeur qui ne dépasse pas 5 à 6 cm chez la vache (Hanzen, 2010).

### 1.3. Utérus Ou Matrice :

Aussi appelé matrice (Metra), l'utérus est l'organe de la gestation (Hanzen, 2010), situé entre le vagin et les oviductes comprenant le col, le corps et les deux cornes et assurant le développement de l'embryon puis du fœtus (Badinand., Bedouet., Cosson., Hanzen., Vallet.,

2000). L'utérus pèse en moyenne 400 grammes (200 à 550 grammes) et représente 1/1500ème du poids vif de l'animal (Hanzen, 2010).

### **1.3.1. Col utérin (ou Cervix) :**

Partie caudale de l'utérus située sur le plancher du bassin, d'une longueur d'environ 10 cm et d'un diamètre compris entre 2 et 5 cm, il sépare le vagin du corps utérin. De nature essentiellement fibreuse, il présente peu de modifications anatomiques en dehors de la parturition (Badinand., Bedouet., Cosson., Hanzen., Vallet., 2000).

### **1.3.2. Corps utérin :**

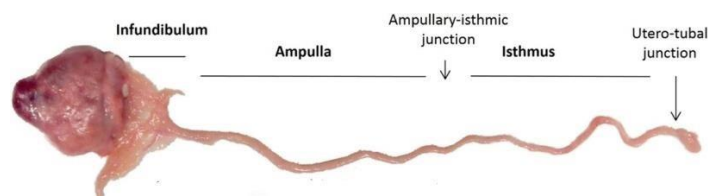
Segment moyen de l'utérus ; très court chez la vache (quelques cm), il est compris entre le col utérin caudalement et les deux cornes utérines crânialement (Badinand., Bedouet., Cosson., Hanzen., Vallet., 2000).

### **1.3.3. Cornes utérines :**

Segment crânial de l'utérus ; longues, recourbées, jointes caudalement et effilées crânialement, elles ont un diamètre compris entre 2 et 5 cm. De nature essentiellement musculieuse (myomètre), elles présentent d'évidentes modifications de consistance au cours du cycle œstral. Leur paroi interne, l'endomètre, est largement impliquée dans la régulation du cycle (sécrétion de prostaglandines) (Badinand., Bedouet., Cosson., Hanzen., Vallet., 2000).

## **1.4. Oviducte :**

L'oviducte ou trompe utérine ou trompes de Fallope ou Salpinx ; conduit tubulaire, flexueux, comprenant de l'arrière vers l'avant l'isthme, l'ampoule et le pavillon. Il assure la captation de l'ovocyte et est le siège de la fécondation et du développement embryonnaire jusqu'au 4ème ou 5ème jour (Badinand., Bedouet., Cosson., Hanzen., Vallet., 2000).



**Figure 2: Illustration de l'oviducte bovin (Maillo, 2016)**

### **1.5. Ovaires :**

Glandes génitales situées dans l'abdomen, responsables de la gamétogenèse (développement folliculaire et ovocytaire) et de fonctions endocrines régulatrices du cycle œstral et de la folliculogenèse (Hanzen, 2010). L'ovaire de la vache mesure 35 à 40 mm de long, 20 à 25 mm de hauteur et 15 à 20 mm d'épaisseur. Le poids est de 4 à 6 g à la puberté (Benchaib, 2018).

## **2. Physiologie de la reproduction de la vache :**

### **2.1. Puberté :**

La puberté marque le début de la maturation sexuelle chez les animaux, se traduisant chez les femelles par l'apparition des premiers cycles de chaleurs (Badinand, 2000). La puberté se manifeste généralement entre 6 et 18 mois, moment où l'animal atteint environ la moitié de son poids adulte.

La maturation sexuelle des génisses se marque par la première ovulation et une concentration de progestérone dans le plasma supérieure à 1 ng/ml (Post et Reich, 1980). La sécrétion de GnRH par l'hypothalamus est le principal déclencheur de la puberté, mais d'autres éléments tels que l'espèce, la génétique, la nutrition, le poids corporel, les hormones, la santé et la gestion jouent également un rôle dans le processus de croissance, de puberté et de maturation sexuelle (Gupta et al., 2016).

### **2.2. Cycle œstral :**

La durée typique du cycle œstral est de 21 jours pour les vaches et de 20 jours pour les génisses. Il se divise en quatre phases dont deux sont reliées à la phase folliculaire (pro-œstrus et œstrus), marquée par le développement des follicules menant à l'ovulation et deux autres sont reliées à la phase lutéale (met-œstrus et di-œstrus) pendant laquelle le follicule ovulatoire se métamorphose en corps jaune (Des Côteaux et Vaillancourt, 2012b). En moyenne, la phase folliculaire dure 4 jours, tandis que la phase lutéale s'étend sur une période de 17 jours (Leborgne et al., 2013).

## **2.3. Phases du cycle œstral :**

### **2.3.1. Pro-œstrus :**

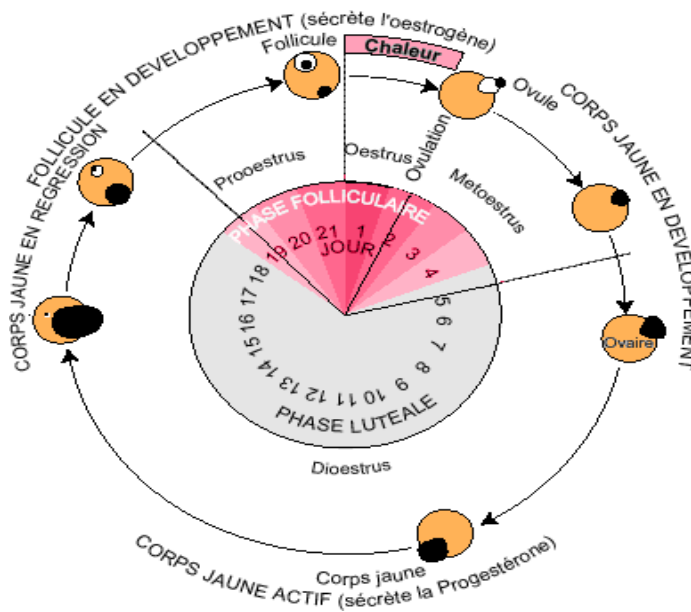
Le pro-œstrus dure environ 2 à 3 jours et se caractérise par la régression du corps jaune et la phase finale de croissance du follicule ovulatoire. À mesure que les niveaux de progestérone dans le sang diminuent, la LH et les œstrogènes interagissent de manière positive, induisant une augmentation rapide de la production d'œstrogènes par le follicule ovulatoire, ce qui entraîne une augmentation des concentrations sanguines. À ce stade, le corps jaune est déjà en phase de régression (Larson et Randle ., 2007).

### **2.3.2. Œstrus :**

L'œstrus est la période durant laquelle la génisse accepte le chevauchement (Badinand et al., 2000). Cette phase dure en moyenne 1 jour (Soltner., 2001). Pendant l'œstrus, la production de mucus vaginal et cervical augmente considérablement ; il est possible d'observer du mucus pendre à la vulve ou enroulé autour de la queue. Avant cette période, le corps jaune a déjà été dissous, donc la production de progestérone est très basse. L'hormone lutéinisante (LH) atteint un pic élevé pendant l'œstrus, déclenchant ainsi l'ovulation. Par ailleurs, les niveaux d'œstrogènes diminuent par rapport aux niveaux élevés observés juste avant l'œstrus (Larson et Randle ., 2007).

### **2.3.3. Met-œstrus :**

Pendant le met-œstrus, qui dure de 3 à 5 jours (Figure 03), l'ovulation se produit environ 10 à 15 heures après la fin de l'œstrus. Pendant cette période, le corps jaune est en développement précoce. Les éleveurs peuvent observer un léger écoulement vulvaire sanguin chez certaines génisses en raison de la rupture de petits vaisseaux dans l'endomètre. Les niveaux de progestérone sont encore bas mais augmentent légèrement (Larson et Randle ., 2007).



**Figure 3 : Cycle œstral de la vache (Wattiaux, 1998)**

**2.3.4. Di-œstrus :**

Une période du cycle œstral s'étendant sur 10 à 14 jours, marquée par l'activité maximale du corps jaune (Badinand et al., 2000). Pendant les premiers jours du di-œstrus, le corps jaune augmente progressivement sa production de progestérone à mesure qu'il se développe, sa capacité de production hormonale augmente. Au fur et à mesure que le di-œstrus progresse, les concentrations de progestérone dans le sang se stabilisent. Vers la fin de cette période, la  $PGF2\alpha$  lyse le corps jaune et déclenche un retour en chaleurs (Larson et Randle., 2007).

**2.4. Hormonologie du cycle sexuels chez la vache :**

Le cycle œstral est régulé par des hormones sécrétées par l'hypothalamus (GnRH), l'antéhypophyse (FSH) et (LH), l'ovaire (œstradiol et progestérone), et l'utérus ( $PGF2\alpha$ ). Ces hormones agissent comme des messagers chimiques circulant dans le sang vers des tissus cibles spécifiques contenant des récepteurs hormonaux, régulant ainsi les différentes phases du cycle œstral.

**Tableau 1: Les hormones impliquées dans la régulation du cycle œstral chez la vache (Moorey et al., 2019)**

<b>Hormone</b>	<b>La Glande endocrine</b>	<b>Fonction de l'hormone</b>
<b>Progestérone</b>	<b>Corps jaune</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Inhibe l'œstrus</li> <li>➤ Inhibe l'ovulation</li> <li>➤ Prépare l'animal pour la gestation</li> <li>➤ Maintien de la gestation</li> </ul>
<b>Prostaglandine F2<math>\alpha</math></b>	<b>Utérus</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Induire la régression lutéale</li> </ul>
<b>Gonadotrophine releasing Hormone (GnRH)</b>	<b>Hypothalamus</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Contrôle la sécrétion de LH</li> <li>➤ Induit un pic de gonadotrophine</li> </ul>
<b>Follicule Stimulating Hormone (FSH)</b>	<b>Antéhypophyse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Initiation d'une vague folliculaire</li> </ul>
<b>Hormone lutéinisante (LH)</b>	<b>Antéhypophyse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Induction de l'ovulation</li> <li>➤ Maturation des ovocytes Formation du tissu lutéal</li> </ul>
<b>L'œstrogène</b>	<b>Le follicule ovarien</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Induit l'œstrus</li> <li>➤ Transport des spermatozoïdes</li> </ul>

## **2.5. Régulation du cycle œstrale chez la vache :**

### **2.5.1. Régulation des vagues folliculaire :**

D'après Fortune (1994), les mammifères présentent deux schémas généraux de développement folliculaire antral. Pour certains, comme les bovins, moutons et chevaux, les follicules ovulatoires se développent par vagues séquentielles pendant les phases folliculaire et lutéale. En revanche, chez d'autres, tels que les primates, porcs et rongeurs, les follicules ovulatoires se développent uniquement pendant la phase folliculaire. Adams (1999), indique que chez les bovins, le cycle œstral comporte généralement deux à trois vagues folliculaires, chacune débutant par le recrutement d'une cohorte de follicules antraux. Un follicule

dominant est ensuite sélectionné pour une croissance continue, tandis que les autres deviennent atrophiques. Chez les vaches, les vagues folliculaires peuvent être détectées à divers stades reproducteurs, avec une reprise après le vêlage grâce à l'augmentation de FSH (Schallenberger et Prokopp, 1985). Murphy et al (1990) et Crowe et al. (1993) ont également observé cette reprise post-partum. Selon Adams (1999), les vagues folliculaires chez les bovins se déroulent en trois stades : recrutement, sélection et dominance.

#### **2.5.1.1. Recrutement :**

La phase de recrutement concerne des follicules ayant atteint une taille adéquate, généralement d'environ 2 mm (Mialot., Constant., Chastant-Maillard., Ponter., Grimard., 2001). Un follicule est qualifié de recruté lorsqu'il est apte à réagir à la stimulation des gonadotrophines. À intervalles réguliers de 7 à 10 jours, le début du recrutement est provoqué par une élévation de FSH (Figure 04). En se liant aux récepteurs des cellules de la granulosa des follicules, La FSH hypophysaire stimule l'activité de l'aromatase des cellules de la granulosa (Dorrington et al., 1975, Erickson et al., 1978), favorisant ainsi l'aromatation des androgènes en œstrogènes. Cela favorise la conversion des androgènes en œstrogènes et induit également la production d'inhibine (Driancourt, 2001).

#### **2.5.1.2. Sélection :**

La sélection folliculaire est le processus par lequel un seul follicule de la cohorte recrutée est choisi pour continuer à croître et devenir dominant, tandis que les autres follicules de la cohorte subissent l'atrophie (Figure 04). Lorsque les concentrations circulantes de FSH diminuent, les petits follicules semblent incapables de poursuivre leur croissance. Parallèlement, le follicule sélectionné, devenu dominant, pourrait modifier sa dépendance de FSH à LH (Beg et Ginther, 2006; Lucy, 2007). Cette diminution de FSH est probablement induite par l'augmentation des concentrations d'œstradiol et peut-être d'inhibine produites par la cohorte de follicules recrutés (Ginther et al., 2000b; Beg et Ginther, 2006; Martin et al., 1988). Ces hormones peuvent rétroagir sur l'axe hypothalamo-hypophysaire pour supprimer sélectivement la sécrétion de FSH. Durant cette phase, le follicule sélectionné continue de croître tandis que les autres follicules entrent en atrophie (Ginther et al., 1996b). Chez les bovins, cette sélection folliculaire se produit généralement lorsque le plus gros follicule atteint un diamètre d'environ 8 mm, quelques jours après le début de la vague folliculaire ou après le pic de LH (Ginther et al., 1997; Ginther et al., 1999; Kulick et al., 1999).

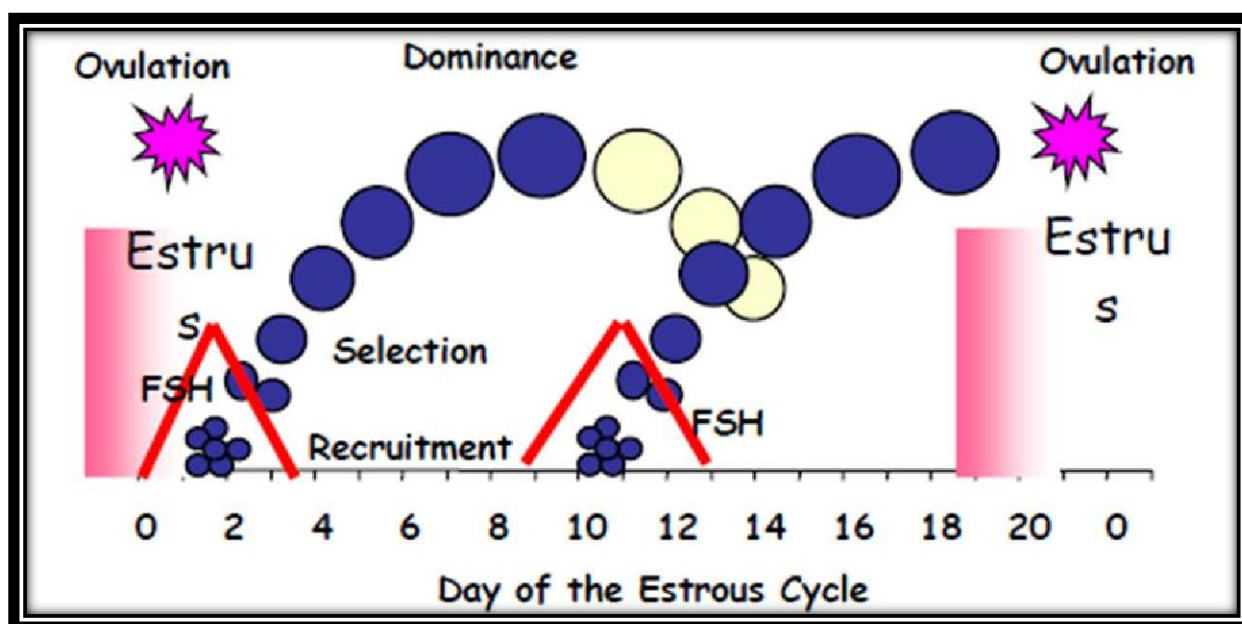


Figure 4 : Régulation des vagues folliculaire (Kojima et Patterson, 2003).

### 2.5.1.3. Dominance :

La phase de dominance de la vague folliculaire se produit lorsque le follicule sélectionné continue à croître plus rapidement que les follicules subordonnés, inhibant ainsi l'émergence d'une nouvelle vague folliculaire (Ginther et al., 1996b; Lucy, 2007). Une fois qu'un follicule dominant est établi, le recrutement folliculaire est inhibé jusqu'à ce que la dominance soit contestée ou que l'ovulation survienne (Figure 04). Cette inhibition du recrutement folliculaire peut être due à une suppression de l'augmentation temporaire des concentrations de FSH circulantes (Adams, 1999). Une autre hypothèse suggère que le follicule dominant inhibe directement la croissance des petits follicules par la sécrétion de facteurs agissant sur les autres follicules de l'ovaire. Quel que soit le mécanisme, la destruction ou l'ovulation du follicule dominant entraîne une augmentation temporaire des concentrations de FSH circulantes, amorçant ainsi une nouvelle vague folliculaire (Adams et al., 1992).

### 2.5.2. Régulation hypothalamo-hypophyso-ovarien (HHO) :

L'hypothalamus, véritable régulateur de l'activité sexuelle, reçoit des informations du cortex et des ovaires (Figure 05). À travers la GnRH, il induit la libération de la FSH par l'hypophyse, ce qui entraîne la croissance d'un ou de plusieurs follicules dans les ovaires. Ces

follicules produisent des œstrogènes responsables des modifications (anatomiques, physiologiques et comportementales) observées pendant les chaleurs (Saumande, 1991).

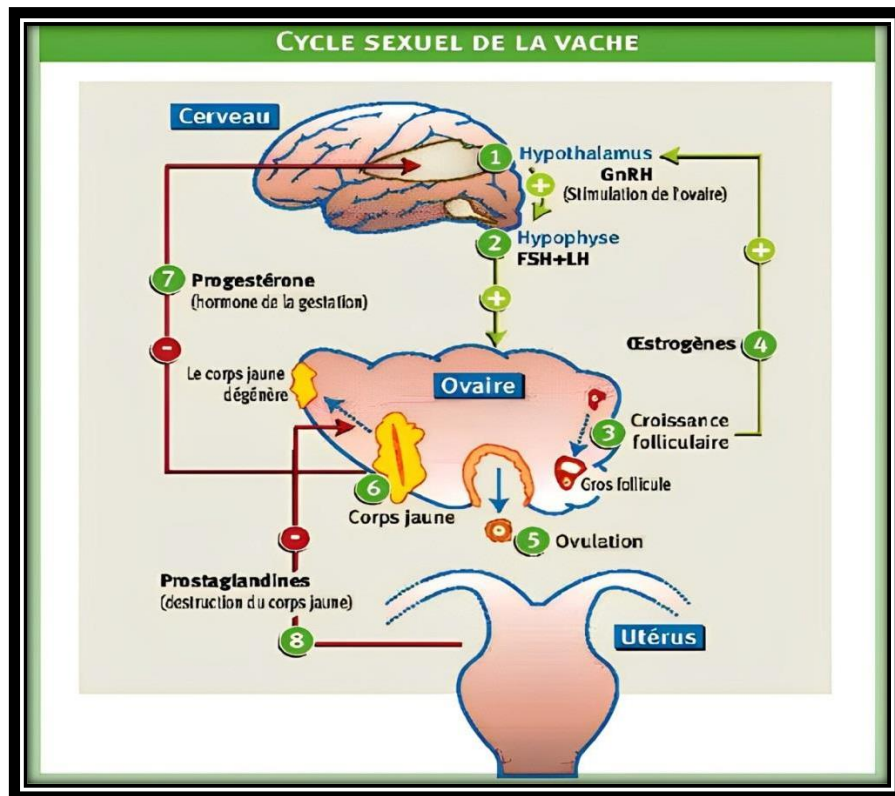


Figure 5 : Endocrinologie de cycle sexuels chez la vache (Anonyme.,2003)

Lorsque les niveaux d'œstrogènes atteignent un seuil critique (Œstrus), ils activent un processus de rétrocontrôle positif au niveau de l'hypothalamus. Cela entraîne la libération de LH par l'hypophyse (Figure 05). Ce pic de LH stimule la maturation des follicules, déclenche l'ovulation et favorise la formation du corps jaune. Le corps jaune produit alors de la progestérone, qui exerce un effet de rétroaction négative sur l'hypothalamus, inhibant ainsi la croissance ultérieure des follicules.

À la phase finale du cycle (Di-œstrus), la  $PGF2\alpha$  sécrétée par l'utérus provoque la régression du (ou des) corps jaune(s) et une diminution du taux de progestérone. L'inhibition progestéronique levée, permet à l'hypothalamus d'initier le démarrage d'un nouveau cycle (Arbouche, 2011).

## **Chapitre II : Paramètres d'évaluation de la reproduction**

## 1. Notion de fécondité :

### 1.1. Définition :

- Fécondité :

Elle est définie comme la capacité d'une femelle à mener une gestation, mettant bas a un produit vivant et viable, elle a un sens économique et peut se traduire par intervalle entre deux vêlages (Badinand et al., 2000). D'après Chevallier et Champion (1996), la fécondité est définie comme un aspect économique reflétant la capacité d'une femelle à être fécondée dans un délai requis. Selon Seegers et Malher (1996), elle est définie comme la capacité à mener à terme une nouvelle gestation dans un délai précis à partir du vêlage précédent.

- Infécondité :

Elle est plus habituellement exprimée dans un troupeau de génisses par un âge au premier vêlage supérieur à 24 mois voire 36 mois, et dans celui des vaches par un intervalle entre deux vêlages successifs [V-V] ou intervalle entre vêlage et insémination fécondante [V-IF] respectivement supérieur à 365 et 100 jours. C'est un paramètre technico économique qui comporte une notion temps dépendante (scohy, 2019). Elle est bien traduite

$$\text{Taux de fécondité} = \frac{\text{nombre de produits nés, morts et vivants}}{\text{nombre de femelles mises à la reproduction}}$$

### 1.2. Paramètres de fécondité des génisses :

#### 1.2.1 L'âge au premier vêlage :

Ou intervalle naissance – premier vêlage

Cet intervalle, c'est-à-dire le temps entre deux événements importants pour l'animal. Selon Hanzen (1999), atteindre un âge de premier vêlage de 24 mois est considéré comme un objectif idéal, par exemple, si une vache peut avoir son premier veau à l'âge de 24 mois, cela apporte plusieurs avantages :

- **Réduire la période de non productivité des génisses.**
- **Diminuer le nombre nécessaire au remplacement des animaux réforme.**
- **Accélérer le progrès génétique par une diminution de l'intervalle entre générations.**

### **1.2.2. Intervalle naissance – insémination fécondante :**

L'intervalle entre la naissance et l'insémination fécondante fait référence à la période de temps qui s'écoule entre la naissance d'un animal et le moment où il est inséminé avec succès.

Par rapport au précédent, ce paramètre est plus actuel, les événements susceptibles de l'influencer étant plus proches du moment de l'évaluation. En effet il est calculé sur les génisses ayant eu une insémination fécondante (confirmée par un diagnostic précoce ou tardif de gestation) au cours de la période d'évaluation. La valeur de référence de cet intervalle est de 15 mois (Hanzen., 2012).

### **1.3. Paramètres de fécondité des vaches :**

#### **1.3.1. Intervalle vêlage –insémination fécondante :**

Mesuré en jours, représente le temps écoulé entre l'insémination fécondante et le vêlage précédent (Schoy, 2019) ; il est étroitement associé à l'intervalle entre les vêlages (IVV), souvent considéré comme le principal indicateur de la reproduction, même s'il survient tardivement (Barr, 1975).

À titre individuel, une vache est considérée comme inféconde si l'intervalle entre le vêlage et la première insémination réussie dépasse 110 jours. Pour le troupeau, l'objectif optimal est d'atteindre un intervalle moyen de 85 jours (Bendiab, 2012).

#### **1.3.2. Intervalle vêlage – vêlage (IVV) :**

Cet intervalle rassemble trois intervalles : le délai de mise à la reproduction, le temps perdu en raison d'échec de l'insémination artificielle et la durée de gestation (Cauty., 2003). Un IVV optimal se situe généralement autour de 365 jours.

D'après Vandeplassche (1985), si l'intervalle entre les vêlages dépasse 13 mois, cela entraîne une perte économique, principalement en termes de production de veaux et de lait, ce qui affecte directement les revenus de l'éleveur.

#### **1.3.3. Intervalle vêlage – 1er chaleur :**

L'intervalle entre le vêlage et la première chaleur est le temps écoulé entre la mise bas d'une vache et le retour de son cycle œstral, marqué par les signes de chaleur. L'évaluation de ce paramètre est importante car la fertilité ultérieure de la vache dépend, entre autres facteurs, d'une reprise précoce de l'activité ovarienne après le vêlage (Menge et al. 1962, Thatcher et Wilcox 1973, Stevenson et Call 1983). D'après Hanzen (1999), pour une vache laitière

allaitante, l'intervalle entre le vêlage et la première chaleur est de 35 jours, tandis qu'il est inférieur à 40 jours selon Badinand et al (2000).

#### **1.3.4 Intervalle vêlage -1re insémination (période d'attente) :**

La période d'attente, également connue sous le nom de "voluntary wait period" en anglais, correspond à l'intervalle de temps entre le vêlage et la première insémination artificielle d'une vache (Hanzen, 2005).

La mise à la reproduction des vaches est préférable à partir du 60e jour après le vêlage, c'est le moment où 85% à 95% des vaches a déjà repris leur cycle de chaleur. Le taux de réussite à la 1ère insémination est optimal entre le 60e et les 90 jours post-partum (Royal et al., 2000).

## **2. Notion de fertilité :**

### **2.1. Définition :**

- **Fertilité :**

C'est la capacité d'un animal à être fécondé, évalué à travers les taux de réussite des inséminations (Cauty et Perreau., 2003). Selon Hanzen (1994) la fertilité se définit par le nombre d'inséminations nécessaires pour qu'une vache conçoive et maintienne une gestation après une insémination effectuée au moment optimal par rapport à l'ovulation.

- **Infertilité :**

Selon Badinand et al (2000), l'infertilité chez les vaches laitières se définit par leur incapacité à concevoir ou à mener une grossesse après avoir été soumises à des tentatives d'insémination ou de reproduction naturelle pendant une période déterminée. Pour être considérée comme infertile, une vache doit avoir été inséminée plus de deux fois, quels que soient les résultats des tentatives ultérieures (Hanzen, 2012).

$$\text{Taux de fertilité} = \frac{\text{Nombre de femelle gestantes}}{\text{nombres de femelles mises à la reproduction}}$$

## 2.2. Paramètres de fertilité :

### Index de fertilité (indice coïtal) :

Indique le nombre d'inséminations, qu'elles soient naturelles ou artificielles, réalisées à des intervalles de plus de cinq jours, nécessaires à l'obtention d'une gestation (Hanzen, 2005).

$$IC = \frac{\text{Nombre total d'inséminations}}{\text{Nombre d'inséminations fécondantes}}$$

#### - Index de fertilité total (ou réel) IFT

Nombre d'inséminations réalisé sur les vaches qui ne sont pas devenues gestantes et des inséminations qui ont été réalisés sur les vaches qui sont devenues gestantes (Hanzen, 2005).

$$IFT = \frac{(\text{Nombre IA sur les vaches gestantes} + \text{Nombre IA sur les vaches non gestantes})}{\text{Nombre de vaches gestantes}}$$

Index réel :  $N < 2,5$

#### - Index de fertilité apparent IFA

Nombre d'insémination n'est calculé que sur les vaches qui sont devenues gestantes (Hanzen, 2005).

$$IFA = \frac{\text{Nombre d IA sur les vaches gestantes}}{\text{Nombre vaches gestantes}}$$

Index apparent :  $N < 1,5$  (génisse)  $N < 2$  (Vache)

### Taux de gestation

#### - Taux de gestation totale (Conception rate) %

Exprime le pourcentage de vaches gestantes par rapport aux vaches inséminées

$$TGT = \frac{\text{Nombre de vaches inseminees devenue gestantes}}{\text{Nombre de vaches inseminees}}$$

#### - Le pourcentage de vaches avec 3 I.A (ou Saillies) et plus (Le % de repeat breeding)

Il s'agit d'un pourcentage de vaches non gestantes après les deux premières IA.

Les vaches qui ont déjà été inséminées deux fois mais qui sont diagnostiquées non-gestantes et celles qui ont été réformées après la deuxième IA (Dorothee Ledoux., 2011)

#### - Le taux de réussite à la 1ère insémination

Proportion de fécondation obtenues après une seule insémination (Seegers et al., 1996).

$$\%TRI1 = \frac{\text{Nombre de 1ère insémination positive}}{\text{Nombre total des vaches mises reproduction}} * 100$$

**Tableau 2 : Objectifs de la fertilité chez la vache laitière**

Paramètres de fertilité de vaches laitières	Objectifs (Vallet et al., 1984)	Objectifs (Serieys, 1997)
Taux de réussite en 1ère insémination (TRI1)	Supérieur à 60 %	Supérieur à 55-60 %
Pourcentage des Vaches à 3 Inséminations ou +	Inférieur à 15 %	Inférieur à 15-20 %
Nombre D'inséminations Nécessaires à la Fécondation (IA/IF)	Inférieur à 1.6	1.6 à 1.7

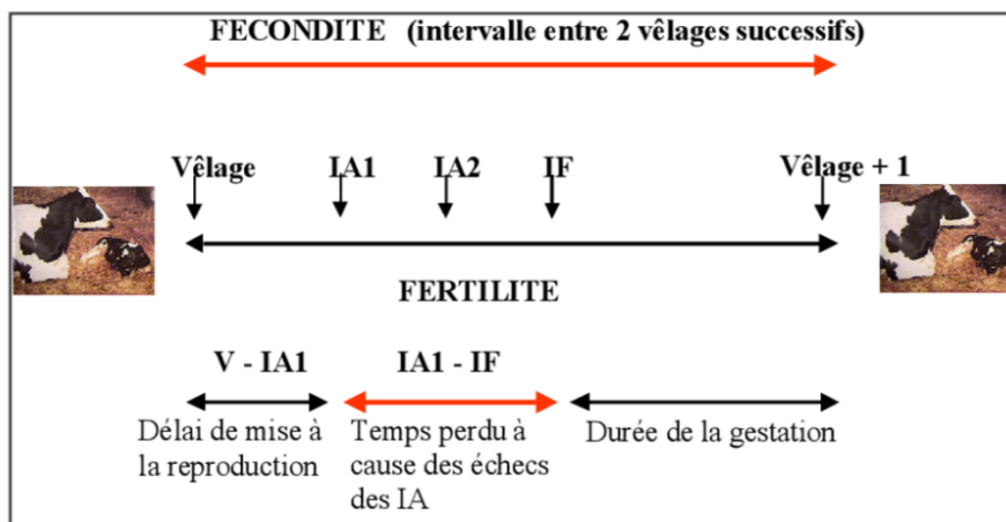


Figure 6 : Notion de fertilité et de fécondité des élevages bovins laitiers (Tillard et al., 1999)

# **Chapitre III : Facteurs de risque de l'infertilité**

## **1. Facteurs individuels :**

### **1.1. Age :**

L'âge des femelles peut influencer les taux de conception. À mesure que les bovins vieillissent, leur capacité de reproduction diminue (Erickson et al., 1976). Selon Chebel et al (2004), les vaches laitières primipares ont des taux de conception plus élevés par rapport aux vaches multipares, cependant des taux de maintien de gestation plus faibles ont été rapportés chez les vaches laitières âgées de 5 à 8 ans que chez les plus jeunes (Starbuck et al., 2004). La quantité et la qualité des embryons transférables produits lors de la super ovulation diminuent avec l'âge (Lerner et al., 1986).

### **1.2 Production laitière :**

Les recherches sur les effets de la production laitière sur les performances et les problèmes de reproduction présentent des résultats contradictoires (Walther, 2007). Cette situation est en partie due au manque d'harmonisation des paramètres d'évaluation utilisés. D'après Hanzen (1994), ces études sont influencées par des facteurs complexes tels que le stade de lactation, la gestion du troupeau, les pratiques d'insémination, la nutrition et la présence de maladies intercurrentes.

L'augmentation de la production laitière est associée à des intervalles prolongés entre le vêlage et la première chaleur (Hageman et al., 1991), ainsi qu'entre le vêlage et la première insémination (Coleman et al., 1985). De plus, elle est également liée à une réduction de la fertilité (Hewett, 1968).

Bouchard (2003) suggère que lorsque la première insémination artificielle est pratiquée dans les trois premiers mois de la lactation, les chances de conception dès la première saillie diminuent, entraînant ainsi un nombre total d'inséminations plus élevé.

### **1.3. Génétique :**

La plupart du temps, on estime que l'héritabilité des performances de reproduction est faible, généralement comprise entre 0,01 et 0,05 selon Philipsson (1981). D'après Hanset et al (1998), cité par Hanzen (1996), les vaches issues de croisements tendent à avoir une fertilité supérieure à celle des races pures, alors que les vaches consanguines montrent une fertilité réduite.

D'après Brisson et al (2003), les vaches génétiquement modifiées peuvent éprouver des difficultés lors du vêlage. L'étude de Harrison et son équipe confirme cette observation, démontrant que les vaches bénéficiant d'une amélioration génétique rencontrent plus de difficultés lors du vêlage.

#### **1.4. Gémellité :**

La gémellité chez les bovins augmente le risque de mortalité embryonnaire et foetale. Les vaches gestantes de jumeaux sont plus susceptibles de perdre leur grossesse que celles qui portent un seul veau (Eckternkamp et Gregory, 1999). Les vaches laitières gestantes avec deux corps jaunes perdaient leur gestation plus fréquemment entre les semaines 5 et 9 de gestation que celles avec un seul CJ (27 % contre 9 %) (Starbuck et al., 2004).

En effet, les statistiques indiquent que 38% des grossesses gémellaires se terminent par un avortement visible ou une naissance mort-née (Erb et Morrison, 1959). Le risque de perte est particulièrement élevé entre les semaines 5 et 9 de gestation (Starbuck et al., 2004). En effet, la mort d'un fœtus entraîne généralement la mort de l'autre en raison de la fusion des placentas (anastomose) présente dans environ 90 % des grossesses gémellaires chez les vaches (Eckternkamp, 1992).

## **2. Troubles nutritionnels :**

Une alimentation équilibrée et nutritive est cruciale pour garantir la fertilité et la santé reproductive des vaches laitières (Bonnes et al., 2005).

Selon Veillet (1995), environ 60 % des problèmes de reproduction chez les animaux sont attribuables à des troubles alimentaires.

### **2.1. Déséquilibre énergétique :**

Le déséquilibre énergétique survient lorsque l'apport énergétique dépasse ou ne satisfait pas les besoins énergétiques.

#### **2.1.1. Déficit énergétique :**

Le système reproducteur des bovins est particulièrement sensible aux déficits énergétiques (Dudouet, 1999). Une ration déficitaire en énergie amène à un retard de croissance chez la génisse ; la survenue de la puberté dépend très fortement du poids vif, bien plus que de l'âge. Une diminution du GMQ (Gain Moyen Quotidien) retarde l'apparition de la

puberté (Poncet, 2002). En outre, un amaigrissement post-pubertaire affecte sensiblement le taux de conception (Paragon, 1991).

Chez les vaches avec un bilan énergétique négatif, seulement 16,7 % des premières ovulations sont accompagnées de signes d'œstrus, comparativement à 60 % chez celles avec un bilan énergétique positif (Spicer et al., 1990). L'expression des chaleurs s'améliore progressivement que le bilan énergétique retourne vers des valeurs positives : 34,4 % des œstrus sont détectés lors de la 1ère ovulation, 72 % à la 2ème, 83 % à la 3ème (Villa-Godoy et al., 1988).

Un déficit en énergie ante-partum aggrave le déficit énergétique post-partum. Les vaches perdent alors de l'état pendant le tarissement : de 3-3.5 en fin de lactation, elles arrivent au vêlage avec une note de 2.5-3, inférieure à l'objectif de 3.5-4. Le bilan énergétique post-partum sera négatif plus longtemps et de façon plus intense, la reprise de l'activité ovarienne sera retardée, d'où l'allongement des intervalles IV-1ère ovulation, IVIA1, IV-IF. De plus, l'expression des chaleurs est diminuée et le repeat-breeding est plus fréquent (Markusfeld et al., 1997).

### **2.1.2. Excès énergétique :**

La suralimentation énergétique pendant la période sèche prédispose les vaches à la cétose, à la stéatose, à des parésies, ainsi qu'aux pathologies infectieuses dont les métrites et les mammites. Le surengraissement ante-partum est responsable de dystocies par excès de tissu adipeux dans la filière pelvienne et par inertie utérine ; ce qui favorise la survenue de rétentions placentaires chez deux-tiers des vaches laitières (Enjalbert, 1994). La non-délivrance se complique souvent de métrites, qui diminuent le taux de réussite à l'insémination (Mayer, 1978 ; Boisclair et al., 1987 ; Barnouin et al., 1988).

Les vaches vêlant avec une note supérieure à 4 ont des intervalles IV-1ères chaleurs, IV-1ère ovulation, IV-IA1, IV-IF allongés et un rapport IA/IF plus élevé que des vaches notées 3.5-4 au vêlage. La suralimentation énergétique ante-partum augmente le pourcentage de chaleurs silencieuses (de 13% à 50%), retarde le premier œstrus (vers 72 jours post-partum au lieu de 24-30 jours) et la fécondation (+ 24 jours).

### **2.2. Déséquilibre azoté :**

Le niveau d'urée dans le sang ou le lait reflète la quantité d'azote ingéré. Le dosage se fait à partir du lait prélevé à l'heure de la traite. Un niveau optimal se situe généralement entre

10 et 16 mg/dl. Tant un déficit qu'un excès peuvent avoir des effets néfastes sur la reproduction des animaux (Wathiaux, 1994).

### **2.2.1. Déficit azoté :**

Un déficit azoté caractérisé par un apport inférieur à 13% de la MAT (Matière Azotée Totale) conduit à une diminution de la digestibilité des fourrages, ce qui entraîne une réduction de l'apport énergétique disponible.

Les déficiences en azote ne jouent un rôle dans la reproduction que lorsqu'elles sont sévères et persistent sur une longue période (Enjalbert, 1998). Elles se traduisent par des troubles de fertilité et augmente le risque de mortalité embryonnaire en début de gestation (Curtis et al, 1985 ; Abdelilah, 2006).

### **2.2.2. Excès azoté :**

Un surplus d'azote peut entraîner des dysfonctionnements susceptibles de provoquer des problèmes d'infertilité, notamment un risque accru de morts embryonnaires en début de gestation (Espie Et Boucher-Couzi, 2010). Selon Tillard et al (2007), un excès azoté pourrait être à l'origine des avortements pendant la période de tarissement, du syndrome de la vache couchée et des problèmes de rétention placentaire. Les vaches alimentées avec une ration à forte teneur en azote dégradable perdent davantage de poids en début de lactation, présentent un intervalle entre le vêlage et la première insémination plus faible et voient l'intervalle entre le vêlage et l'insémination artificielle fécondante prolongé (Westwood et al, 2002 cité par Njong, 2006).

## **2.3. Déséquilibre alimentaire en minéraux et en vitamines :**

Les minéraux et les vitamines jouent un rôle crucial dans la reproduction des vaches. Leur impact, qu'il soit direct ou indirect, est significatif et influence la capacité des vaches à mettre bas des veaux en bonne santé (Wathiaux, 1994).

### **2.3.1. Calcium :**

#### **2.3.1.1. Déficit calcique (hypocalcémie) :**

La carence en calcium se traduit par des troubles de la fécondité avec un retard d'involution utérine et d'apparition de cyclicité après le vêlage (Vallet, 2000).

#### **2.3.1.2. Excès calcique (hypercalcémie):**

Les excès de calcium alimentaire augmentent le pH intestinal et favorisent la formation de complexes minéraux peu solubles et peu digestibles. Ils se traduisent par une diminution de l'absorption intestinale du phosphore, du magnésium, du zinc, du cuivre, de l'iode et du

manganèse. Des variations trop importantes du ratio calcium/phosphore liées à des apports inversés sont associées également à une baisse des performances de reproduction (Tillard, 2010).

### **2.3.2. Phosphore :**

#### **2.3.2.1. Déficit en phosphore (hypophosphatémie) :**

Une diminution des apports en phosphore induit généralement une baisse de la fertilité ou un allongement de la période d'attente (Tillard, 2010). Selon Chbat (2012), un déficit de 50% des besoins se traduit par une augmentation de la fréquence des cas de « repeat breeding», des kystes ovariens et de l'anoestrus.

#### **2.3.2.2. Excès en phosphore (hyperphosphatémie) :**

L'excès de phosphore est également connu pour favoriser la formation de complexes insolubles avec le magnésium et augmenter la fréquence des troubles de la reproduction (Tillard, 2010).

### **2.3.3. Magnésium :**

#### **2.3.3.1. Déficit en magnésium (hypomagnésémie) :**

Des longs vèlages, des non délivrances et des retards d'involution utérine suite à une diminution de contractilité du myomètre ont été liés à des carences en magnésium (Vallet, 2000).

#### **2.3.3.2. Excès en magnésium (hypermagnésémie) :**

L'apport excessif en Magnésium peut gêner l'absorption du Calcium et du phosphore et prédispose ainsi à d'autres troubles métaboliques comme la fièvre du lait (Payne, 1983).

#### **2.3.3.3. Oligoéléments et vitamines :**

La relation entre oligoélément, les vitamines et fertilité reste très controversée, les carences en Cobalt, Cuivre, Iode, Sélénium, vitamine A peuvent affecter les performances de reproduction (Tillard et al., 2007).

## **3. Troubles sanitaires :**

### **3.1. Mammites :**

Les mammites, principalement causées par des bactéries chez les bovins, sont des infections de la glande mammaire (Hansen, 2002). Leur effet sur la reproduction est sujet de

beaucoup de controverses. Fourichon et al (2000) sous-estiment leur impact, tandis que d'autres signalent des effets néfastes. Des études antérieures ont révélé que la survenue d'une mammite clinique en début de lactation entraîne une baisse des performances de reproduction se traduisant par une augmentation de l'IVIA1, IVIF ainsi qu'une diminution du TRIA1 (Nava Trujillo et al., 2010 ; Yang et al., 2012).

Environ 30% des vaches atteintes de mammite chronique présentent un retard d'ovulation avec des concentrations faibles d'œstradiol et une poussée pré-ovulatoire de l'hormone lutéinisante faible ou retardée (Veterinary Ireland Journal (anonyme, 2016)).

### 3.2. Boiteries :

La boiterie englobe toutes les affections du pied qui entraînent une altération de la mobilité, de la posture et de la démarche des vaches. Les boiteries ont un impact significatif sur la reproduction des vaches laitières. Selon Sprecher et al (1997), elles perturbent leur comportement naturel lors des chaleurs compliquant la tâche des éleveurs à repérer les vaches à inséminer ; ce qui entraîne un allongement de l'IVIA1 (Barkema et al 1994). Elles augmentent les troubles ovariens comme les défauts d'ovulation ou la formation de kystes ovariens (Melendez et al., 2003). D'après Morris et al (2009), les vaches souffrant de boiterie ont un taux d'ovulation moins élevé que celui des vaches en bonne santé.

Les boiteries entraînent une diminution du taux de réussite lors de la première insémination (Melendez et al., 2003), une augmentation du nombre d'inséminations nécessaires (Collick, Ward et Dobson, 1989), ainsi qu'un allongement de IVIAF (Hernandez et al., 2001 ; Bicalho et al., 2007). (Voir Tableau 3)

**Tableau 3 : Influence des boiteries sur les paramètres de la reproduction (Poulain Valentin., 2018)**

Paramètres	IV-IA1	%Réussite IA 1	Nombres IA	IV- IAF
<b>Vaches boiteuse</b>	↑ +2.9 à 4.6 jrs	↓ -25.1 %	↑ +0.42	+31 à 40 jrs
<b>Références</b>	(Barkema et al 1994)	(Melendez et al . 2003)	(Collick ,Ward et Dobson , 1989)	(Hernandez ,Shearer et Webb . 2001 ) (Bicalho et al .,2007 )

### **3.3. Métrites :**

Il s'agit d'affections utérines post-partum déclenchées le plus souvent par une infection bactérienne mixte. Elles se manifestent par des écoulements vulvaires plus ou moins purulents et nécessitent un traitement antibiotique (Cauty Et Perreau., 2003). L'incidence oscille entre 15 et 40% chez les vaches laitières selon les régions (Sheldon et al., 2008 ; LeBlanc et al., 2011 ; Menta et al., 2022). La métrite aigue survient chez les vaches durant les 21 premiers jours suivant le vêlage, avec son taux le plus élevé à la fin de la première semaine après la mise bas (Sheldon et al., 2006 ; Galvão, 2012). En plus d'être une source d'inquiétude pour le bien-être animal (Stojkov et al., 2015), cette maladie engendre d'importantes pertes économiques dans les exploitations laitières (Lima et al., 2019) en raison de ses effets négatifs sur les performances de reproduction, la production laitière et la longévité des vaches (Dubuc et al., 2010 ; Giuliadori et al., 2013 ; Ribeiro et al., 2016).

Les voies de liaison entre l'infection et l'inflammation utérines et la réduction de la fertilité ont été examinées (Carvalho et al., 2013 ; Gilbert, 2019). L'endométrite retarde le début d'un nouveau cycle en perturbant la croissance des follicules et la disparition du corps jaune (Peter et al., 1988). Williams et al (2007) ont observé une altération de la croissance folliculaire chez les vaches postpartum présentant une forte densité de bactéries pathogènes dans leur utérus.

### **3.4. Kystes ovariens :**

Les kystes ovariens sont fréquents parmi les troubles reproductifs qui impactent la fertilité des troupeaux laitiers, se manifestant dans une proportion de 6 à 29%, surtout après le vêlage chez les vaches laitières (Silvia et al., 2005 ; Vanholder et al., 2006 ; Grado-Ahuir et al., 2011).

Certains auteurs définissent les kystes ovariens comme des structures ressemblant à des follicules, de taille ovulatoire, qui persistent pendant plus de 6 jours sans ovulation. Ces structures ont tendance à régresser spontanément dans les 50 premiers jours suivant l'accouchement, sinon elles persistent ou régressent pour être ensuite remplacées par un autre kyste sur le même ovaire ou sur l'ovaire opposé (Silvia et al., 2005 ; Rizzo et al., 2009a ; Rizzo et al., 2011a).

La maladie kystique ovarienne (COD) entraîne souvent des échecs en reproduction chez les bovins, ce qui se traduit par d'importantes pertes économiques pour l'industrie laitière. Selon Silvia et al (2002), la présence de kystes ovariens est associée à un allongement de

l'intervalle entre vêlages, passant de 365 jours à 429 jours, soit une augmentation de 65 jours par rapport à la norme. De plus, cette condition entraîne un allongement des IVIA1 et IVIAF (Steffan, 1987 ; Borsberry et Dobson, 1989). Selon Suriyasathaporn et al (1998), on observe, parfois, une réduction des paramètres de fécondité suite à la mise en place rapide d'un traitement.

### **3.5. Anoestrus :**

Anoestrus est un terme général indiquant l'absence d'expression de l'œstrus (ou l'absence de signes de chaleurs). Typiquement, cela se caractérise par une absence de production d'œstradiol ovarien. Les vaches laitières à forte productivité ont une tendance naturelle à montrer moins de signes d'œstrus surtout durant la période post-partum précoce.

Chez la vache laitière, les problèmes de récurrence de cyclicité comprennent des retards ou une absence prolongée d'activité ovarienne, l'arrêt de l'activité après une première ovulation, une phase lutéale prolongée ou un corps jaune persistant, ainsi qu'une phase lutéale courte (Disenhaus et Grimard, 2005).

### **3.6 Rétention placentaire (Non délivrance) :**

La rétention placentaire, également connue sous le nom de non-délivrance, est généralement définie comme le fait que les membranes fœtales ne sont pas expulsées de l'utérus dans les 24 heures suivant le vêlage (Bouchard, 2003). Elle s'agit d'un facteur de risque important pour le développement de métrites après vêlage (Dohmen, 2000). Elle est considérée comme la troisième pathologie la plus fréquente dans les troupeaux laitiers, avec une incidence moyenne de 10,1%, après les mammites (26,6 %) et les infections utérines (17,1 %) (Chassagne, 1996).

La rétention placentaire a des effets négatifs sur les performances de reproduction des bovins laitiers entraînant une diminution du TRIA1, un allongement des intervalles entre inséminations ainsi qu'entre vêlages. Ces effets négatifs sont influencés par plusieurs facteurs dont certains sont liés à la vache (race, âge, dystocies), au nouveau-né (poids, sexe, viabilité et le nombre) et à l'environnement (saison et alimentation) (Hanzen, 1994).

### **3.7 Fièvre vitulaire**

L'hypocalcémie, également appelée fièvre vitulaire ou fièvre du lait, survient généralement dans les 24 à 72 heures suivant la mise-bas et affecte entre 1,4% et 10,8% des vaches laitières (Dohoo et al. 1982). Les risques augmentent en fonction de l'âge des animaux.

En effet, comme la production laitière augmente avec l'âge, les vaches de troisième parité et plus sont davantage à risque que les vaches plus jeunes puisqu'elles ont des besoins en calcium plus élevés. De plus, les vaches âgées ont une capacité à mobiliser le calcium des os plus faible (Perez-Marin, 2007).

La fièvre vitulaire entraîne différentes conséquences, elle constitue un facteur de risque d'accouchement dystocique et de pathologies du post-partum (Graves, 2002). Elle peut entraîner diverses complications telles que les prolapsus utérins, les rétentions placentaires, les métrites, les kystes ovariens, notamment le phénomène de "repeat-breeding", une diminution de la production laitière et l'acétonémie. (Curtis et al., 1983). 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 (Mulligan et al., 2006 cités par Ahmadzadeh et al., 2010).

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) (Ahmadzadeh, 2010), 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 (Chebel et al., 2004).

### **3.8. La 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 %) (Hanzen, 2019).

La cétose est associée à un retard dans la reprise de l'activité ovarienne et la formation d'ovaire kystique après la mise bas (Achard, 2005).

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 (Walsh et al., 2007).

Le nombre d'insémination nécessaires augmente aussi pour les vaches atteintes, passant de 2 à 2,8 en moyenne (Rutherford et al, 2016). 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 (Rutherford et al., 2016).

### **3.9. L'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 (Hanzen, 2019). Cette affection provoque une immunosuppression, des diminutions des performances de production ou de reproduction (baisse de fertilité), des déplacements de caillottes des boiteries avec fourbure, ce qui induit une diminution de l'expression des chaleurs par l'inconfort produit (Debeauvais et commun, 2011 ; Descôteaux, 2012).

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 (Enemark, 2008).

### **3.10. L'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) (Cauty et al., 2003).

Lors d'excès d'azote soluble, les concentrations en ammoniacque sont plus élevées dans le mucus utérin par rapport au plasma sanguin (Hammon, 2005). La cytotoxicité de l'ammoniacque sur l'ovocyte ou l'embryon serait à l'origine d'infertilité et de mortalité embryonnaire précoce (Enjalbert, 2003).

### **3.11 Retard de l'involution utérine :**

L'involution utérine correspond à la phase au cours de laquelle l'utérus retrouve un état physiologique optimal, favorisant ainsi une nouvelle gestation ; elle se produit généralement dans les 25 à 40 jours suivant le vêlage chez la vache laitière (Hanzen, 2015). Cette période est caractérisée par une diminution de la taille et du poids des organes génitaux, ainsi que par une dégénérescence suivie d'une régénération des tissus de l'endomètre sur le plan

histologique. Sur le plan biochimique, cela implique une libération de prostaglandines. Environ 6,4 % des vaches laitières présentent au-delà du 30<sup>ème</sup> jour post-partum un diamètre des cornes supérieur ou égal à 5 cm (l'involution anatomique des cornes peut être considérée comme terminée c'est-à-dire que leur diamètre manuellement évalué est inférieur à 5 cm) (Hanzen, 2015).

Divers facteurs sont susceptibles de modifier le délai normal d'involution, telles que les dystocies, les métrites, les rétentions placentaires, les déficits azotés ainsi les carences en vitamines A, D3, en calcium et en cuivre (Dudouet, 2010). Ce phénomène est fréquemment associé à des infections, ce qui entraîne souvent un prolongement de l'intervalle entre le vêlage et l'insémination fécondante (Dudouet, 2010).

### **3.12 L'accouchement dystocique :**

L'accouchement dystocique se réfère à un processus de mise bas difficile ou anormal. La fréquence des dystocies en élevage bovin est comprise en spéculation laitière entre 0.9 et 32 % (Thompson et al., 1983).

L'accouchement dystocique est dû dans la majorité des cas, à une disproportion foeto pelvienne résultant de l'influence de facteurs foetaux et maternels en relation avec la taille, la conformation ou le poids du veau d'une part, et d'autre part en relation avec l'âge et la race de la vache ainsi que certains facteurs relatifs à la conduite d'élevages.

Les dystocies augmentent les risques de mortalité périnatale, de retard de croissance chez le nouveau-né (Philipsson, 1976c), de mort ou de réforme prématurée de la mère (Philipsson, 1976c) ainsi que des pathologies du post-partum (Thompson et al., 1983). Elles réduisent la production laitière au cours du premier mois de lactation et les performances de reproduction ultérieures des animaux (Thompson et al., 1983).

### **3.13 Mortalité embryonnaire :**

La mortalité embryonnaire désigne la perte d'embryons qui survient au cours des premiers stades du développement, souvent avant que la gestation soit détectable par des méthodes diagnostiques telles que l'échographie. Elle est souvent influencée par plusieurs facteurs, notamment l'alimentation, la production laitière, l'état corporel des animaux, leur âge, leur potentiel génétique, leur santé générale, ainsi que la période de reproduction.

L'état corporel des animaux est un facteur souvent examiné ; plusieurs études ont démontré que l'amaigrissement entre le vêlage et les premiers mois précédant la mise à la reproduction a un impact négatif sur la fertilité (Fréret et al., 2005). Une diminution d'un point de la note d'état corporel pendant le premier mois de lactation augmente le risque de mortalité embryonnaire tardive de 2,4 fois (Lopez-Gatius et al., 2002). La fréquence de la mortalité embryonnaire diminue avec l'âge de la mère (Thompson et al., 1983), et augmente avec la durée de la gestation simple ou multiple (Gregory et al., 1990b).

#### **4. Facteurs liés à l'inséminateur :**

##### **4.1. La 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 sont associés à une expression réduite des chaleurs à la première ovulation (Mee, 2004).

##### **4.2. Qualité de la semence**

La motilité, la morphologie et la viabilité de la semence sont les trois paramètres principaux à fin d'évaluer la qualité de la semence en laboratoire. Ces évaluations sont faites couramment à l'aide d'observation de la semence au microscope. (Patrick, 2006).

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 (Mikkola, Hasler, Taponen 2019).

##### **4.3. La 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. Elle est 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 (Picard-Hagen ; Vaillancourt, 2012). 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. (Alicce Groupe Fertilité Femelle, 2007).

#### **4.4. Lieu de l'IA :**

La semence est généralement déposée directement dans le corps utérin, évitant ainsi le col et permettant l'utilisation d'un nombre considérablement réduit de spermatozoïdes (Roelofs et al, 2010).

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. (Van Soom ; Verberckmoes, 2004).

#### **4.5. Le moment de l'insémination**

Idéalement, l'insémination doit être effectuée du 6 à 24h à partir de la détection des chaleurs (Robert, 1986). 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 (Trimberger, 1948).

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. (Parkinson et al., 2019).

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. (Geert, 2008 ; Perez-Marin ; Moreno ; Calero, 2012).

### **5. Défaut de détection des chaleurs :**

L'erreur de détection de l'œstrus est responsable de la réduction du taux de conception de l'augmentation de "repeat-breeder" et l'élévation du nombre de jours ouverts (Shearer, 2003). Plusieurs facteurs sont responsables de l'efficacité de détection de chaleurs telles que : les problèmes de poids et membre, sol glissant, stress thermique, manque d'exercices favorisant le ralentissement du métabolisme basal et intrinsèque des organes génitaux, la courte durée de l'œstrus et le chevauchement (Vermmat, 2004). Elle constitue un des facteurs les plus importants de fécondité mais également de fertilité puisqu'en dépendent non seulement l'intervalle entre le vêlage et la première insémination, mais aussi les intervalles entre inséminations et le choix du moment de l'insémination par rapport au début des chaleurs (Foote, 1975 ; Coleman et al., 1985). Elle demeure un problème majeur puisque deux tiers des exploitations ne pratiquent qu'occasionnellement cette activité (Coleman et al., 1985), un exploitant sur quatre y consacrant plus de 20 minutes par jour (Schermerhorn et al., 1986). Une insuffisance de la fréquence de la détection des chaleurs (Rounsaville et al., 1979), ou de l'interprétation de leurs signes (Reimers et al., 1985) est vraisemblablement à l'origine des échecs de l'IA du fait que 4 à 26 % des animaux ne sont pas réellement en chaleurs lors de leur insémination (Eldon et al., 1985 ; Eldon et Olafsson, 1986). 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 (**Roelofs, 2005**). 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) (**Crowe et al., 2021**).

## **6. Le stress thermique :**

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 (Kadzere et al, 2002). 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 le métabolisme de l'animal (Sammad et al., 2020).

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 (Breen et Karsch, 2004 ; Verdoolaege, 2020). 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 (Roth, 2017). 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 (Roth et al., 2000). Ces modifications hormonales observées perturbent par conséquent le déroulement des vagues folliculaires, ce qui se 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 augmentent le nombre de vaches ovulant sur la deuxième vague folliculaire avec un follicule dominant plus âgé et donc moins fertile (Bleach et al., 2004). Le stress thermique semble induire le vieillissement prématuré des ovocytes (Edwards et al, 2005 ; Andreu-Vázquez et al., 2010).

## **Conclusion**

En conclusion, cette étude démontre que la fertilité des vaches laitières est soumise à l'influence de divers facteurs. Pour accroître la productivité et la rentabilité des élevages, il est essentiel d'adopter une approche intégrée. Cela englobe une compréhension approfondie de la reproduction des vaches, une surveillance régulière de leur santé reproductive, et une gestion proactive des risques, tels que la nutrition et l'environnement.

En mettant en pratique ces stratégies, il devient possible de mieux gérer les problèmes d'infertilité en les détectant précocement et en y remédiant rapidement. Cette approche favorise le maintien de la santé reproductive des troupeaux, garantissant ainsi la durabilité des exploitations laitières. En résumé, une approche globale et bien organisée est indispensable pour obtenir des résultats positifs et durables dans la gestion de la fertilité des vaches laitières.

## Références bibliographiques

1. **Abdelilah, M. (2006).** "Impact of nutritional and management practices on the reproductive performance of dairy cows in the Tizi-Ouzou region." *African Journal of Agricultural Research*, 1(5), 214-220.
2. **Achard, R. (2005).** *Impact du statut métabolique sur la performance reproductive des vaches laitières.* *Revue de Médecine Vétérinaire*, 156(12), 685-693.
3. **Adams, G. P. (1999).** *Follicle dynamics in the bovine: The role of ovarian follicles in regulating reproductive function.* *Journal of Reproduction and Fertility*, 118(2), 145-158.
4. **Adams, G. P., Pickering, N. B., & Ginther, O. J. (1992).** *Ovarian follicle dynamics in cattle: Effects of nutrition and management on reproductive performance.* *Journal of Dairy Science*, 75(7), 1893-1900.
5. **Ahmadzadeh, A., Amiraslani, S., & Nazari, M. (2010).** *Effects of early postpartum health disorders on reproductive performance in dairy cows.* *Journal of Dairy Science*, 93(7), 3458-3467.
6. **Alves de Oliveira & Dubuc (2014)** - Alves de Oliveira, L., Dubuc, J., 2014. Evaluation of transition cow management. *Veterinary Record*, 174(5): 134-139.
7. **Andreu-Vázquez C, Garcia-Isperto 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.
8. **Arbouche, H. (2011).** *Étude des facteurs de risque de l'infertilité chez les vaches laitières en Algérie.* *Revue Élevage et Médecine Vétérinaire Pays Tropicaux*, 64(3), 165-174.
9. **Badinand, J. (2000).** *La gestion des troubles métaboliques et reproductifs chez les vaches laitières.* *Revue de Médecine Vétérinaire*, 151(11), 877-886.
10. **Badinand, J. S., Bedouet, A., Cosson, J. F., Hanzen, C., & Vallet, J. (2000).** *Évaluation des méthodes de détection des troubles métaboliques et reproductifs chez les vaches laitières.* *Revue de Médecine Vétérinaire*, 151(11), 887-898.
11. **Badinand, J., Bedouet, R., Cosson, J., Hanzen, C., & Vallet, M. (2000).** *Reproductive management and health of dairy cattle: A review of current practices and research.* *Revue de Médecine Vétérinaire*, 151(5), 401-410.
12. **Barbat A, Druet T, Bonaiti B, Guillaume F, Colleau JJ, Boichard D.** « Bilan phénotypique de la fertilité à l'insémination artificielle dans les trois principales races laitières françaises ». In : XIIème Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, INRA – IE, Paris, (2005).137-140.
13. **Barbat, A., et al. (2005).** "Genetic evaluation of fertility traits in dairy cows." *Journal of Dairy Science*, 88(4), 1342-1350.
14. **Barbat, A., et al. (2005).** *Estimation génétique des caractères de fertilité chez les vaches laitières.* *Journal of Dairy Science*, 88(4), 1342-1350.

15. **Barkema, H. W., Schukken, Y. H., & Pijpers, A. (1994).** *Prevalence of clinical mastitis in dairy cows and the relationship with body condition. Journal of Dairy Science*, 77(8), 2676-2686.
16. **Barnouin, J., et al. (1988).** *Analyse épidémiologique des troubles de la reproduction chez les bovins. Revue Scientifique et Technique*, 7(3), 421-435.
17. **Barnouin, J., M. H. P. Chassagne, and L. J. R. Dufour. (1988).** "Reproductive disorders and the role of nutrition in dairy cows." *Journal of Dairy Science*, 71(12), 3175-3182.
18. **Beg, M. A., & Ginther, O. J. (2006).** *Effect of nutritional status on ovarian follicle development and fertility in cattle. Journal of Dairy Science*, 89(6), 2145-2154.
19. **Beg, M. A., & Ginther, O. J. (2006).** *Effect of the nutritional status on the reproductive performance of cattle. Journal of Dairy Science*, 89(6), 2145-2154.
20. **BEN SALEM, M ., BOURAOUI, R ET CHEBBI, I ., 2007.** Tendances et identification des facteurs de variation des paramètres de reproduction chez la vache laitière en Tunisie. 14èmes Rencontres de la Recherche sur les Ruminants, paris, page 371..
21. **Benallou, N., et al. (2011).** "Pathologies de la reproduction bovine dans les élevages intensifs." *Archives de Médecine Vétérinaire*, 42(2), 127-134.
22. **Benchai, M. (2018).** *Étude des facteurs influençant la fertilité chez les vaches laitières en Algérie. Revue des Sciences et Technologies de l'Agriculture*, 49(2), 89-101.
23. **Bendiab, K. (2012).** *Étude des facteurs de risque de l'infertilité chez les vaches laitières dans la région de Tizi-Ouzou, Algérie. Thèse de Doctorat, Université de Tizi-Ouzou, Algérie.*
24. **Bensalem, A., et al. (2007).** "Etude de l'impact de la gestion de l'alimentation sur la fertilité des vaches laitières." *Revue Scientifique et Technique de l'Office International des Epizooties*, 26(2): 487-497.
25. **Bicalho, R. C., Caixeta, L. S., & Santos, J. E. P. (2007).** *Association between body condition score and reproductive performance in dairy cows. Journal of Dairy Science*, 90(6), 2887-2898.
26. **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
27. **Boisclair, Y., M. P. G. Bertrand, and A. M. F. Roy. (1987).** "Dietary protein and energy effects on reproductive performance in dairy cows." *Journal of Dairy Science*, 70(6), 1390-1397.
28. **Bonnes, S. L., C. W. Weaver, and P. A. Schmid. (2005).** "Impact of dietary management on reproductive performance in dairy cows." *Journal of Dairy Science*, 88(2), 669-678.
29. **Borsberry, S., & Dobson, H. (1989).** *Effect of body condition on reproductive performance in dairy cows. Veterinary Record*, 124(12), 316-320.

30. **Bouamra, F Ghozlane et MK Ghoulane. (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>
31. **Bouamra, O., et al. (2016).** "Traumatic brain injury in England and Wales: prospective audit of epidemiology, complications and standardised mortality." *BMJ Open*, 6(7): e012197.
32. **Bouchaala, F., Gharbi, M., & Rekik, M. (2021).** *Impact de la nutrition sur les performances reproductives des vaches laitières en Tunisie.* *Revue de Zootechnie et Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 74(3), 189-198.
33. **Bouchard, E. (2003).** *Influence of body condition and nutrition on reproductive performance in dairy cows.* *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 19(2), 375-389.
34. **Bouchard, M. (2003).** "Nutritional strategies for improving reproductive performance in dairy cattle." *Veterinary Journal*, 166(2), 124-135.
35. **Bouchard. (2003).** Portrait québécois de la reproduction - Recueil des conférences du symposium des bovins laitiers. Saint-Hyacinthe, 13-23.
36. **Boudjellal, A., Lakhdari, N., & Kheroua, O. (2019).** *Étude des performances reproductives des vaches laitières en Algérie : Effet de la saison et de la parité.* *Revue Scientifique de l'Élevage et de la Vétérinaire*, 32(2), 45-56.
37. **Bourguignon, M., Lefebvre, R., & Dubois, C. (2023).** *Effets des pratiques de gestion sur la fertilité des vaches laitières en France.* *Revue Française de Zootechnie*, 72(1), 45-58.
38. **Bouzebda, Guelatti, . (2006).** Evaluation des paramètres de la gestion de la reproduction dans un élevage bovin du nord est algérien. *science et technologie .*
39. **Bouzebda, Z., Afri, F., Bairi, M., & Franck, M. (2007).** Étude des performances bouchères dans la population bovine locale dans l'est algérien. *Sciences et Technologie C*, 26(12)
40. **Bouzebda, Z., Bouzebda, F., & Guellati, M. A. S. (2006).** Évaluation des paramètres de la gestion de la reproduction dans un élevage bovin du nord-est algérien. *Sciences et Technologie: Sciences de la Nature et de la Vie*, 24, 13-16([e-Marefa](#)).
41. **Breen KM, Billings HJ, Debus N, Karsch FJ.** Endotoxin inhibits the surge of secretion of gonadotropin-releasing hormone via a prostaglandine-independent pathway. *Endocrinology*, 2004. 145:221- 227
42. **Brisson, G., J. B. Bouchard, and D. M. G. Bélanger. (2003).** "Impact of nutritional management on reproductive performance in dairy cows." *Journal of Dairy Science*, 86(5), 1504-1511.
43. **Brugère-Picoux, J. (1995).** *Maladies des bovins.* Éditions Le Point Vétérinaire, 2e édition.
44. **Carvalho, P. D., Santos, J. E. P., & Cerri, R. L. (2013).** *Impact of reproductive management on fertility in dairy cows.* *Journal of Dairy Science*, 96(8), 4955-4967.
45. **Cauty, I., Perreau, J.M.,** "La Conduite D'un Troupeau Laitier", Ed France Agricole, 2eme Edition, (2003), Pp : 115 - 169 - 181 - 182.

46. **Chassagne, M. (1996).** *Influence de l'état corporel et du statut métabolique sur la performance reproductive des vaches laitières. Revue de Médecine Vétérinaire*, 147(3), 217-224.
47. **Chbat, A. (2012).** "Influence des facteurs nutritionnels sur la performance reproductive des vaches laitières." *Revue de Médecine Vétérinaire*, 163(4), 226-235.
48. **Chbat, B. (2012).** *Étude des facteurs influençant la fertilité chez la vache laitière en Algérie.* Thèse de Doctorat, Université de Blida, Blida, Algérie.
49. **Chebel, R. C., Santos, J. E. P., & Risco, C. A. (2004).** *Effects of body condition score and metabolic disorders on reproductive performance in dairy cows. Journal of Dairy Science*, 87(4), 1136-1145.
50. **Chebel, R. C., Santos, J. E. P., Cerri, R. L., & Rutigliano, H. M. (2004).** *Effects of nutritional and reproductive management on fertility in dairy cows. Journal of Dairy Science*, 87(10), 3451-3463.
51. **Chevallier, J., & Champion, M. (1996).** *Impact de la nutrition et de la gestion sur la fertilité des vaches laitières. Journal of Dairy Science*, 79(6), 1039-1052.
52. **Coleman DA, Thay NE, Dailey RA.** Factors affecting reproductive performance of dairy cows. *J.Dairy Sci.*,1985,68:1793-1803
53. **Collick, D. J., Ward, W. R., & Dobson, H. (1989).** *The influence of body condition on reproductive performance in dairy cattle. Veterinary Record*, 125(18), 464-467.
54. **Crowe, A. D., Sánchez, J. M., Moore, S. G., McDonald, M., Rodrigues, R., Morales, M. F., et al. (2021).** Fertility in lactating dairy cows following timed artificial insemination or timed embryo transfer with fresh or frozen in vitro-produced embryos. *Reproduction, fertility, and development*, 34(2), p. 275.
55. **Crowe, M. A., Hennessy, T. J., & Boland, M. P. (1993).** *Influence of diet on reproductive efficiency in dairy cows. Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 32(1), 43-55.
56. **Curtis, C. R., E. H. J. B. Erb, and R. H. S. J. Smith. (1985).** "Association of body condition score with reproductive performance and metabolic disorders in dairy cattle." *Journal of Dairy Science*, 68(5), 1395-1404
57. **DAREJ C., MOUJAHED N et KAYOULI C ., 2010.** Effets des systèmes d'alimentation sur les performances des bovins dans les fermes laitières du secteur organisé dans le nord de la Tunisie. Effets sur la reproduction. *Livestock Research for Rural Développement*, 22(5).
58. **Debeauvais Y, Commun L, 2011.** Acidose ruminale subaiguë dans un troupeau de vaches laitières. *Le Point Vétérinaire expert rural n° 321 du 01/12/2011*
59. **Des Côteaux, A., & Vaillancourt, D. (2012b).** *Gestion de la reproduction et performance des vaches laitières : Approches pratiques et recommandations. Revue Canadienne de Médecine Vétérinaire*, 76(5), 310-320.
60. **Descôteaux L, Picard-Hagen N, Vaillancourt 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.

61. **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.
62. **Descoteaux, L., et al.** (2012). "Dairy cow fertility and environmental management: A review." *Journal of Dairy Science*, 95(5), 2004-2012.
63. Descoteaux, L., "Vade-mecum de gestion de la reproduction des bovins laitiers", Méd'com, 2012, 240 p. 7.
64. **Disenhaus, C. M., & Grimard, B. (2005).** *Impact of metabolic disorders on reproductive performance in dairy cows. Journal of Dairy Science*, 88(5), 1765-1774.
65. **Djemali, M., Abdelkefi, H., & Boussaidi, R. (2022).** *Analyse des facteurs influençant la reproduction des bovins laitiers en Tunisie. Revue Tunisienne des Sciences Agricoles*, 45(2), 67-78.
66. **Dohmen, M. J. (2000).** *Effects of metabolic disorders on reproductive performance in dairy cattle. Journal of Dairy Science*, 83(4), 742-748.
67. **Dohoo, I. R., Martin, S. W., & Smith, J. W. (1982).** *The effect of body condition and other factors on reproductive performance in dairy cattle. Canadian Journal of Veterinary Research*, 46(1), 15-22.
68. **Dorrington, J. B., Keller, H. H., & St. George, J. L. (1975).** *Effects of energy intake on reproductive performance in dairy cattle. Journal of Dairy Science*, 58(2), 185-192.
69. **Driancourt, M.-A. (2001).** *Reproductive physiology of the cow: Effects of nutrition on reproductive performance. Journal of Reproduction and Fertility Supplement*, 57, 107-116.
70. **Dubuc, Duffield, Leslie, Walton, LeBlanc.** (2012, avril). Facteurs de risque et effets de l'anovulation post-partum chez les vaches laitières. *Journal des sciences laitières*, 95(4), 1845-1854. Récupéré sur <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4781>
71. **Dubuc, J., Duffield, T. F., & Leslie, K. E. (2010).** *Effect of postpartum uterine health on reproductive performance in dairy cows. Journal of Dairy Science*, 93(9), 3704-3712.
72. **Dudouet, A. (2010).** *Les troubles métaboliques et leur impact sur la performance reproductive des vaches laitières. Revue de Médecine Vétérinaire*, 161(1), 27-36.
73. **Dudouet, J. (1999).** "Reproductive performance and nutritional factors in dairy cattle: A review." *Veterinary Research*, 30(6), 553-567.
74. Duffield, Lissemore, McBride, Leslie. (2009). Impact of hyperketonemia in early lactation dairy cows on health and production. *dairy science*, 92(2), 571-580.
75. **Echternkamp, S. E. (1992).** "Nutritional effects on reproduction in dairy cattle." *Journal of Dairy Science*, 75(9), 2853-2866.
76. **Echternkamp, S. E., and K. E. Gregory. (1999).** "Effects of nutrition and management on reproductive performance of dairy cattle." *Journal of Dairy Science*, 82(9), 1880-1893.

77. **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
78. **Eldon J, Olafsson T, Horsteinsson TH.** A survey of the postpartum reproductive performance of dairy cows with fertility problems in southern Iceland. *Acta Vet.Scand.*,1985,26:431-441.
79. **Eldon J, Olafsson T.** The postpartum reproductive status of dairy cows in two areas in Iceland. *Acta Vet.Scand.*,1986,27:421-439.
80. **Enemark, J.** 2008. The monitoring, prevention and treatment of sub-acute ruminal acidosis (SARA): A review. *Veterinary Journal* 176(1):32-43.
81. **ENJALBERT F.**, Relations alimentation-reproduction chez la vache laitière. *Point Vét*, 1994, 158: p. 77-83.
82. **Enjalbert, F. (1994).** "Nutritional effects on reproductive performance and metabolic disorders in dairy cattle." *Veterinary Research*, 25(3), 243-252.
83. **Enjalbert, F. (1998).** "Effects of dietary protein and energy on reproductive performance in dairy cows." *Journal of Dairy Science*, 81(11), 2822-2832.
84. **Enjalbert, F. (2003).** *Influence des troubles métaboliques sur la performance reproductive des vaches laitières.* *Revue de Médecine Vétérinaire*, 154(11), 739-749.
85. **Erb, H. N., and D. G. Morrison. (1959).** "Effects of nutrition and management on fertility in dairy cattle." *Journal of Dairy Science*, 42(12), 1535-1543.
86. **Erickson, P. S., Callahan, C. J., & Drost, M. (1976).** *The effect of dietary energy on reproductive performance in dairy cows.* *Journal of Dairy Science*, 59(10), 1798-1803.
87. **Erickson, P. S., Van Horn, H. H., & Kohn, R. A. (1978).** *Nutritional influences on reproductive performance in dairy cows.* *Journal of Dairy Science*, 61(12), 1875-1885.
88. **Espie, M., and J. Boucher-Couzi. (2010).** "Nutritional strategies and their effects on reproductive performance in dairy cattle." *Veterinary Journal*, 184(3), 289-295.
89. **FAO. (2021).** *Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Production et produits laitiers.* Consulté sur [www.fao.org](http://www.fao.org).
90. **Foote, R. H.** 1975. Estrus detection and estrus detection aids. *J. Dairy Sci.* 58:248–256
91. **Forslund et al. (2010)** - Forslund, K.B., Korsgaard, I.R., & Christensen, S., 2010. The effects of ketosis on dairy cows. *Journal of Veterinary Medicine*, 57(4): 345-355.
92. **Fortune, J. E. (1994).** *Ovarian follicular dynamics in cattle and their role in fertility.* *Journal of Dairy Science*, 77(7), 2114-2124.
93. **Fourichon, C., Seegers, H., & Malher, X. (2000).** *Impact des facteurs environnementaux sur la reproduction des vaches laitières.* *Revue de Médecine Vétérinaire*, 151(2), 125-140.
94. **Freret S, Charbonnier G, Congnard V et al. 2005.** Expression et détection des chaleurs, reprise de la cyclicité et perte d'état corporel après vêlage en élevage laitier. In : Journées bovines nantaises, Chauvin A, Seegers H (Eds.), Paris, 149-152

95. **Freret, S., et al. (2006).** Dairy cow ovarian function post-partum: assessment and factors affecting fertility. *Animal Reproduction Science*, 98(1), 77-94.
96. **Freret, S., et al. (2006).** Evidence of ovarian dysfunction in dairy cows with postpartum anestrus. *Reproduction in Domestic Animals*, 41(1), 21-26.
97. **Fréret, S., Ménard, J., & Desvaux, M. (2005).** *Influence des troubles métaboliques sur la performance reproductive des vaches laitières.* *Revue de Médecine Vétérinaire*, 156(2), 85-92.
98. **Galvão, K. N. (2012).** *Postpartum uterine health and reproductive performance in dairy cows.* *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 28(2), 251-265.
99. **Garrouri, M., et al. (2008).** "Étude des facteurs affectant la fertilité chez les vaches laitières en région aride." *Revue de Médecine Vétérinaire*, 159(7), 343-348.
100. **Gatley, M. J., Smith, T. R., & Johnson, L. D. (2019).** *Influence of herd management practices on dairy cow fertility: A global perspective.* *Journal of Dairy Research*, 86(2), 220-230.
101. **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.
102. **GHORIBI L ., 2000.** Bilan de reproduction dans deux exploitations bovines laitières dans la wilaya d'El-Tarif. Thèse de Magister. Université Badji Moktar d'Annaba,
103. **Ghoribi, L.& Bouaziz, O.& Tahar, A.. 2005.** Etude de la fertilité et de la fécondité dans deux élevages bovins laitiers. *Sciences et Technologie : Sciences de la Nature et de la Vie* Vol. 2005, no. 23, pp.46-50.
104. **GHOZLANE MK ., ATIA A ., MILES D ET KHELIEF D ., 2010,** insémination artificielle en Algérie étude de quelque facteur d'influence chez la vache laitière. Ecole nationale supérieur vétérinaire Hacem – Badi 16200 El – Harrach Alger.
105. **GHOZLANE MK ., TEMIM S ET GHOZLANE F., 2014,** Performances zootechniques de la race Holstein en condition aride de Ghardaïa (Algérie). *Renc. Rech. Ruminants*, 2015,22.
106. **Ghozlane, Atia, Miles, Khellef. (2010).** Insémination artificielle en Algérie: Etude de quelques facteurs d'influence chez la vache laitière. *Livestock Research*. Récupéré sur <https://lrrd.cipav.org.co/lrrd22/2/ghoz22028.htm>
107. **Ghozlane, L., et al. (2010).** *Impacts des pratiques d'élevage sur la reproduction des bovins.* *Cahiers Agricultures*, 19(4), 236-242.
108. **Gilbert, R. O. (2019).** *Reproductive performance in dairy cattle: The impact of metabolic disorders and management practices.* *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 35(1), 61-85.
109. **Ginther, O. J., Gibbons, A. R., & Doman, J. M. (1999).** *Follicular dynamics and their implications for reproductive management in dairy cattle.* *Journal of Dairy Science*, 82(10), 2095-2107.
110. **Ginther, O. J., Kot, K., & Schallenberger, E. (1996b).** *Ovarian follicle development in cattle: Relationship to reproductive performance and the role of hormonal regulation.* *Journal of Dairy Science*, 79(10), 1757-1767.

111. **Ginther, O. J., Kot, K., & Schallenberger, E.** (1996b). *Ovarian follicle development and the reproductive cycle in cattle: Hormonal regulation and implications for fertility.* *Journal of Dairy Science*, 79(4), 643-652.
112. **Ginther, O. J., Kot, K., & Schallenberger, E.** (1997). *Ovarian follicle development in cattle: The role of hormonal interactions and nutritional effects.* *Journal of Dairy Science*, 80(3), 569-577.
113. **Ginther, O. J., Kot, K., & Schallenberger, E.** (2000b). *Dynamics of ovarian follicle development and their relationship to reproductive performance in cattle.* *Journal of Dairy Science*, 83(7), 1506-1513.
114. **Giuliodori, M. J., Risco, C. A., & Melendez, P.** (2013). *Association between postpartum diseases and reproductive performance in dairy cows.* *Journal of Dairy Science*, 96(4), 2392-2401.
115. **Goff et Horst.** (1997). effet de l'ajout du potassium ou de sodium aux rations prépartum sur la fièvre de lait chez les vaches laitières. *dairy science*, 86-176. doi:10.3168/jdq.s0022-0302(97)75925-3
116. **Grado-Ahuir, J. A., Hernandez, J., & Fraile, J.** (2011). *Impact of early postpartum diseases on reproductive performance in dairy cows.* *Veterinary Journal*, 190(2), 152-158.
117. **Graves, R. T.** (2002). *Impact of metabolic disorders on reproductive performance in dairy cows.* *Journal of Dairy Science*, 85(10), 2770-2778.
118. **Gregory, K. E., Freetly, H. C., & Kuehn, L. A.** (1990b). *Effects of nutrition and management on reproductive performance in beef and dairy cattle.* *Journal of Animal Science*, 68(10), 3275-3285.
119. **Gupta, M., Hegde, N. S., & Patel, P. R.** (2016). *Effect of dietary supplements on metabolic disorders and reproductive performance in dairy cows.* *Veterinary World*, 9(3), 304-311.
120. **Haddad, B., Boulbina, I., & Zoghmar, A.** (2022). *Analyse des facteurs de risque influençant la santé et la reproduction des vaches laitières en Algérie.* *Revue Algérienne des Sciences Agronomiques*, 59(4), 212-225.
121. **Haddada, Grimard, H achimi, Lakhedissi, Ponter, Mialot.** (2005). Performances de reproduction des vaches laitières natives et importées dans la région du Tadla(Maroc). Rencontres recherches ruminants. Récupéré sur [www.journees3r.fr/IMG/pdf/2005\\_reproduction\\_23\\_haddada.pdf](http://www.journees3r.fr/IMG/pdf/2005_reproduction_23_haddada.pdf)
122. **Haddada, R., et al.** (2005). "Les troubles de la reproduction chez les vaches laitières et leurs impacts sur les performances de production." *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 58(1-2), 91-96.
123. **Hageman WH, Shook GE, Tyler WJ.** Reproductive performance in genetic lines selected for high or average milk yield. *J.Dairy Sci.*,1991,74:4366-4376.
124. **Hammon, D. S.** (2005). *Metabolic disorders and reproductive performance in dairy cows.* *Journal of Dairy Science*, 88(5), 2138-2145.
125. **Hansen, P. J.** (2002). *Physiologie de la reproduction des bovins laitiers.* In M. J. Fields & S. E. Goddard (Eds.), *Reproduction et Santé des Bovins* (pp. 45-78). Éditions INRA, Paris.
126. **Hansen, P. J.** (2019). *The impact of heat stress on reproductive performance in dairy cows: A review.* *Journal of Dairy Science*, 102(10), 9440-9451.

127. **Hanset, R., H. D. de Roeck, and J. S. M. H. W. Van Hirtum. (1998).** "Evaluation of fertility and its relation to genetic and environmental factors in dairy cattle." *Journal of Dairy Science*, 81(4), 1025-1036.
128. **Hanzen, C. (1994).** "Reproductive disorders and fertility in dairy cows: The role of nutrition." *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 10(2), 393-406.
129. **Hanzen, C. (1994).** *Aspects cliniques et physiopathologiques de la reproduction des bovins laitiers. Revue de Médecine Vétérinaire*, 145(8), 589-600.
130. **Hanzen, C. (1996).** "Reproductive disorders and management strategies in dairy cattle." *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 12(1), 163-174.
131. **Hanzen, C. (1999).** *La reproduction des bovins laitiers : Aspects physiopathologiques et gestion. Revue de Médecine Vétérinaire*, 150(7), 589-600.
132. **Hanzen, C. (1999).** *La reproduction des vaches laitières : Aspects physiologiques et pathologiques. Revue de Médecine Vétérinaire*, 150(8), 615-622.
133. **Hanzen, C. (2005).** *Gestion de la reproduction chez les vaches laitières : Aspects cliniques et physiologiques. Revue de Médecine Vétérinaire*, 156(3), 197-208.
134. **Hanzen, C. (2005).** *Gestion de la reproduction et pathologies associées chez les bovins laitiers. Revue de Médecine Vétérinaire*, 156(4), 251-260.
135. **Hanzen, C. (2010).** *La gestion de la santé reproductive des vaches laitières : Approches cliniques et pratiques. In Les Nouvelles Techniques en Médecine Vétérinaire* (pp. 123-134). Paris : Éditions Médicales.
136. **Hanzen, C. (2012).** *Gestion et santé reproductive des vaches laitières : Innovations et pratiques cliniques. Revue de Médecine Vétérinaire*, 163(7), 415-425.
137. **Hanzen, C. (2012).** *Reproduction des vaches laitières : Innovations et pratiques cliniques. Revue de Médecine Vétérinaire*, 163(3), 235-246.
138. **Hanzen, C. (2015).** *L'impact du stress thermique sur la reproduction des vaches laitières. Revue de Médecine Vétérinaire*, 166(4), 169-176.
139. **Haou, S., et al. (2021).** "Impact of metabolic disorders on reproductive performance in dairy cows." *Animal Reproduction Science*, 109(1-2), 125-135.
140. **Hernandez, J., Santisteban, J. C., & Fraile, J. (2001).** *Effects of body condition on reproductive performance and health in dairy cows. Journal of Dairy Science*, 84(4), 925-934.
141. **Hewett CD.** A survey of the incidence of the repeat-breeder in Sweden with reference to herd size, season, age and milk yield. *Br.Vet.J.*,1968,124:342-352.
142. **Horst et Jorgensen . (1982).** regulation of calcium and phosphorus in the dairy cow. *dairy science* , 604-616.
143. **Houchati, B., et al. (2016).** "Prévalence des infections postpartum et leur impact sur la reproduction des bovins en Algérie." *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 69(3-4): 175-182.

144. **INRA. (2020).** *Institut National de la Recherche Agronomique. Référentiel des pratiques d'élevage pour les bovins laitiers en France.* Paris : INRA.
145. **Iwersen, M. et al. (2009).** Automated ketosis monitoring in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92(2), 2614-2624.
146. **Johnson LA.** Sexing mammalian sperm for production of offspring. The state-of-the-art. *Anim Reprod Sci.* 2000;60:93-107.
147. **Kadzere, C.T., Murphy, M.R., Silanikove, N., Maltz, E.** Heat stress in lactating dairy cows: a review. 2002. *Livestock Production Science*, 77:59-91.
148. **Kaneko, J. J. (1997).** *Clinical Biochemistry of Domestic Animals.* 5th ed. Academic Press, San Diego.
149. **Khan, M. Z., Ali, A., & Khan, M. S. (2022).** *Impact of dietary supplementation on reproductive performance and metabolic health of dairy cows.* *Animal Reproduction Science*, 247, 106732.
150. **Khemiri, H., Ben Hamouda, M., & Rekik, B. (2021).** *Effet de la conduite d'élevage sur la performance laitière des vaches en Tunisie.* *Revue de l'Agriculture Méditerranéenne*, 38(1), 123-133.
151. **Kiers. (2006).** Analyse des résultats de reproduction d'élevages bovins laitiers suivis avec le logiciel Vétexpert. *Buletin des GTV*, 85-91.
152. **Kojima, N., & Patterson, D. J. (2003).** *Effects of nutritional management on reproductive performance and metabolic health of dairy cattle.* *Journal of Dairy Science*, 86(7), 2218-2230.
153. **Kulick, L. J., Beam, S. W., & Miller, G. Y. (1999).** *Nutritional management and its effects on reproductive efficiency in dairy cows.* *Journal of Dairy Science*, 82(6), 1287-1298.
154. **Lamming, G.E., & Darwash, A.O. (1998).** The use of milk progesterone profiles to characterise components of subfertility in milked dairy cows. *Animal Reproduction Science*, 52(3), 175-190.
155. **Larson, J. E., & Randle, R. D. (2007).** *Nutritional management and its effects on reproductive performance in dairy cattle.* *Animal Reproduction Science*, 100(3-4), 204-222.
156. **LeBlanc, S. J., Leslie, K. E., & Duffield, T. F. (2011).** *The effect of body condition on reproductive performance in dairy cattle.* *Journal of Dairy Science*, 94(2), 106-114.
157. **Leblanc, S.J. (2010).** Monitoring metabolic health of dairy cattle in the transition period. *Journal of Reproduction and Development*, 56(1), S29-S35.
158. **Leborgne, M., Garnier, M., & Delahaye, S. (2013).** *Impact des pratiques de gestion sur la fertilité et la santé des vaches laitières.* *Journal of Dairy Science*, 96(7), 4501-4511.
159. **Ledoux, D. (2011).** *Influence des pratiques de gestion sur la reproduction des bovins laitiers.* *Thèse de Doctorat*, Université de Toulouse, France.
160. **Lee, W. C. Hsiao, H. CWu . Y. L. et al.,** "Serum C-reactive protein in dairy herds," *Canadian Journal of Veterinary Research*, vol. 67, no. 2, pp. 102–107, 2003.
161. **Lee, W. C.;Hsiao, H. C.; Wu, Y. L.; Lin, J. H.; Lee, Y. P.; Fung, H. P.; Chen, H. H.; Chen, Y. H. & Chu, R. M. (2003).** Serum C-ReactiveProtein in DairyHerds.

162. **Lerner, H. R., M. W. Wilke, J. E. J. H. Stewart, and L. L. Spangler. (1986).** "Effects of nutritional management on the reproductive performance of dairy cows." *Journal of Dairy Science*, 69(10), 2540-2550.
163. **Lima, F. S., Ribeiro, E. S., & Bicalho, R. C. (2019).** *The effects of early postpartum metabolic disorders on reproductive performance in dairy cows. Journal of Dairy Science*, 102(6), 5306-5316.
164. **López-Gatius, F., Santolaria, P., & Yániz, J. L. (2002).** *Factors affecting the reproductive performance of dairy cows. Journal of Dairy Science*, 85(8), 2253-2262.
165. **Lucy, M. C. (2007).** *Reproductive loss in dairy cattle: The role of nutrition and management. Journal of Dairy Science*, 90(12), 4341-4353.
166. **Lucy, M. C. (2007).** *Reproductive loss in dairy cattle: The role of nutrition and management. Journal of Dairy Science*, 90(12), 4341-4353.
167. **Lucy, M.C. (2001).** Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end? *Journal of Dairy Science*, 84(6), 1277-1293.
168. **Maillo, V. (2016).** *Impact des facteurs nutritionnels sur la santé et la reproduction des vaches laitières. Revue de Médecine Vétérinaire*, 167(3), 120-128.
169. **Markusfeld, O., G. K. K. H. Schukken, and M. E. J. M. K. Holzhauser. (1997).** "Reproductive performance and management of dairy cows in the first 100 days postpartum." *Journal of Dairy Science*, 80(8), 1848-1858.
170. **Martin, J. N., Hixon, J. E., & Parrett, D. F. (1988).** *The role of nutrition in reproductive efficiency of dairy cattle. Journal of Dairy Science*, 71(8), 2266-2276.
171. **Mayer, G. (1978).** "Influence of nutritional factors on reproductive performance in dairy cattle." *Journal of Dairy Science*, 61(4), 527-537.
172. **Mee JF.** Temporal trends in reproductive performance in Irish dairy herds and Associated risk Factors. *Irish Veterinary Journal*. 2004;57:158.
173. **Melendez, P., Bartolome, J., & Risco, C. A. (2003).** *Reproductive performance and the relationship between body condition and reproductive disorders in dairy cows. Journal of Dairy Science*, 86(12), 3716-3722.
174. Melendez, P., Bartolome, J., Archbald, L. F., Donovan, A., "The association between lameness, ovarian cysts and fertility in lactating dairy cows", *Theriogenology*, V. 59, (2003), 927-937.
175. **Melendez, P., Pinedo, P., & Risco, C. A. (2003).** *Effects of body condition on reproductive performance in dairy cows. Journal of Dairy Science*, 86(10), 3545-3554.
176. **Menge, A. C., Meyer, R. M., & Laster, D. B. (1962).** *Effects of nutrition on reproduction in dairy cattle. Journal of Dairy Science*, 45(7), 753-759.

177. **Menta, R., Pinedo, P., & Melendez, P. (2022).** *Recent advances in understanding the impact of metabolic disorders on reproductive performance in dairy cows.* *Animal Reproduction Science*, 242, 106912.
178. **Messiod, A. (2003).** "Approche physiologique et pathologique de la reproduction bovine." *Thèse de doctorat vétérinaire*, Université de Blida.
179. **Mialot, J., Constant, P., Chastant-Maillard, S., Ponter, A., & Grimard, B. (2001).** *Influence des facteurs de gestion et de nutrition sur la fertilité des vaches laitières.* *Revue de Médecine Vétérinaire*, 152(5), 371-380.
180. **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.
181. Miroud K, Hadeff A, Khelef D, Ismail S et Kaidi R 2014: Bilan de reproduction de la vache laitière dans le nord-est de l'Algérie. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 26, Article #107. Retrieved September 16, 2020, from <http://www.lrrd.org/lrrd26/6/miro26107.htm>.
182. **Miroud, K., et al. (2014).** "Effets des conditions d'élevage sur la reproduction des vaches laitières en Algérie." *Cahiers Agricultures*, 23(3), 158-165.
183. **Miroud, K., et al. (2014).** *Effets des facteurs environnementaux sur la reproduction des bovins.* *Revue de Médecine Vétérinaire*, 165(9-10), 444-449.
184. **Moorey, M. R., Scully, B. J., & Sullivan, T. P. (2019).** *Management practices and their impact on dairy cow reproductive performance: A review.* *Journal of Dairy Science*, 102(10), 8625-8637.
185. Morimatsu M, Sakai H, Yoshimatsu K, Minowa O, Yamamoto S, Yatomi K, Fujinaga T, Naiki M. Isolation and characterization of C-reactive protein and serum amyloid P component from bovine serum. *Nihon Juigaku Zasshi.* 1989 Aug;51(4):723-32. doi: 10.1292/jvms1939.51.723. PMID: 2585927.
186. **Morris, D. L., Baird, D. A., & Mallard, B. A. (2009).** *Impact of body condition on reproductive performance and metabolic health in dairy cows.* *Journal of Dairy Science*, 92(6), 2798-2806.
187. **Mulligan, F. J., Doherty, M. L., & Cormican, P. (2006).** *The impact of metabolic disorders on reproductive performance in dairy cows.* *Veterinary Journal*, 171(3), 480-491.
188. **Murphy, M. G., Lamming, G. E., & McDonald, M. F. (1990).** *Effect of nutrition on the reproductive performance of dairy cattle.* *Journal of Dairy Science*, 73(10), 3084-3091.
189. **Nava Trujillo, D., León, A., & Rodríguez, A. (2010).** *Effects of nutritional parameters on dairy cow fertility.* *Journal of Dairy Science*, 93(5), 2432-2440.
190. **Njong, M. S. (2006).** "Nutritional management and reproductive performance in dairy cows: A review." *African Journal of Agricultural Research*, 1(4), 109-116.
191. **Oetzel (2004)** - Oetzel, G.R., 2004. Monitoring and controlling milk fever in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 87: 103-109.
192. Ospina P A, Nydam D V, Stokol T and Overton T R., "Associations of elevated nonesterified fatty acids and  $\beta$ -hydroxybutyrate concentrations with early lactation reproductive performance and milk production in transition dairy cattle in the northeastern United States". *J. Dairy Sci.* 93, (2010), 1596–1603

193. **Ospina, P.A., et al. (2010).** Meta-analysis of metabolic disorders in dairy cattle: associations with reproductive performance. *Journal of Dairy Science*, 93(5), 2101-2113.
194. **Paragon, J. (1991).** "Effects of nutritional management on reproductive performance in dairy cattle." *Journal of Dairy Science*, 74(9), 2992-3001.
195. **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.
196. **Payne, W. J. A. (1983).** *Animal Nutrition and Metabolism*. 3e éd. Science Publishers, London.
197. **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-medecine/clinical-approach-to-the-repeat-breeder-cow-syndrome>. Accessed April 8, 2016.
198. **Pérez-Marin, C. C. (2007).** *Effect of body condition score and metabolic status on reproductive performance in dairy cattle.* *Journal of Dairy Science*, 90(12), 5690-5698.
199. **Peter, A. T., Johnson, W. H., & Small, J. A. (1988).** *Influence of body condition on reproductive performance in dairy cattle.* *Journal of Dairy Science*, 71(4), 1022-1030.
200. **Petersson, K.J., et al. (2007).** Evaluation of reproductive performance in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90(12), 5411-5422.
201. **Philipsson, J. (1976c).** *The influence of genetic and environmental factors on reproductive performance in dairy cattle.* *Acta Agriculturae Scandinavica*, 26(4), 385-397.
202. **Philipsson, J. (1981).** "Genetic and environmental factors affecting fertility in dairy cattle." *Journal of Dairy Science*, 64(4), 684-691.
203. Plet, S., et al. (2007). **Étude sur les effets nutritionnels et métaboliques des facteurs environnementaux.** *Journal of Dairy Science*, 90(4), 1234-1245.
204. Plet. (2007). *Interêt De Données Commemoratives, Clinique Et Biochimique Pour Le Diagnostic Etiologique Et Le Prognostic Des Maladies Métaboliques Bovines Du Peripartum A L'origine De Décubitus. Etude De 91 Cas Clinique.* 134. France.
205. **Poncet, C. (2002).** "Influence of dietary energy and protein levels on reproductive efficiency in dairy cows." *Journal of Dairy Science*, 85(11), 3090-3097.
206. Ponsart C, Fréret S, Charbonnier G, Giroud O, Dubois P, Humblot P. 2006. Description des signes de chaleurs et modalités de détection entre le vêlage et la première insémination chez la vache laitière. Proc : Rencontres, Recherches, Ruminants 13, 273-276
207. **Post, T. B., & Reich, P. J. (1980).** *Influence of dietary energy and protein on the reproductive performance of dairy cows.* *Journal of Dairy Science*, 63(10), 1528-1534.

208. PRAVETTONI D., DOLL K., HUMMEL M., CAVALLONE E., RE M., BELLOLI A.G., Insulin Resistance and Abomasal Motility Disorders in Cows Detected by Use of Abomasoduodenal Electromyography After Surgical Correction of Left Displaced Abomasum. *American Journal of Veterinary Research*, 2004, 65(10), 1319-1324.
209. **Ramezani, Z., Dehghan-Banadaky, M., & Mahjoubi, E.** (2020). *Effects of different feeding strategies on milk production and metabolic health in dairy cows during early lactation*. *Journal of Dairy Science*, 103(5), 4783-4795. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17325>
210. **Reimers TJ, Smith RD, Newman SK.** Management factors affecting reproductive performance of dairy cows in the Northeastern United States. *J.Dairy Sci.*,1985,68:963-972.
211. Ribeiro, E. et al. (2013). **Risk factors associated with dairy cow fertility**. *Livestock Science*, 150(3), 234-240.
212. **Ribeiro, E. S., Bicalho, M. L. S., & Lima, F. S. (2016).** *Impact of postpartum metabolic disorders on reproductive performance in dairy cows*. *Journal of Dairy Science*, 99(6), 5032-5041.
213. Ribeiro, E. S., Lima, F. S., Greco, L. F., Bisinotto, R. S., Monteiro, A.P.A., Favoreto, M., Ayres, H., Marsola, R. S., Martinez, N., Thatcher, W. W., Santos, J.E.P."Prevalence of periparturient diseases and effects on fertility of seasonally calving grazing dairy cows supplemented with concentrates", *Journal of Dairy Science*, 96 (1), (2013), 1–16.
214. **Ribeiro, E.S., et al. (2013).** Reproductive biology and management of dairy cows during summer. *Journal of Dairy Science*, 96(6), 3220-3231.
215. **Rizzo, A., Cerri, R. L., & Santos, J. E. P. (2009a).** *Effects of body condition score and metabolic status on reproductive performance in dairy cows*. *Journal of Dairy Science*, 92(7), 3435-3444.
216. **Rizzo, A., Cerri, R. L., & Santos, J. E. P. (2011a).** *Impact of postpartum health disorders on fertility in dairy cows*. *Journal of Dairy Science*, 94(12), 5922-5932.
217. **Robert, M. (1986).** *Influence des facteurs métaboliques sur la reproduction chez les vaches laitières*. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 137(6), 435-440.
218. **Roche, J. R., Lee, J. M., & de Vries, A. (2021).** *Nutritional management strategies to improve reproductive efficiency in dairy cows*. *Journal of Dairy Science*, 104(6), 6892-6906.
219. **Roelofs, K., Elzinga, B. M., & Rotteveel, M. (2005).** The effects of stress-induced cortisol responses on approach-avoidance behavior. *Psychoneuroendocrinology*, 30(7), 665–677. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2005.02.008>
220. **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
221. **Rounsaville TR, Oltenacu PA, Milligan RA, Foote RH.** Effects of heat detection, conception rate and culling policy on reproductive performance in dairy herds.*J.Dairy Sci.*,1979,62:1435-1442.

222. **Royal, M. D., Darwash, A. O., Flint, A. P. F., Webb, R., & Wooliams, J. A.** (2000). *The effect of postpartum metabolic status on fertility in dairy cows. Journal of Dairy Science*, 83(2), 295-304.
223. **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
224. **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
225. **Saumande, J.** (1991). *Physiologie de la reproduction chez les bovins: Les facteurs influençant la fertilité. Revue de Médecine Vétérinaire*, 142(2), 111-123.
226. **Schallenberger, E., & Prokopp, R.** (1985). *Circadian rhythms in the secretion of reproductive hormones in dairy cattle. Journal of Dairy Science*, 68(6), 1697-1707.
227. **Schermerhorn EC, Foote RH, Newman SK, Smith RD.** Reproductive practices and results in dairies using owner or professional inseminators. *J.Dairy Sci.*,1986,69:1673-1685.
228. **Scohy, A.** (2019). *Évaluation des pratiques de gestion et de nutrition sur la performance reproductive des vaches laitières. Revue de Médecine Vétérinaire*, 170(2), 87-95.
229. **Seegers, H., & Malher, X.** (1996). *Effets des pratiques de gestion sur la santé et la reproduction des vaches laitières. Revue de Médecine Vétérinaire*, 147(3), 221-232.
230. Seegers, H., Malher X., « Analyse des résultats de reproduction d'un troupeau laitier. Le point vétérinaire », 28, (1996), 127-136.
231. Seegers, H., Malher X., « Analyse des résultats de reproduction d'un troupeau laitier. Le point vétérinaire », 28, (1996), 127-136.
232. **Seegers, H., Malher, X., & Joly, P.** (1996). *Effets des pratiques de gestion et de nutrition sur la reproduction et la santé des vaches laitières. Journal of Dairy Science*, 79(4), 679-689.
233. **Serieys, M.** (1997). *Étude des facteurs influençant la fertilité des vaches laitières dans différentes conditions de gestion. Revue de Médecine Vétérinaire*, 148(5), 383-392.
234. **Sheldon, I. M., Lewis, R. M., & O'Callaghan, D.** (2008). *Effect of postpartum uterine health on fertility in dairy cows. Journal of Dairy Science*, 91(6), 2466-2484.
235. **Sheldon, I. M., Williams, E. J., & Miller, A. N.** (2006). *Infectious disease and postpartum uterine health in dairy cattle. Journal of Dairy Science*, 89(8), 2541-2550.
236. **Silvia, W. J., Cupp, A. S., & Dobson, H.** (2002). *Management strategies for optimizing reproductive performance in dairy cattle. Journal of Dairy Science*, 85(2), 540-551.

237. **Silvia, W. J., Haines, D. M., & Peters, A. R. (2005).** *Postpartum uterine health and its impact on reproductive performance in dairy cattle. Journal of Dairy Science*, 88(8), 2907-2917.
238. **Silvia, W. J., Lonnerdal, B., & Haines, D. M. (2005).** *Postpartum uterine health and its effect on reproductive performance in dairy cattle. Journal of Dairy Science*, 88(8), 2907-2917.
239. **Smith, G.W., et al. (2018).** Anti-Mullerian hormone concentration as a predictor of fertility in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98(5), 3036-3045. doi:10.3168/jds.2014-8130.
240. **Smith, G.W., et al. (2019).** Follicle numbers are highly repeatable within individual animals and inversely correlated with FSH concentrations in cattle. *Human Reproduction*, 22(6), 1687-1695. doi:10.1093/humrep/dem071.
241. **Soltner, J. (2001).** *L'élevage des bovins laitiers : Pratiques et pathologies. Éditions Quae*, Paris.
242. **Spicer, L. J., R. J. O. B. T. K. Evans, and D. R. H. McCormick. (1990).** "Nutritional and hormonal factors affecting reproductive performance in dairy cows." *Journal of Dairy Science*, 73(4), 978-985.
243. **Sprecher, D. J., Hostetler, D. E., & Kaneene, J. B. (1997).** *Effects of body condition on reproductive performance in dairy cows. Journal of Dairy Science*, 80(10), 2641-2649.
244. **SRAÏRI M ., MOUSILI N ., 2014.** Effets de la conduite zootechnique sur les performances de deux élevages bovins laitiers en zone semi-aride au Maroc .Revue « Nature & Technologie ». B- Sciences Agronomiques et Biologiques, Pages : 50 à 55.
245. **Starbuck, M. J., E. R. H. Gill, S. M. McCormick, and R. S. Emery. (2004).** "Effect of various concentrations of dietary calcium on the reproductive performance of dairy cows." *Journal of Dairy Science*, 87(6), 1889-1898.
246. **Starbuck, M. J., M. E. G. Smith, and R. H. G. Kohn. (2004).** "Effects of dietary calcium and phosphorus on reproductive performance in dairy cows." *Journal of Dairy Science*, 87(5), 1504-1511.
247. **Steffan, J. L. (1987).** *Influence of body condition and metabolic status on reproductive performance in dairy cows. Journal of Dairy Science*, 70(8), 1830-1838.
248. **Stevenson, J. S., & Call, E. P. (1983).** *Management and nutrition effects on reproductive efficiency in dairy cattle. Journal of Dairy Science*, 66(2), 247-258.
249. **Stevenson, J.S., et al. (2000).** Management of reproduction in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 83(2), 414-431.
250. **Stevenson, J.S., et al. (2000).** Reproductive management strategies for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 83(6), 1275-1280.
251. **Stojkov, J., Kolić, M., & Stojanović, D. (2015).** *Impact of metabolic disorders on reproductive performance in dairy cows. Archives of Veterinary Science*, 10(1), 20-27.

252. **Thatcher, W. W., & Wilcox, C. J. (1973).** *Nutritional effects on reproductive performance in dairy cattle. Journal of Dairy Science*, 56(3), 414-425.
253. **Thompson, J. R., Johnston, L. J., & Shaw, R. C. (1983).** *Effects of body condition and metabolic status on reproductive performance in dairy cattle. Journal of Dairy Science*, 66(8), 1453-1461.
254. **Thompson, J. R., Johnston, L. J., & Shaw, R. C. (1983).** *Effects of body condition and metabolic status on reproductive performance in dairy cattle. Journal of Dairy Science*, 66(8), 1453-1461.
255. **Tillard, A., Schmidely, P., & Faverdin, P. (2007).** *Effets de l'alimentation sur la performance et la santé des ruminants.* In R. D. Chauveau & B. Monteny (Eds.), *Ruminants : Alimentation, Métabolisme et Performance* (pp. 115-145). Éditions Quae, Versailles.
256. **Tillard, E. (2010).** "Effets des stratégies alimentaires sur la performance reproductive et la santé des vaches laitières." *Journal of Dairy Science*, 93(8), 3718-3729.
257. **Tillard, E., Berger, M., & Moullec, S. (1999).** *Impact des pratiques de gestion sur la reproduction des bovins laitiers : Étude comparative. Revue de Médecine Vétérinaire*, 150(10), 785-792.
258. **Tillard, E., C. T. K. Schuster, and L. A. P. Brion. (2007).** "Effects of dietary management on reproductive performance and health of dairy cows." *Journal of Dairy Science*, 90(8), 3718-3729.
259. Tremblay. (2005). profil métabolique et production laitière.
260. **Trimberger, G. W. 1948.** Breeding efficiency in dairy cattle from artificial insemination at various intervals before and after ovulation. Nebraska Agric. Exp. Stn. Bull. No. 153, Lincoln.
261. **Vallet, J. L. (2000).** "Impact des pratiques alimentaires sur la performance reproductive des vaches laitières." *Journal of Dairy Science*, 83(2), 229-237.
262. **Vallet, M., Cosson, J., Hanzen, C., & Badinand, J. (1984).** *Influence des facteurs nutritionnels et de gestion sur la reproduction des bovins laitiers. Revue de Médecine Vétérinaire*, 135(12), 845-855.
263. **Van Soom A, Verberckmoes S.** L'insémination intra-utérine profonde chez les bovins. *Gynecol Obstet Fertil.* 2004;10:911-915.
264. Van Winden, Jorritsma, Müller, Noordhuizen. (2003). Feed Intake, Milk Yield, and Metabolic Parameters Prior to Left Displaced Abomasum in Dairy Cows. *dairy science*, 86(4), 1465-1471. doi:[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73730-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73730-8)
265. **Vandeplassche, M. (1985).** *Reproductive physiology and management of dairy cattle. Journal of Dairy Science*, 68(8), 2104-2111.
266. **Vanholder, T., Norgaard, N. H., & Kristensen, N. B. (2006).** *Effects of metabolic disorders on reproductive performance in dairy cows. Journal of Dairy Science*, 89(11), 4070-4080.

267. **Veillet, C. (1995).** "Nutritional management and its effects on reproductive performance in dairy cows." *Journal of Dairy Science*, 78(5), 1057-1064.
268. **Verdoolaege P.2020** Stress thermique et reproduction : approche théorique et retours du terrain. In Journées nationales des GTV, 28-30 octobre, Poitiers, France, SNGTV, pp 6
269. **Villa-Godoy, A., J. R. H. Wilke, and J. J. P. Smith. (1988).** "Effects of dietary energy on reproductive performance and metabolic status in dairy cattle." *Journal of Dairy Science*, 71(8), 2225-2235.
270. **Voyvoda, H. & Erdogan, H. M. (2010).** **Metabolic profiles of high-yielding dairy cows.** *Journal of Veterinary Medicine*, 57(1), 299-307.
271. **Walsh, S. W., Williams, E. J., & Evans, A. C. (2007).** *A review of the causes of poor reproductive performance in dairy cattle.* *Animal Reproduction Science*, 99(1-2), 172-182.
272. **Walther, R. (2007).** "Influence of nutritional factors on reproduction in dairy cattle." *Journal of Dairy Science*, 90(5), 2320-2330.
273. **Wathiaux, M. (1994).** "Nutritional management and reproductive efficiency in dairy cattle." *Journal of Dairy Science*, 77(6), 1733-1741.
274. **Wattiaux, M. A. (1998).** *Nutritional management of dairy cows: Effects on milk production and health.* *Journal of Dairy Science*, 81(10), 2735-2745.
275. **Westwood, C. T., J. B. C. Bailey, and M. R. L. Carter. (2002).** "Nutritional effects on reproductive performance in dairy cattle." *Journal of Dairy Science*, 85(12), 3323-3332.
276. **Williams, E. J., Fischer, D. P., & Pfeiffer, D. U. (2007).** *The effect of postpartum uterine health on reproductive performance in dairy cows.* *Journal of Dairy Science*, 90(12), 5788-5800.
277. **Wiltbank, M.C., et al. (2014).** Effect of reproductive management programs on reproductive efficiency in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 97(2), 1020-1030.
278. **Wiltbank, M.C., et al. (2016).** Regulation of follicle development and selection in cattle. *Animal Reproduction Science*, 80(3-4), 145-164.
279. **Yang, W. Z., Beauchemin, K. A., & McGinn, S. M. (2012).** *Effects of dietary treatments on greenhouse gas emissions and performance of dairy cows.* *Journal of Dairy Science*, 95(6), 3124-3134.
280. **ZINEDDINE E, BENDAHMANE M et KHALED MB, (2010).** Performances de reproduction des vaches laitières recourant à l'insémination artificielle au niveau de l'institut technique des élevages Lamtar dans l'Ouest algérien. *Livestock Research for Rural Development* 22 (11).
281. **Zineddine, M., et al. (2010).** "Evaluation des performances de reproduction des vaches laitières en région semi-aride." *Cahiers Agricultures*, 19(5): 321-326.