

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



Université Saad
Dahlab-Blida 1-



Projet de fin d'études en vue de l'obtention du

Diplôme de Docteur Vétérinaire

**Relation entre l'insémination artificielle et l'alimentation chez la vache
laitière**

Présenté par

Zemam Oussama

Devant le jury :

Président(e) : Hadj Omar.K MCB Univ.Blida 1

Examineur : Kalem.A MCA Univ.Blida 1

Promoteur : Lafri.M Professeur Univ.Blida 1

Co-promoteur : Bouazghi.A Médecin vétérinaire

Année : 2021/2022

REMERCIEMENTS

Je tenais tout d'abord à remercier le bon Dieu qui m'a donné la force, le courage et la patience afin d'achever mon cursus.

A Monsieur Lafri M :

Professeur à l'université de Blida,

Qui m'a fait l'honneur d'encadrer mon travail,

Je voudrais le remercier, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses conseils judicieux, qui ont contribué à mettre en œuvre mon travail,

Remerciements chaleureux.

A Monsieur Bouazghi A :

Médecin Vétérinaire à Khemis Miliana,

Qui m'a fait l'honneur de Co-encadrer mon travail,

Qui m'a beaucoup appris sur les défis à relever dans le monde de la médecine vétérinaire. Il a partagé ses connaissances et expériences dans ce milieu, tout en m'accordant sa confiance et une large indépendance dans l'exécution de missions valorisantes.

A Monsieur Kalem :

Je voudrais adresser toute ma reconnaissance à l'examineur de ce mémoire, Monsieur Kalem, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

A Madame Hadj Omar :

Un grand merci à Madame la présidente qui m'a beaucoup aidée, et qui m'a fait l'honneur d'accepter de juger ce travail.

Résumé

L'insémination artificielle a été identifiée comme un outil de choix pour une meilleure productivité du cheptel bovin africain (**ROBERTS et GRAY, 1973**).

Afin d'avoir un taux élevé de réussite il est impératif d'exceller en matière de technique d'insémination de la récolte du sperme jusqu'à son dépôt dans l'utérus, passant par sa conservation.

L'objectif général de notre étude est d'évaluer les facteurs qui influencent le taux de réussite de cette dernière plus précisément l'alimentation qui peut être contrôlée au moyen de différents outils tel que la notation d'état corporel, le profil métabolique, la leptine et l'IGF-I. La notation d'état corporel est un excellent outil, facile à mettre en œuvre, pour suivre le niveau des réserves corporelles (état d'engraissement) qui dépend de la balance énergétique.

L'alimentation a un effet sur chaque étapes et stade physiologique de la reproduction des femelles (puberté, cyclicité et chaleurs, insémination, gestation, tarissement, post-partum, et lactation).

L'impact de la nutrition sur la reproduction peut aussi être étudié à partir des paramètres suivant: l'énergie, les protéines, les minéraux (dont oligoéléments) et les vitamines. Pour chaque composante, il faut éviter aussi bien les carences que les excès.

Les mots clés :

Insémination artificielle, bovin, alimentation.

Abstract

Artificial insemination has been identified as a tool of choice for a better productivity of the African bovine (**ROBERTS and GRAY, 1973**).

In order to have a high success rate, it is imperative to excel in insemination technique from semen collection to its deposition in the uterus, through its conservation.

The general objective of our study is to evaluate the factors that influence the success rate of the latter, more precisely the diet which can be controlled by means of different tools such as body condition scoring, metabolic profile, leptin and IGF-I. Body condition scoring is an excellent and easy to implement tool to monitor the level of body reserves (fattening status) which depends on the energy balance.

Nutrition affects reproduction at all stages and components of female reproduction (puberty, cycling and heat, mating or insemination, gestation, drying off, postpartum, and lactation)

The impact of nutrition on reproduction can also be studied from each of its parameters: energy, proteins, minerals (including trace elements) and vitamins. For each component, it is necessary to avoid both deficiencies and excesses.

Keywords :

artificial insemination, bovine, alimentation.

ملخص

تم تحديد التلقيح الاصطناعي كأداة مفضلة لتحسين إنتاجية قطع البقر الإفريقي (روبرتس وغراي، 1973). من أجل تحقيق معدل نجاح مرتفع، من الضروري التفوق في تقنية التلقيح من حصاد الحيوانات المنوية إلى زرعها في الرحم، مروراً من تخزينها.

الهدف العام لدراستنا هو تقييم العوامل التي تؤثر على معدل نجاح هذا الأخير خصوصاً النظام الغذائي الذي يمكن التحكم فيه بواسطة أدوات مختلفة مثل تصنيف حالة الجسم، وملف التمثيل الغذائي، واللبتين، و تسجيل حالة الجسم أداة ممتازة، سهولة التنفيذ، لتتبع مستوى احتياطات الجسم (حالة التسمين) التي تعتمد على توازن الطاقة

تؤثر التغذية على التكاثر في جميع مراحل تكاثر الإناث (البلوغ، والدورة الحرارية، والتكاثر أو التلقيح، والحمل، والجفاف، وما بعد الولادة، والرضاعة)

يمكن أيضاً دراسة تأثير التغذية على التكاثر من كل من مكوناته: الطاقة والبروتينات والمعادن (بما في ذلك العناصر النزرة) والفيتامينات. وبالنسبة لكل عنصر، يجب تجنب أوجه القصور والتجاوزات.

الكلمات المفتاحية

التلقيح الاصطناعي، البقر، النظام الغذائي

SOMMAIRE :

| | |
|---|----|
| Introduction générale ----- | 1 |
| Chapitre I : rappel sur l'insémination artificielle | |
| 1. Définition- historique----- | 3 |
| 1.1 Définition----- | 3 |
| 1.2 Historique----- | 3 |
| 1.3 Semence ----- | 3 |
| 1.3.1 Récolte du sperme----- | 4 |
| 1.3.1.1 Récolte au vagin artificiel----- | 5 |
| 1.3.1.2 Electro-éjaculation ----- | 6 |
| 1.3.2 Examen du sperme ----- | 6 |
| 1.3.3 Dilution du sperme----- | 7 |
| 1.3.4 Conditionnement et conservation ----- | 7 |
| 1.3.4.1 Conditionnement ----- | 7 |
| 1.3.4.2 Conservation----- | 8 |
| 1.4 Insémination artificielle proprement dite----- | 8 |
| 1.4.1 Matériel d'Insémination----- | 8 |
| 1.4.2 Technique de l'insémination artificielle----- | 9 |
| 1.4.3 Moment de l'I.A. ----- | 10 |
| 1.4.4 Lieu de dépôt de la semence ----- | 10 |
| 1.5 Avantages----- | 10 |
| 1.5.1. Sur le plan sanitaire----- | 10 |
| 1.5.2 Sur le plan économique----- | 10 |
| 1.5.3 Sur le plan génétique----- | 10 |
| 1.6 Inconvénients----- | 10 |
| 1.6.1 Sur le plan sanitaire----- | 10 |

| | |
|------------------------------------|----|
| 1.6.2 Sur le plan génétique ----- | 10 |
| 1.6.3 Sur le plan économique ----- | 10 |

Chapitre II : Effets de l'alimentation sur la reproduction chez la vache laitière.

| | |
|--|----|
| 1- L'alimentation et la fertilité ----- | 12 |
| 1.1 La fertilité chez la vache laitière ----- | 12 |
| 1.2 Le bilan énergétique chez la vache laitière ----- | 12 |
| 2- Les grandes étapes du cycle de de la reproduction----- | 13 |
| 2.1 Effets de l'alimentation sur l'installation de la puberté chez la génisse----- | 13 |
| 2.2 Effets de l'alimentation lors de la gestation Chez la vache----- | 13 |
| 2.3 Effets de l'alimentation lors du tarissement chez la vache----- | 13 |
| 2.4 Effets de l'alimentation durant la mise bas (vêlage) ----- | 14 |
| 2.5 Effet sur la chaleur et la cyclicité----- | 15 |

Chapitre III : La couverture des besoins alimentaires

| | |
|---|----|
| 3.1 Introduction ----- | 17 |
| 3.2 Eau ----- | 17 |
| 3.3 Energie ----- | 17 |
| 3.4 Matières azotées ----- | 18 |
| 3.5 Eléments minéraux (dont oligo-éléments) ----- | 18 |
| 3.6 Vitamines ----- | 19 |

Chapitre III : Les outils de contrôle de la nutrition

| | |
|--|----|
| 4.1 La notation d'état corporel----- | 21 |
| 4.2 La leptine ----- | 22 |
| 4.3 Le profil métabolique ----- | 23 |
| 4.4 L'urée ----- | 24 |
| 4.5 Les hormones de la fonction de reproduction----- | 24 |

Conclusion : -----27

Bibliographie : -----28

Liste des tableaux

Titre du tableau

| Numéro | Titre | Page |
|------------------|--|-----------|
| Tableau 1 | Vitamines liposolubles et hydrosolubles (groupes de vitamines) | 19 |

Sommaire des figures

| Numéro de figure | Titre | Page |
|------------------|--|-----------|
| Figure 1 | Paillette renfermant du sperme de bovin | 4 |
| Figure 2 | Récolte de sperme à l'aide d'un vagin artificielle chez les bovin | 4 |
| Figure 3 | Vagin artificiel (Photo empruntée cours PPT) | 5 |
| Figure 4 | Kit d'électro-éjaculation bovin | 6 |
| Figure 5 | Electro éjaculation « HANZEN 2009 » | 6 |
| Figure 6 | Paillettes de sperme congelées dans un réservoir d'azote liquide | 7 |
| Figure 7 | Pistolet d'insémination universel | 8 |
| Figure 8 | Schématisation du lieu de dépôt de la semence durant l'IA | 9 |
| Figure 9 | les phases du vêlage d'après (Rousseau et al., 2011) | 14 |
| Figure 10 | Critères d'évaluation du score corporel | 21 |
| Figure 11 | Perte d'état de chair durant les 30 premiers jours de lactation (allonge l'intervalle vêlage-première ovulation) | 22 |
| Figure 12 | La leptine, une hormone sécrétée par le tissu adipeux | 23 |
| Figure 13 | Schéma des mécanismes possibles de l'action de la nutrition sur la fonction de croissances folliculaires | 24 |
| Figure 14 | Schéma des mécanismes possibles de l'action de la nutrition sur la fonction de croissance folliculaire | 25 |
| Figure 15 | Concentrations moyenne d'IGF-I chez des génisses à viande pendant la restriction alimentaire et pendant la réalimentation normalisée et rapports avec l'anoestrus et l'ovulation | 26 |

Liste des abréviations

DF : follicule dominant (Dominant follicle)

EOP : opioïdes endogènes peptidiques (Endogenous opioid peptides)

GH : hormone de croissance (Growth hormone)

IGF-I : facteur apparenté à l'insuline I (Insulin-like growth factor I)

LH : lutropine (hormone lutéinisante)

NPY : neuropeptide Y (neuropeptide Y)

NEC : note de score corporel

Introduction générale

L'insémination artificielle a un rôle primordial au niveau de la reproduction au niveau des pays tempérés **(Thibier et Wagner, 2002)**.

Cette biotechnologie est considérée comme un instrument révolutionnaire en son temps qui permet la diffusion de matériel génétique, et l'amélioration rapide de ce dernier **(BENLEKHEL et al., 2000)**.

On remarquera que durant des années on a pu observer une décadence des résultats de celle-ci dans la plupart des pays **(Seegers et Malher, 1996)**.

La succès de la première insémination artificielle est une solution menant à l'efficacité de la reproduction **(Windig et al., 2005)**, cependant les chances de conceptions diffères d'une vache à l'autre suivant les facteurs tels que la nutrition, la saison, le logement, la taille du troupeau, **(Roelofs et al., 2010)**.

Les pertes économiques associées à l'infertilité (causé par la sous-nutrition) sont importantes et dépassent de loin le coût des inséminations artificielles et de la semence **(BRISSE, 2003)**.

Notre but est de passer en revue l'influence de l'alimentation et de ces différents paramètres sur l'insémination artificielle et d'estimer son taux de réussite selon ces derniers, et enfin, la mise à disposition de propositions d'amélioration.

Chapitre I
Rappel sur l'insémination artificielle

1. Définition- historique

1.1 Définition

L'insémination artificielle est une technique qui a pour nature de déposer de la semence à l'aide d'un instrument (pistolet), au moment le plus convenable et à l'endroit le plus adéquat au niveau du tractus génital femelle.

Ceci procure deux attributs : d'une part une élévation de la capacité de reproduction des mâles et donc l'amélioration génétique, et d'autre part permet la prévention et la lutte contre les maladies sexuellement transmissibles (**Hanzen, 2010**).

Elle est considérée comme la première génération des biotechnologies animales (**DIOP, 1993**).

1.2 Historique

Elle a été utilisée par les arabes au XIV^{ème} siècle.

La première IA chez la chienne a été réalisée par **LAURO SPALLANZANI** en 1779.

La méthode fut ensuite reproduite un siècle plus tard par Albrecht, Millais et en France par Repiquet (**Hanzen, 2010**).

En France la première IA en ferme fut réalisée sur une vache normande en 1946 par **CASSOU**.

1.3 Semence

La semence est généralement collectée au niveau des centres spécialisés (**Figure 1**).

Les critères de sélection sont : la performance de reproduction, et l'état de santé.

Une vache en chaleurs ou non, un mâle ou un mannequin pour stimuler le géniteur.

Le sperme est collecté sur des animaux sains de toutes affections et tares génétiquement transmissibles, et provenant d'exploitations indemnes.

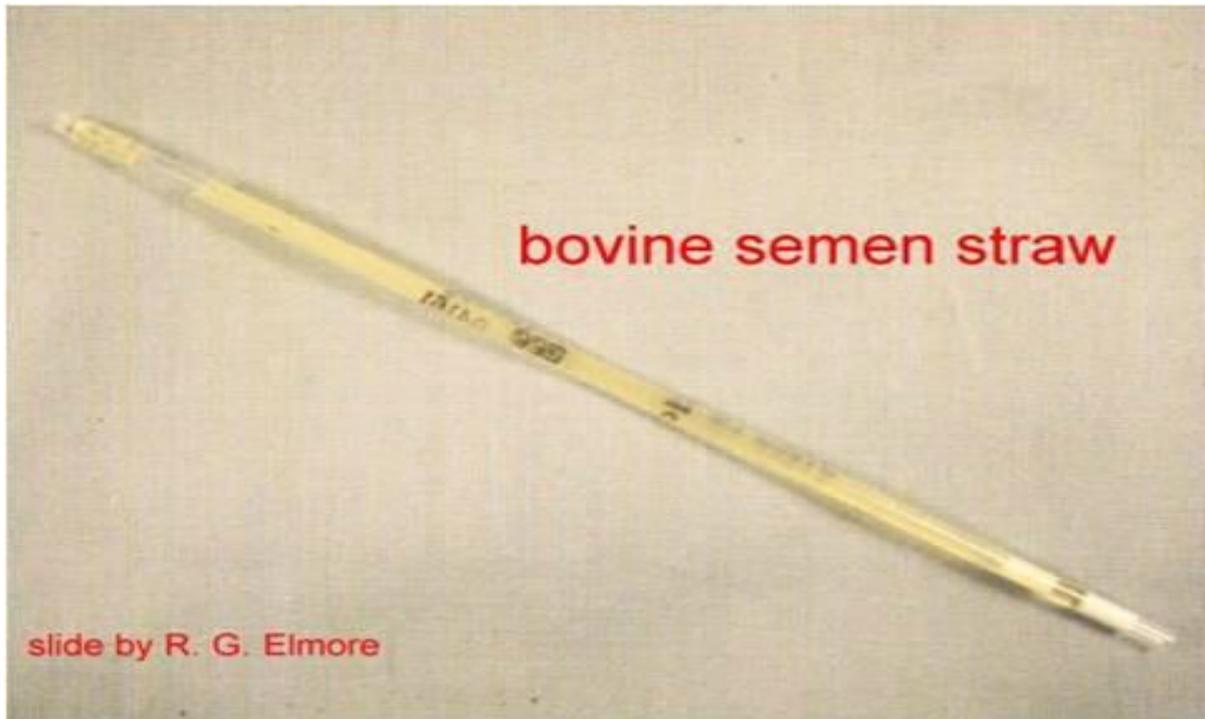


Figure 1 : Paillette renfermant du sperme de bovin (**Wehner Homestead, 2017**)

1.3.1 Récolte de la semence

Il y a plusieurs méthodes de récolte tels que le vagin artificielle (**Figure 2**), le massage de la vésicule séminale par voie rectale, ou la récolte directe dans le vagin, et enfin l'électro-éjaculation qui est utilisée de moins en moins.



Figure 2 : Récolte de sperme à l'aide d'un vagin artificielle chez les bovins (**Anonyme 1, 2022**)

1.3.1.1 Récolte à partir du vagin artificiel

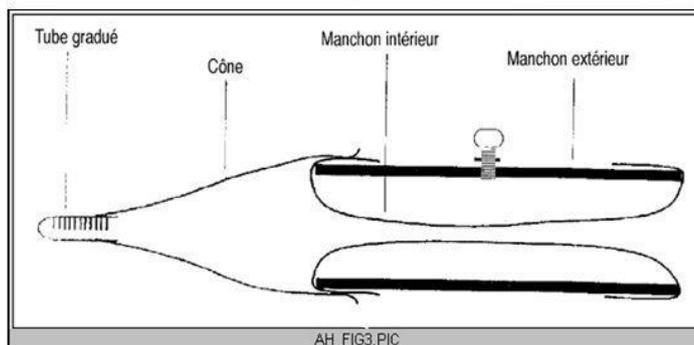
Le vagin artificiel est un instrument simple composé par un corps constitué par un manchon rigide (en caoutchouc épais) ouvert au niveau des extrémités. On introduit de l'eau à 40-45°C dans une capote, qui sert garnir le corps du vagin intérieurement (**Figure 3**).

On prépare le géniteur en commençant par tondre la région péri génitale et puis en désinfecter la région préputiale.

On stimule l'appétit sexuelle : promenade, attente, quelque fausses montes boute-en-train en utilisant un bœuf ou un mannequin.

Enfin on récolte à partir du vagin artificiel en prenant en compte la température adéquate ainsi que l'hygiène et le niveau de pression, on obtient éjaculation rapide, "coup de rein" à partir de 11-15 mois avec une fréquence variable : 3 récoltes / 15 jours (**Hanzen Ch, 2009**).

Le vagin artificiel



Diamètre
6 à 8 cm

Longueur 30 – 35 cm

(N. Hagen ENVT)

Figure 3 : Vagin artificiel (**HANZEN, 2009**)

1.3.1.2 Electro-éjaculation

Le sperme peut être collecté aussi par électro-éjaculation, surtout dans le cas de manque de libido ou d'impossibilité à effectuer le saut. Elle procure une semence moins concentré et une motilité basse (Figure 4), (Figure 5).



Figure 4 : Kit d'électro-éjaculation bovin (Bruce E Eilts, 2012)

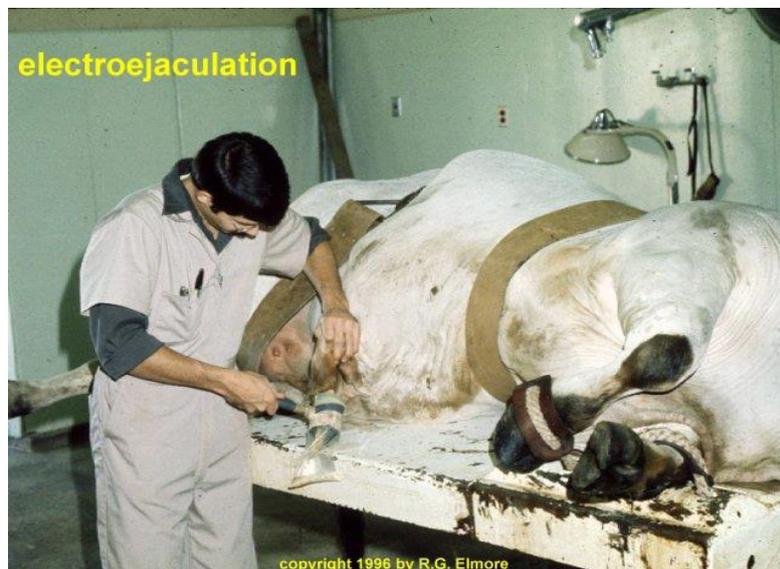


Figure 5 : Electro-éjaculation (HANZEN, 2009)

1.3.2 Examen du sperme

Il s'agit des examens macroscopique, microscopique et biochimique du sperme, juste après la récolte. Afin d'assurer la qualité et la fertilité du sperme.

1.3.3 Dilution du sperme

Son but est l'augmentation du volume total de la masse spermatique, de mettre en œuvre les conditions nécessaires à la survie des spermatozoïdes *in vitro*, et d'inséminer un maximum de femelle avec un éjaculat unique (Hanzen, 2010).

1.3.4 Conditionnement et conservation

1.3.4.1 Conditionnement

Il se fait par des paillettes en plastique contenant des doses individuelles portant un numéro d'identification permettant d'avoir les informations sur le taureau, sa race, et la date de production (Figure 6).

La paillette moyenne a un diamètre de 2.5 à 2.8 mm et un volume de 0.5 ml. La paillette fine plus sollicitée a un diamètre de 1.7 à 2.2 mm et un volume utile de 0.25 ml (Hanzen, 2010).



Figure 6 : Paillettes de sperme congelées dans un réservoir d'azote liquide (Benlekhel *et al.*, 2022)

1.3.4.2 Conservation

La semence peut être utilisée fraîche ou conservé par congélation pendant longtemps.

Semence fraîche :

L'utilisation directe suppose une conservation à une température voisine de 5°C, celle-ci doit cependant pour éviter les chocs thermiques, être atteinte progressivement au rythme moyen de refroidissement de 0.5°C par minute entre 37 et 22°C et de 1°C par minute entre 22 et 5°C. Bien diluée et convenablement refroidie, la semence peut conserver son pouvoir de fécondation pendant 2 à 3 jours **(Hanzen, 2010)**.

Semence congelé :

Elle requiert l'utilisation d'agents cryoprotecteurs, tel que le glycérol qui à la concentration de 4%, augmente la mobilité massale des spermatozoïdes, et après congélation dans une solution à 1 % les affections de leurs acrosomes diminuent **(Hanzen, 2010)**.

Une autre méthode consiste à utiliser l'azote liquide dans laquelle la semence est conservée à -196°C. Elle permet de conserver les semences pendant 6 ans voir 20 ans si le niveau d'azote est régulièrement respecté **(GOFFAUX, 1991)**.

1.4 Insémination artificielle proprement dite

1.4.1 Matériel d'Insémination

Le pistolet : Est une sorte de seringue longue 45 cm, en acier, avec un corps cylindrique, un piston et une rondelle pour fixer la gaine. Généralement on utilise des pistolets universel qui sont adaptés à l'usage soit des paillettes moyennes soit des paillettes mini **(Figure 7)**.



Figure 7 : Pistolet d'insémination universel (Anonyme 2 ,2022)

On secoue en premier la paillette pour se débarrasser des restes d'azote, elle est ensuite noyée et agitée dans de l'eau à 34-37°C pendant 30 secondes **(Hanzen, 2010)**.

On aura aussi besoin de :

Une pince brucelle pour prélever les paillettes ;

Une paire de ciseaux ;

Gants de fouille légère et sensible et le lubrifiant.

La cuve d'azote qui contient les paillettes remplit de sperme.

Le thermos de décongélation.

1.4.2 Technique de l'insémination artificielle

Deux techniques sont utilisées :

L'une se fait via la voie vaginale en utilisant un spéculum, donnant lieu au dépôt de la semence au niveau de la portion postérieure du canal cervical, elle n'est pratiquement pas utilisée.

La deuxième par voie rectale jugée plus hygiénique Après le débouillage, l'inséminateur introduit une main gantée et lubrifiée dans le rectum pour immobiliser le col, puis avec l'autre main, il introduit le pistolet inséminateur (pistolet de CASSOU) dans l'utérus à travers le vagin et le col utérin et pousse la semence à l'aide du piston du pistolet **(Figure 8)**, cette technique favorise la libération d'ocytocine et donc la remontée des spermatozoïdes à la jonction utéro-tubulaire **(Hanzen ,2010)**.

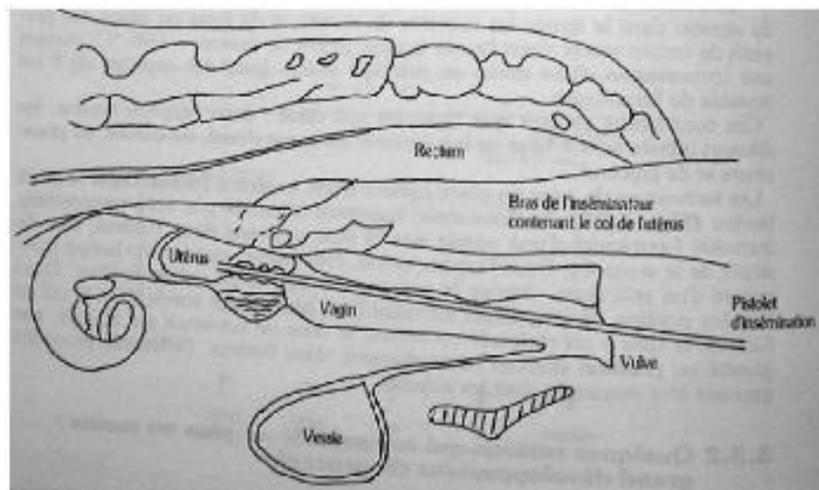


Figure 8 : Schématisation du lieu de dépôt de la semence durant l'IA **(BARRET, 1992)**.

1.4.3 Moment de l'insémination artificielle (IA)

Le repérage des chaleurs favorise la réussite de l'IA dans du troupeau. Elle résulte de l'association de l'expression par les vaches de comportement de chaleur accompagnant les ovulations et de leur observation par l'éleveur (**Disenhaus, 2008**).

24 à 30 h après le début des chaleurs la femelle ovule, avec de grande différence entre chaque vache. En 6 à 10 h, les spermatozoïdes arrivent à l'ampoule de l'oviducte, lieu de la fécondation et perdent leur pouvoir fécondant après 24 h. La survie de l'ovocyte après l'ovulation est d'environ 6 h, on dispose donc d'une plage d'environ 20 h après le début des chaleurs pour inséminer (**Dransfield et al., 1998**).

Les taux de gestation les plus élevés ont été observés entre 0 à 18h, ce taux diminue en passant les 24h (**Freret et al., 2008**).

1.4.4 Lieu de dépôt de la semence

Le dépôt se fait soit dans le corps utérin ou bien au niveau des cornes utérines, mais chez les bovins l'insémination intra utérine reste le lieu de dépôt de prédilection (**Hanzen, 2010**).

1.5 Avantages

1.5.1 Sur le plan sanitaire

C'est un outil essentiel dans la réduction de transmission de maladies vénériennes telles que Le Bovine herpesvirus-12, La brucellose, La Leptospirose (**Hanzen, 2010**).

Réduit considérablement le risque de transmission des agents par l'intermédiaire du mâle (**Garcia, Eaglesome, 1997**).

1.5.2 Sur le plan économique

L'insémination artificielle coûte moins cher que l'achat, et l'entretien d'un taureau, cette technique est de plus en plus demandée sur le marché (**Hanzen, 2010**).

1.5.3 Sur le plan génétique

L'insémination permet de trier et choisir les gènes désirés, et éviter ou bannir tout ce qui est gènes non désirables (faible musculature, faible production) ce qui permet de bien contrôler son élevage.

1.6.3 Sur le plan économique

Toute faute technique ou environnement inadéquat engendre une non fécondation de la femelle, ce qui nous amène à des pertes économiques liées à la diminution de la productivité (production laitière, progéniture).

Chapitre II

Effets de l'alimentation sur la reproduction chez la vache laitière

1. L'alimentation et la fertilité

1.1 La fertilité chez la vache laitière

La fertilité est le nombre d'inséminations nécessaires pour avoir une gestation (**Hanzen, 1994**), Elle peut aussi être définie comme étant la capacité à concevoir des ovocytes fécondables (**Kevin, 2015**).

Cette fonction peut être inhibée par multiple causes, parmi elle plusieurs sont nutritionnelles comme la quantité de nutriments présente dans la ration, sa conservation, ou bien la stratégie de nutrition. Selon (**Poncet, 2002**) la nutrition cause 60% des troubles de fertilité chez la vache laitière, une sous-alimentation peut provoquer un anoestrus avec ou sans ovulation (**Brisson et al., 2003**), Les éléments nutritifs sont nécessaires au bon déroulement de la reproduction (**Enjalbert, 1994**).

1.2 Le bilan énergétique chez la vache laitière

La déficience en énergie est l'un des facteurs déclencheurs d'infertilité, lorsque les sorties en énergie excèdent les entrées, ce qui provoque un bilan énergétique négatif, il y a plusieurs condition qui pourraient provoquer ce déficit on cite :

Niveau de dépenses élevé (gestation, lactation).

Niveau d'entrées faible lié à un problème de consommation (aliment peu appétant, manque d'eau fièvre).

Niveau d'entrées faible lié à un mauvais balancement de la ration (pas suffisamment riche en énergie, rationnement insuffisant) (**Brisson et al., 2003**).

Le déficit énergétique dont l'un des signes caractéristiques et l'hypoglycémie provoque une hyposécrétion de la GnRH, et une baisse de la sécrétion de LH (**DISENHAUS et al., 2005**), une atrophie des ovaires et de l'anoestrus avec hypoprogéstéronémie (**SOW, 1997**), (**Brisson et al., 2003**).

Une brève augmentation de la nutrition aux alentours de l'insémination (avant/après) plus communément appelé Le Flushing est très utilisé pour la vache laitière afin d'éviter un bilan énergétique négatif (**Galina et Arthur, 1990**).

2- Les grandes étapes du cycle de de la reproduction

2.1 Effets de l'alimentation sur l'installation de la puberté chez la génisse

C'est la capacité de la femelle à pouvoir mettre au monde une progéniture, donc plus la puberté et précoce plus c'est rentable pour l'éleveur.

Il y a plusieurs facteurs influençant la puberté tel que l'âge (9 à 12 mois) , mais surtout le poids car une génisse atteint la puberté quand son poids arrive au deux tiers du poids d'une vache mature (**CHICOTEAU et al., 1990**).

Donc le poids plus l'âge sont deux facteurs déterminant la puberté d'une femelle (**HANZEN, 1994**).

En outre l'alimentation joue un rôle très important dans l'apparition de la puberté chez la femelle, Une puberté précoce peut être induite grâce à un sevrage prématuré et d'une alimentation riche en concentrés (**LE COZLER et al., 2009**).

2.2 Effets de l'alimentation lors de la gestation Chez la vache

Au cours de la gestation les besoins énergétiques augmentent progressivement pour devenir très importants (jusqu'à 50%) durant le dernier tiers (**RIVIERE, 1978**).

Ces besoins correspondent à ceux du fœtus, le placenta, les enveloppes fœtales, le développement de la glande mammaire, le métabolisme du fœtus ainsi que celui de ses tissus et ses organes. La sous-alimentation augmente le taux de mortalité des veaux (**Ratray, 1977**).

2.3 Effets de l'alimentation lors du tarissement chez la vache

En début de tarissement il est conseillé d'apporter à la vache une ration volumineuse et peu énergétique (Fourrage grossier) afin de maintenir le volume du rumen ainsi que l'appétit de la vache.

On propose une ration provisoire qui a la même composition que la ration de lactation pour que la flore ruminale s'adapte graduellement durant les dernières semaines.

De cette manière on maintient une capacité d'ingestion maximale en début de lactation pour les vaches en début de lactation prédisposées à un déficit énergétique (**HANZEN, 1994**).

2.4 Effets de l'alimentation durant la mise bas (vêlage)

C'est une période cruciale qui doit bien se dérouler afin d'obtenir un produit (veau/velle) sain (**Figure 9**), la vache doit avoir un état d'embonpoint convenable afin d'éviter toute complication mettant en danger la vie de la vache ou sa progéniture, donc il est impératif de maintenir une bonne alimentation avec une ration adéquate à cette phase.

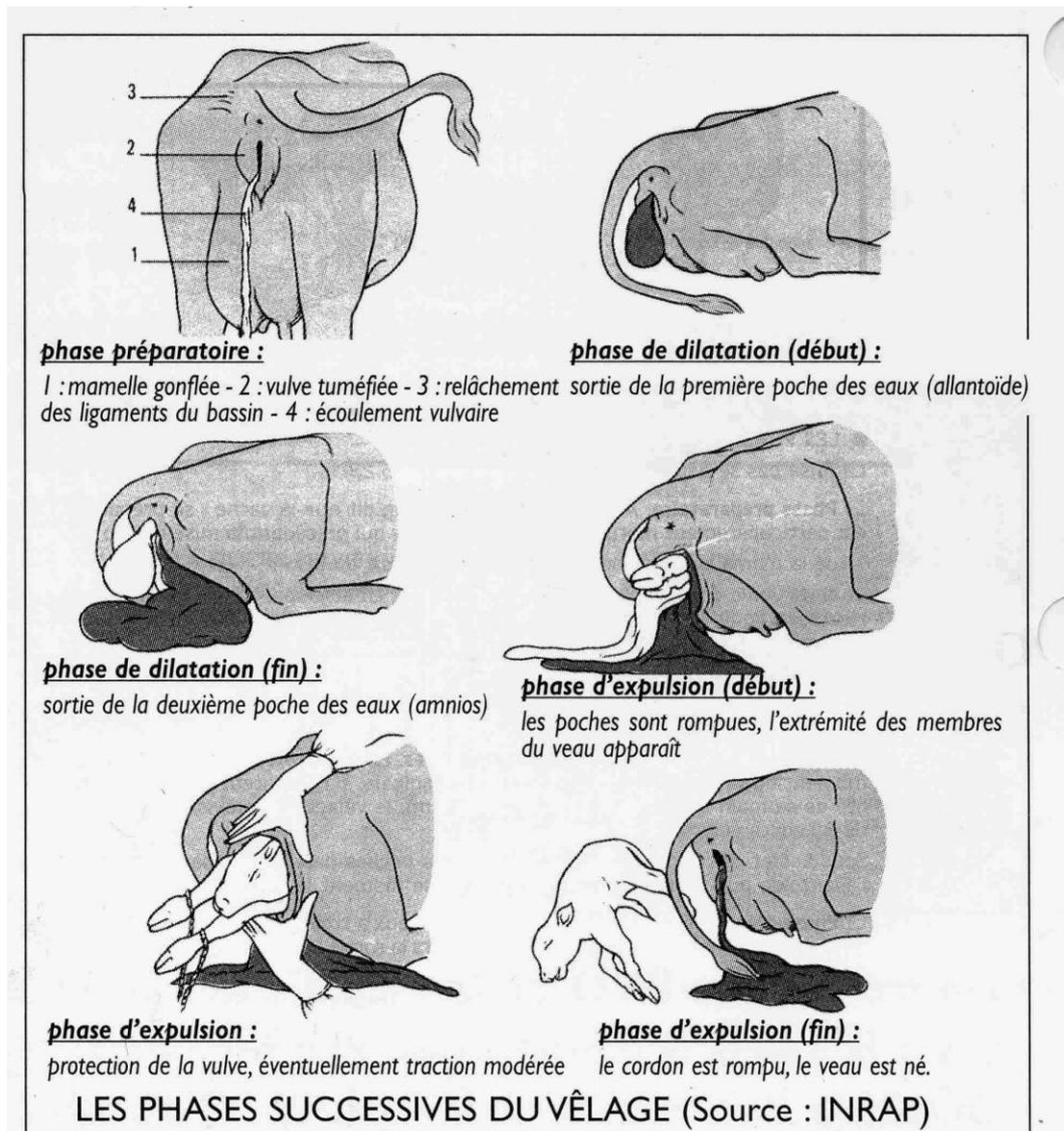


Figure 9: les phases du vêlage d'après (Rousseau et al., 2011).

2.5 Effet sur la chaleur et la cyclicité

La nutrition est un facteur très important qui contribue à un fonctionnement juste et au bon déroulement des fonctions physiologiques telles que la reproduction, elle influence l'intervalle entre les vêlages et le retour de la cyclicité chez la vache laitière (Crocco, 2017).

Plus les vaches ont un poids adéquat, plus le coefficient de vache cyclée augmente (Gauthier et Thimonier, 1982).

La durée de l'anœstrus post partum est affectée par plusieurs facteurs : environnemental, génétique, physiologique, métabolique, la race, le niveau d'alimentation, le rang de lactation et le niveau de production laitière **(Hafez, 1987)**.

La durée de l'anœstrus post-partum est aussi affectée par le taux de développement du follicule, la concentration pituitaire et périphérique des gonadotrophines, la concentration périphérique d'oestrogène et de progestérone et la balance énergétique **(Vagneur, 2000)**.

La remise à l'activité ovarienne se fait peu à peu, et plus précocement chez les vaches laitières que chez les vaches allaitantes **(Williams, 1990)**.

L'inactivité prolongée se caractérise par un retard à la première ovulation après le vêlage. C'est une anomalie fréquemment rencontrée et représente 10 à 20 % des troubles constatés **(Grimard et al., 2005)**.

Chapitre III
Couverture des besoins alimentaires

3.1 Introduction

L'alimentation est un facteur de productivité primordial car elle permet d'extérioriser les potentialités génétiques des individus.

Un programme nutritionnel adéquat à chaque période ou stade physiologique de la vache doit être imposé car la nutrition a un très gros impacte sur la fertilité des bovins **(VANDEPLASSCHE, 1995)**.

L'alimentation doit être dans la moyenne ni trop élevée (en excès), ni trop faible (carences), afin d'éviter tout déséquilibre.

3.2 L'eau

L'eau est le nutriment le plus important impliqué dans toutes fonctions physiologiques des vaches, qu'elle provienne d'aliment ingéré, ou bien l'eau de boisson il faut qu'elle soit disponible en quantité suffisante, et en qualité satisfaisante, l'eau doit être propre et pur de tout microorganisme ou substance toxique capable de causer des pathologies.

La quantité d'eau que consomme l'animal dépend de la composition de l'aliment qu'il ingère, de sa production et des conditions climatiques (Mayer et Denis, 1999).

Un abreuvement faible a des conséquences négatives sur l'appétit et la production de lait (WOLTER, 1997).

3.3 Energie

Il se doit d'apporter une source d'énergie suffisante à la vache pour le maintien de son entretien et de sa production (croissance, gestation, production laitière).

Une vache allaitante, a des besoin énergétique allant jusqu'à 70°/° des besoins annuels totaux plus que la vache laitière qui elle par contre a besoin que de 40 à 50°/° de ces besoins **(DE la TORRE et al., 2015)**.

Lors de métabolisme de repos la vache n'assure aucune production et ne fournis que peu d'énergie, dans ce cas, la femelle n'a besoin d'énergie que pour assurer son métabolisme et des fonctions assurant sa survie (déplacement, recherche de nourriture) **(MAYER et DENIS, 1999)**.

Un apport alimentaire pauvre a une grande incidence sur la production laitière des jeune vache **(AGABRIEL et PETIT, 1987)**.

Il y a plusieurs facteurs influençant la qualité et la quantité du lait selon la race, l'âge et le stade de lactation.

Un sous nutrition en termes d'énergie se traduit par l'absence de chaleurs, et une activité sexuelle interrompue mais réversible, et un effet négatif sur la réussite de l'insémination artificielle.

3.4 Matières azotées

Ce sont les protéines soluble et insoluble ainsi que l'azote non protéique.

En premier lieu les besoins en acide aminé doivent être compensés par l'apport de matière azotée qui contribue à la croissance et la multiplication de la flore, tout en captant les protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne **(WOLTER, 1997)**.

En deuxième lieu il faut combler les besoins propre à la vache, de type protéines digestibles dans l'intestin provenant des protéines alimentaires non dégradées dans le rumen réseau, et garantir la qualité et la quantité et une aisance en acides aminés primordiale pour l'entretien et la protéosynthèse mammaire.

On peut avoir des problèmes comme la perte d'appétit, la fonte musculaire, ou bien d'amaigrissement en cas de carence en matière azotée.

3.5 Eléments minéraux (dont oligo-éléments)

C'est un paramètre nutritionnel très important chez la vache laitière, il assure les multiples réactions cellulaires, ainsi que les échanges internes, on peut les apercevoir son expédition vers le lait, le fœtus, les urines, et les fèces **(MAYER et DENIS, 1999)**.

Le zinc est un élément très important de l'œstrus jusqu'à la gestation, car il désorganise la phase lutéale en bouleversant la libération des cytokines liposoluble **(BRISSON, 2003)**.

Des carences en magnésium peuvent engendrer une difficulté à la délivrance, et des infections néfastes pour la reproduction **(BRISSON, 2003)**.

Les carences en calcium ont une mauvaise influence sur les contractions musculaires et comme conséquences on aura des rétentions placentaires, délivrance difficile, retard d'involution **(PUGH et al., 1985)**.

Par contre une suralimentation en calcium nous mènerait vers une compétition à l'absorption avec d'autres minéraux.

Le cuivre en cas de carence a un effet sur la reproduction comme le retour des chaleurs ou du cycle ovarien et va même jusqu'à des avortements.

3.6 Vitamines

Ce sont des nutriments indispensables à la reproduction, leurs besoins différents d'état physiologique à un autre, chez une vache adulte les vitamines A, D, E, les autres sont synthétisés par l'organisme (**Tableau 1**).

La vitamine A est très sollicitée par l'organisme, connue pour son pouvoir de régénérescence d'épithélium, elle préserve l'épithélium du tractus génital (**MAIKANTI, 1995**), un faible apport peut causer des avortements.

La vitamine D est présente au niveau du tractus génital (**BRISSEON, 2003**), mais n'a qu'un rôle important dans la correction du déséquilibre phosphocalcique qui est mauvais pour la fertilité.

La vitamine E a des vertus d'antioxydant en association avec le Sélénium, elle est impliquée dans la reproduction en diminuant la rétention placentaire (**BRISSEON, 2003**), ainsi que dans l'immunologie.

Tableau 1 : Vitamines liposolubles et hydrosolubles (groupes de vitamines) (**Patrick Schlegel, Jürg Kessler, 2017**).

| Vitamine liposoluble | Vitamine hydrosoluble |
|--|-----------------------|
| Vitamine A | Vit C pantothénique |
| Provitamine A (dont le β carotène) | Vit B1 Biotine |
| Vit D | Vit B2 Acide folique |
| Vit E | Vit B6 |
| Vit K | Vit B12 |
| | Acide nicotinique |

Chapitre IV

Les outils de contrôle de la nutrition

4.1 La notation d'état corporel

C'est l'outil de choix des scientifiques et les éleveurs vu la facilité de sa pratique et son coût faible, elle permet l'estimation fiable de l'état d'engraissement (**Broster & Broster, 1998**).

Cette technique consiste à apprécier la couverture graisseuse de 4 points anatomiques arrière (base de la queue, tubérosité ischiatique, détroit caudal, ligne du dos), ainsi que de points latéraux à savoir (pointe de la hanche, apophyses transverses et épineuses), sa se résume en une grille de notation (**Bazin, 1984**).

Cela indique le niveau des réserves corporelles constituées majoritairement de lipide (**Figure 10**), ainsi que de protide et de minéraux qui se mobilisent en période de lactation ou de mise bas.

Schéma : critères d'évaluation du score corporel

| Score de Condition Corporelle | Vertèbre lombaire | Section au niveau des tubers coxae | Vue latérale de la ligne entre les os proéminents du bassin | Cavité autour de la queue | |
|---|-------------------|------------------------------------|---|---------------------------|-------------|
| | | | | Vue arrière | Vue de côté |
| 1 Sous-conditionnement sévère | | | | | |
| 2 Ossature évidente | | | | | |
| 3 Ossature et couverture bien proportionnées | | | | | |
| 4 Ossature se perd dans la couverture tissulaire | | | | | |
| 5 Sur-conditionnement sévère | | | | | |

Prof. Ch. Hanzen – propédeutique génitale femelle des ruminants

Figure 10 : Critères d'évaluation du score corporel (**Hanzen, 2010**)

Les carences en alimentation inhibent la libération de LH ce qui conduit à un retard de puberté chez la vache (**Meyer et Denis, 1999**).

Du point de vue performance il est préférable d'avoir une vache avec un score corporel moyen (**Figure 11**), plutôt qu'une condition de corporelle maigre ou obèse.

L'embonpoint est le paramètre le plus important dans la reprise d'activité ovarienne, Aboutissant à un retard d'ovulation pesant pour les vaches dont la perte d'état corporel est modérée (0,5 à 1 unité) ou sévère (>1 point) parallèlement à celle perdant peu (<0,5 point) (Shrestha *et al.*, 2005).

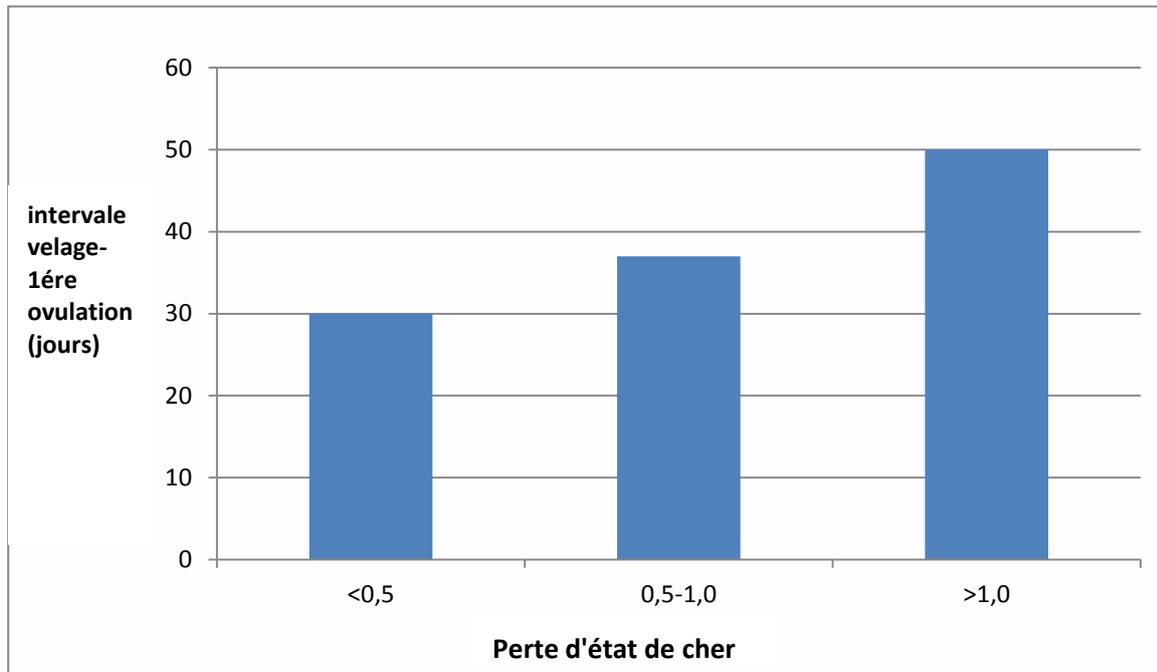


Figure 11 : Perte d'état de chair durant les 30 premiers jours de lactation (allonge l'intervalle vêlage-première ovulation) (BRISSON, 2003).

4.2 La leptine

C'est une hormone sécrétée par les tissu adipocytes tels que le tissu adipeux, l'épithélium gastrique, et le placenta (Figure 12).

Les aliments ingérés sont la source de l'énergie permettant d'assurer les fonctions physiologiques ce qui procure la capacité à survivre (entretien), de s'adapter à leur milieu (lutte contre le froid,...) et de se reproduire (reproduction, gestation, lactation, croissance).

Lorsque l'énergie est en excès elle sera stockée dans les tissus adipeux sous forme de lipide, ce qui forme la principale réserve énergétique chez la vache.

Il y a une théorie lipostatique ou les tissus adipeux pourraient influencer le système nerveux central, limitant l'appétit lorsque leur état d'engraissement dépasse certain seuil, permettant ainsi d'éviter les nombreux inconvénients d'une adiposité excessive, et

expliquant la grande précision des mécanismes qui régulent la composition corporelle à long terme (**Kennedy et al., 1953**).

L'hormone protéique produite principalement par le tissu adipeux, qui semble jouer un rôle majeur dans les régulations de l'appétit et de nombreuses autres fonctions physiologiques (**Heiman et al., 1999**).

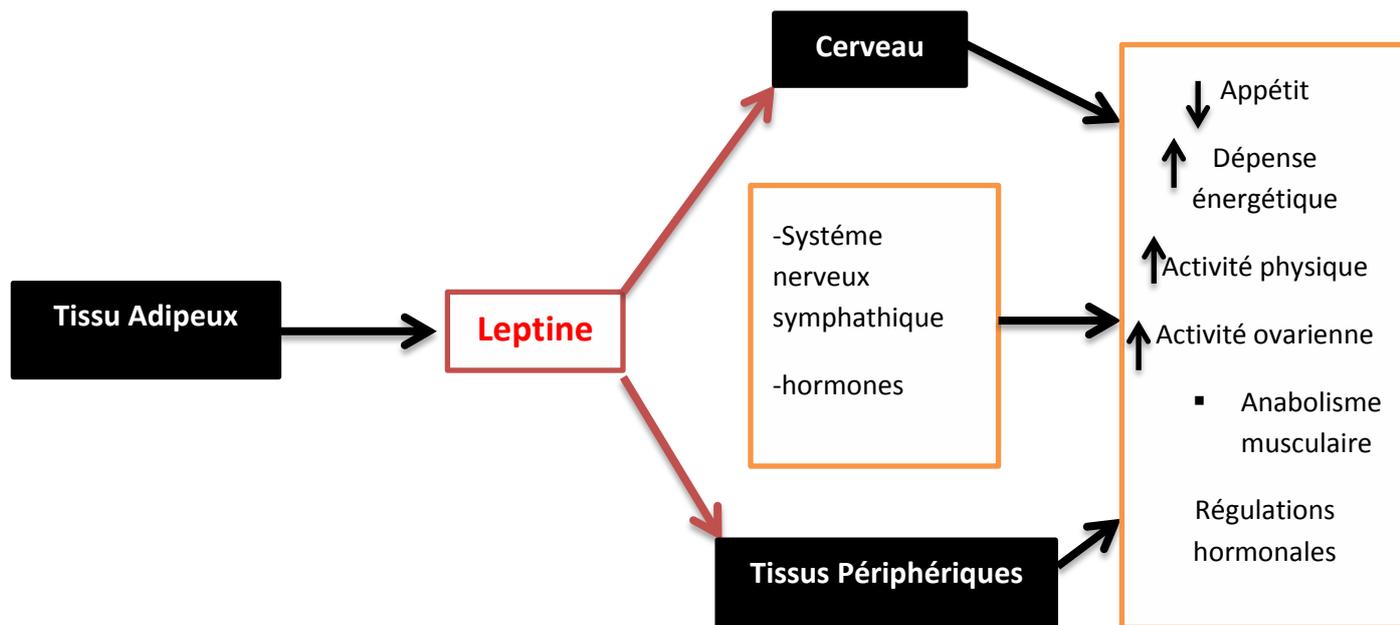


Figure 12 : La leptine, une hormone sécrétée par le tissu adipeux (**Y. CHILLIARD et al., 1998**)

4.3 Le profil métabolique

Le profil métabolique sert à évaluer l'état métabolique et/ou nutritionnel des vaches, qui sont théoriquement indemne de toute maladie, et le dosage de quelques éléments sanguins peut détecter des anomalies expliquant les baisses de production.

Les problèmes rencontrés lors de l'évaluation de la ration ont poussés à la recherche de moyen direct sur la vache en analysant le profil biochimique sous forme de profil métabolique (**Payne et al., 1970**).

On peut faire le dosage de la glycémie, l'urée, globuline, les protéines totales, l'hématocrite, l'albumine ainsi que différent minéraux.

4.4 L'urée

Le contre poids entre les protéines dégradables et l'hydrates de carbone fermentescibles dans le rumen est défini par la quantité d'urée (**Kirchgessner *et al.*, 1986**).

La ration alimentaire procure à la vache des protéines qui sont dégradée en ammoniac (70 %), ce dernier contribue à la croissance des bactéries (**Kaufmann, 1982**), ce qui va perturber leurs fonction et cela peut aboutir à une diminution du recyclage de l'ammoniac, et une augmentation de sa concentration ,un taux optimal est de 30 à 36 mg/dl (**Rodriguez *et al.*, 1997**).

L'ammoniac en trop est transporté vers le foie et transformé en urée, qui est éliminé par l'urine.

Il peut y avoir altération de l'environnement utérin.

4.5 Les hormones de la fonction de reproduction

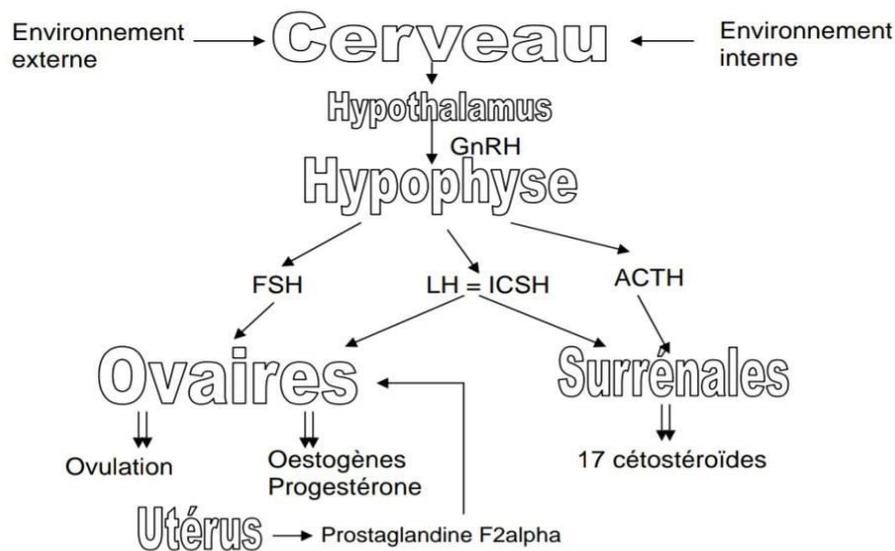
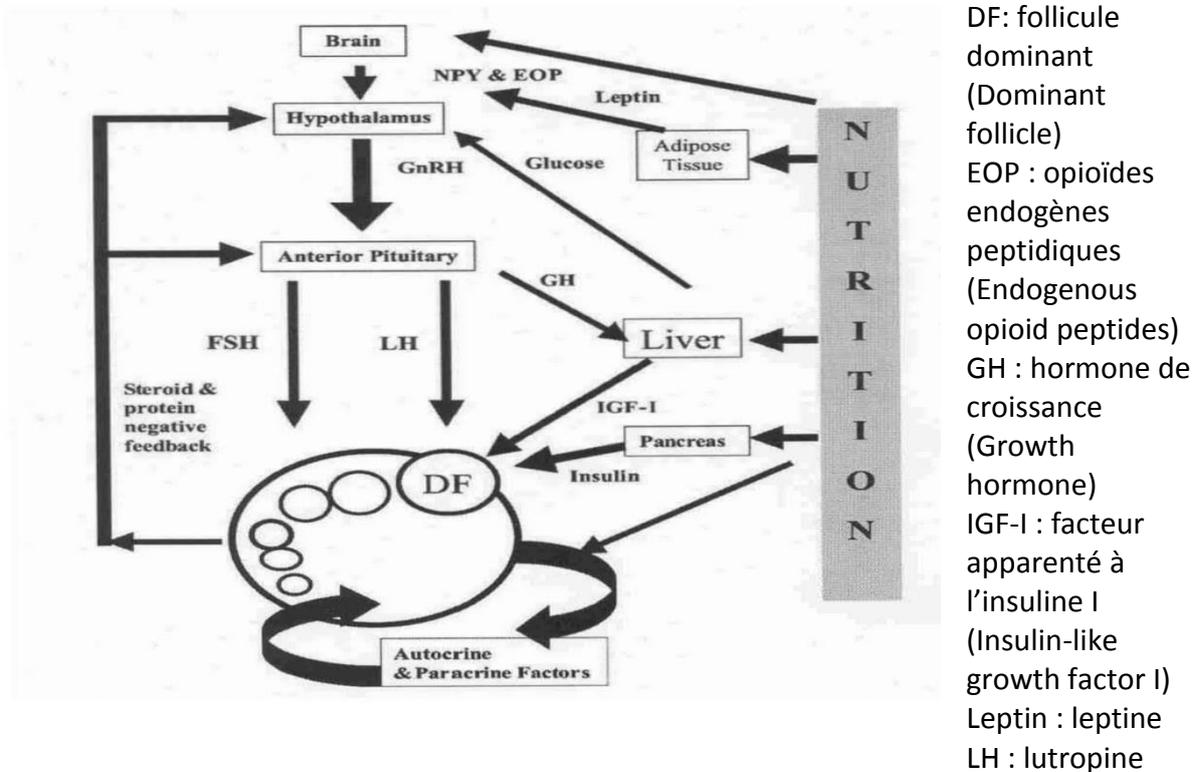


Figure 13 : Schéma simplifié de la régulation hormonale de la reproduction chez la femelle (**Diskin *et al.*, 2003**)

Un déficit en vitamine et en oligo-éléments à un effet négatif pour le cycle sexuel (**Figure 13**) (**Figure 14**), et une diminution en énergie engendre un feedback négative sur la libération de GnRH par l'hypothalamus (**TERQUI, 1982**).



NPY : neuropeptide Y (neuropeptide Y)

Figure 14 : Schéma des mécanismes possibles de l'action de la nutrition sur la fonction de croissance folliculaire (**Diskin et al., 2003**)

L'insuline, l'IGF1 (**Figure 15**), et la leptine influencent les hormone en modifiant par action direct ou indirect la sécrétion de GnRH (**WILLIAMS et al., 2002**).

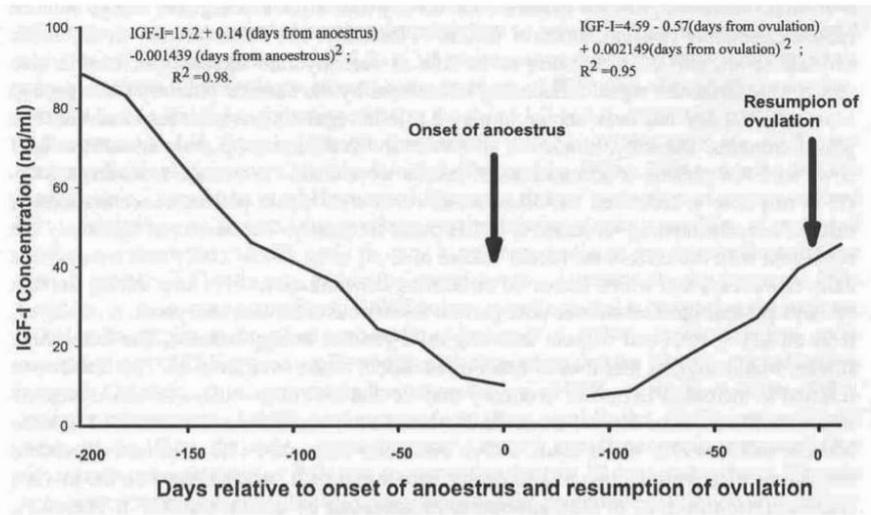


Figure 15: Concentrations moyenne d'IGF-I chez des génisses à viande pendant la restriction alimentaire et pendant la réalimentation normalisée et rapports avec l'anoestrus et l'ovulation (**Diskin et al., 2003**)

Un bilan énergétique négative peut avoir un effet sur les sécrétions pulsatiles du LH La réponse de l'ovaire aux stimulations hormonele est aussi diminuée .Ainsi on constate une relation positive entre les changements de poids du corps et la concentration et l'amplitude des pulses LH mais pas avec la fréquence des pulses de LH.

L'action de l'alimentation sur la libération du LH est un bon indicateur. Si le régime alimentaire est rectifié et retravaillé, les complications disparaissent de manière très rapide (**BEAM et BUTLE, 1999**).

Conclusion

La réussite d'une insémination artificielle est liée intimement à plusieurs paramètres, tout d'abord le manipulateur doit pratiquer convenablement chaque phase, commençant par la récolte de sperme issu d'un taureau sélectionné avec une bonne génétique, afin d'assurer une progéniture productive, mais aussi indemne de toute maladie vénérienne transmissible qui pourrait engendrer une descendance porteuse de ces pathologies.

La semence doit être bien préservée et conditionnée pour éviter sa dégradation et ainsi augmenter le potentiel d'efficacité.

L'insémineur doit exceller en la technique, et avoir l'expérience pour savoir quand inséminer (moment d'insémination optimum).

Enfin l'alimentation est un paramètre crucial dont il faut se préoccuper, il doit y avoir un protocole d'alimentation bien étudié qui s'étend durant toute l'année, et qu'il soit équitable qui met en compte tous les stades physiologiques de la vache, dont chacun ses besoins.

Un protocole d'alimentation doit prévoir les besoins alimentaires : eau, énergie, matière azotée, minéraux, et vitamines.

Toute carence ou excès se répercute sur la fertilité, et la santé de la vache ainsi que de sa progéniture, donc il faut rationner convenablement en mesurant le taux de chaque besoin.

L'état d'embonpoint, la leptine, l'urée, et le profil métabolique sont de bons outils de contrôle de la nutrition.

Pour un éleveur il serait plus rentable d'utiliser l'insémination artificielle, de ce rendre auprès d'un vétérinaire spécialisé dans l'alimentation et faire un programme d'alimentation sur mesure.

Bibliographie

Abdeerahman Benlekhel et al., (2022) L'insémination artificielle des bovin :une biotechnologie au service des éleveurs .

<https://www.agrimaroc.net/2018/06/17/linsemination-artificielle-des-bovins-une-biotechnologie-au-service-des-eleveurs/4/>

Anonyme 1 : 25.04.2022.

www.elvanovia.fr

Anonyme 2 : 18.03.2022.

<https://www.imv-technologies.fr/produit/kombicolor>

AGABRIEL J. et PETIT M., 1987. Recommandations alimentaires pour les vaches allaitantes. Bulletin technique de Theix, 70 : 153-166.

BAZIN S, 1984 Grille de notation de l'état d'engraissement des vaches Pie-Noires. Paris (France) : ITEB-RNED. 31 p.

Barret, 1992 Insémination artificielle par technique recto-vaginale.

BEAM S.W. et BUTLE W.R., 1999 Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows. J. Reprod. Fert., 54 : 411-424.

BENLEKHEL A. ; EZZAHARI A. et BOUHADDANE A., 2000 L'insémination artificielle des bovins « une biotechnologie au service des éleveurs » Transfert de technologie en agriculture, (65) : 4.

BRISSON J., 2003. Nutrition, alimentation et reproduction : Symposium sur les bovins laitiers, 30 octobre 2003, Saint-Hyacinthe.- Québec : CRAAQ.- 66p.

BROSTER WH, BROSTER., 1998. VJ. Body score of dairy cows. J. Dairy Res., 65, 155-173.

Bruce E Eilts, 2012. Bull Breeding Soundness Examination.

<http://therio.vetmed.lsu.edu/bull.htm>

CHICOTEAU P, THIOMBIANO D, BOLY H, CLOÉ C A., (1990).Contribution to the study of puberty in Baoulé cattle, Revue, Elév, Méd, Vét, pays trop., 43 (4): 535-539.

Chilliard Y., Bocquier F., Delavaud C., Guerre-Millo M., Bonnet M., Martin P., Faulconnier Y., Ferlay A., 1998. Leptin in ruminants: effects of species, breed, adiposity, photoperiod, beta-agonists and nutritional status. Proc. Cornell Nutrition Conference for Feed

Manufacturers, (Cornell University, N.Y., USA) 65-74.

CROCCO H., (2017). Les profils métaboliques en élevage Bovin allaitant. Thèse de doctorat vétérinaire : la faculté de médecine de Créteil. Ecole Nationale vétérinaire d'Alfort, 160P.

De La Torre A., Recoules E., Blanc F., OrtiguesMarty I., D'Hour P., Agabriel J., 2015. Changes in calculated residual energy in variable nutritional environments: an indirect approach to apprehend suckling beef cows' robustness. *Livest Sci.* 176, 75-84.

DIOP P. E. H. 1993 Biotechnologie et élevage africain (145- 159) In : Maîtrise de la reproduction et amélioration génétique des ruminants : apport des technologies nouvelles. Dakar : NEAS.- 290p. (actualité scientifique AUPELF-UREF).

Disenhaus C., 2008. *Nouv Prat Vet El & santé.* 8 :35-39.

DISENHAUS et al 2005, la production laitière des 3 premières semaines est négativement associée avec la normalité de cyclicité chez la vache laitière. *Rencontre Recherche Ruminants* 9,147-150.2002

Diskin M.G., Mackey D.R., Roche J.F., Sreenan J.M., 2003. Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. *Animal Reproduction Science*, 78 (3-4): 345-370.

Dransfield M.B.G., Nebel R.L., Pearson R.E., 1998. *J. Dairy Sci*,81: 1874-82.

Enjalbert F, 1994. Relations alimentation-reproduction chez la vache laitière.

Le point vétérinaire, vol 25, N°158: - 1994. p 77- 83.

Freret et al., 2008.L'insémination dans les filières ovines et caprines.

Galina C.S., Arthur G.H., 1990. Review of cattle reproduction in the tropics. Part 5.

Garcia MM, Eaglesome MD, 1997 Disease risks to animal health from artificial insemination with bovine semen.

Gauthier D., Thimonier J., 1982. Variations saisonnières de la cyclicité chez la génisse créole. Influence de la croissance, de l'âge et de l'émotivité. *Reprod. Nutr. Develop.*, 22 (4): 681-688.

GOFFAUX, 1991. Morphological abnormalities of bull semen.

GRIMARD B., DISENHAUS C., 2005. Les anomalies de reprise de la cyclicité après vêlage. *Point Vét.*, N° spécial Reproduction des ruminants, 16-21.

Hafez (E.S.E), 1987. Reproduction behaviour; Reproduction in farm animals, 5th edition LEA & FEBIGER -Philadelphia: p 260 – 296.

HANZEN CH., (1994). Etude des facteurs de risques de l'infertilité et des pathologies

puerpérales et du post partum chez la vache laitière et la vache viandeuse. Thèse présentée en vue d'obtention du grade d'agrégé de l'enseignement supérieur. Service de thériogénologie des animaux de production. Faculté de médecine vétérinaire : université de Liège 172P.

Hanzen, 2009-2010.L'insémination artificielle chez les ruminants, Cours théoriques et pratiques à l'endroit des techniciens de la CEDEAO.

Heiman M.L., Sloop K.W., Chen Y., Caro J.F., 1999. Extension of neuroendocrine axes to include leptin. J. Anim. Sci., 77 (suppl. 3) , 33-42.

Kaufmann, W., 1982 : Variation in composition of the raw marial milk with special regard to the urea content. Milchwissenschaft 37, 6-9.

Kennedy G.C., 1953. The role of depot fat in the hypothalamic control of food intake in the rat. Proc. Roy. Soc. [B]., 140, 578-592.

KEVIN J., (2015).Le suivi de reproduction en élevage bovin allaitant. Thèse de docteur vétérinaire : Médecine- Pharmacie, Université Claude Bernard- Lyon I. VETAGRO Sup Campus Vétérinaire De Lyon. 141p

Kirchgessner , M., M.Kreuzer, and D. A.Roth-Maier, 1986 :Milk urea and protein content to diagnose energy and protein malnutrition of dairy cows. Archives of Animal Nutrition 36 /2/3, 192-197.

LE COZLER Y, PECATTE JR, PORHIE JY, BRUNSCHWIG P, DISENHAUS C., (2009). Pratiques d'élevage et performances des génisses laitières : état des connaissances et perspectives. INRA Prod Anim, 22 (4) : 303-16.

MAIKANTI A., 1995. Contribution à l'étude de l'anœstrus post-partum chez la femelle zébu dans les petits élevages traditionnels de la zone des Niayes (Sénégal). Thèse : Méd. Vét. : Dakar : 1995 ; 28.

MAYER C. et DENIS J.P., 1999. Elevage de la vache laitière en zone tropicale. Montpellier: CIRAD. 344p.

Patrick Schlegel, Jürg Kessler, 2017 Agroscope.

Payne,J.M.,S.M.Dow,R.Manston and M.Faulks, 1970 :The use of a metablic profile test in dairy herds. Veterinary records 87,150-158.

PONCET J., (2002). Etude des facteurs de risque de l'infertilité dans les élevages bovins laitiers de l'île de la réunion : influence de l'alimentation sur la reproduction. Ecole National Vétérinaire de Toulouse, 137P. **PONCET J., (2002).** Etude des facteurs de risque de l'infertilité dans les élevages bovins laitiers de l'île de la réunion : influence de l'alimentation sur la

reproduction. Ecole National Vétérinaire de Toulouse, 137P.

Pugh, D.G., R.G.Elmore, et T.R. Hembree, 1985. A review of the relationship between mineral nutrition and reproduction in cattle. *The Bovine Practitioner*, 20 :10-13.

Ratray, P.V. (1977). Nutrition and reproductive efficiency. Dans : *Reproduction in domestic animals*. (3^{ème} ed.). Cole, H.H. et Cupps, P.T. (eds). Academic Press, New York, San Francisco, London, pp. 553-575.

Roberts CJ. and Gray AR, 1973. Studies on trypanosomoses resistant cattle, the breeding and growth performance of N'Dama, Muturu and Zebu cattle, maintained under the same conditions of husbandry. *Trop. Anim. Health Prod.* 5: 211-219.

Roelofs J, Lopez-Gatius F, Hunter R H F, Van Eerdenburg F J C M and Hanzen C., 2010 When is a cow in estrus? Clinical and practical aspects. *Theriogenology* 74, 327–344.

Rodriguez, L. A.,C.C.Stallings, J.H.Herbein, and M. L.McGilliard, 1997 :Effect of degradability of dietary protein and fat on ruminal, blood,and milk components of Jersey and Holstein cows. *J.Dairy Sci* 80/2,353-363.

Rousseau, 2011. Bénéfices enviro. des syst. Bio. Rapport Sup agro Montpellier Institut de l'Elevage, p.44.

Seegers H et Malher X, 1996. Analyse des résultats de reproduction d'un troupeau laitier. *Le Point Vétérinaire*, 28(Numéro spécial), 971-679.

SHRESTHA H.K., NAKAO T., HIGAKI T., SUZUKI T., AKITA M., 2005. Relationships between body condition score, body weight, and some nutritional parameters in plasma and resumption of ovarian cyclicity postpartum during pre-service period in high-producing dairy cows in a subtropical region in Japan. *Theriogenology*, 64: p. 855- 866.

SOW M.B., 1997. Amélioration de la production laitière bovine par le biais de l'insémination artificielle : Cas de PRODAM. Thèse : Méd. Vét. : Dakar ; 17.

TERQUI M. 1982 Influence of management and nutrition of postpartum endocrine function and ovarian activity in cows (384-408) In : *Factors influencing fertility in the postpartum cow*. Ed. Current topics in veterinary medicine and animal science: Vol. 20.-La haye.

Thibier M and Wagner H G, 2002. World statistics for artificial insemination Holstein bulls. *Livest. Prod. Sci.* 74, 203-212.

Vagneur (M.), 2000. Influence de la nutrition. Fécondité : situations normales et pathologiques Maîtriser la reproduction, c'est maîtriser l'avenir CVA SANTE ANIMALE : pp 51 – 58.

Wehner Homestead, 2017 : Artificial Insemination: The Basics.

<https://www.backyardherds.com/threads/artificial-insemination-the-basics.37730/>

WILLIAMS G.L., 1990. Suckling as a regulator of post-partum rebreeding in cattle: à review. J. Anim. Sci., 68 (3), 831-852.

WILLIAMS G.; AMSTALDEN M.;GARCIA M.R.; STANKO R.L; NIZIELSKI S.E.; MORRISON C.D. et KEISLER D.H. , 2002 Leptin and its role in the central regulation of reproduction in cattle. Dom Anim Endocrinol, ; 23 : 339-349.

Windig J J, Calus M P and Veerkamp R F 2005 Influence of herd environment on health and fertility and their relationship with milk production. J. Dairy Sci. 88:335–347.

WOLTER R., 1997. Alimentation de la vache laitière. 3e Ed.- Paris. - France agricole.- 263p.

