

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
École Nationale Supérieure Vétérinaire



Domaine : Sciences de la nature et de la vie
Filière : Sciences vétérinaires

Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de Docteur
en
Médecine vétérinaire

THÈME

Étude des facteurs de risque des boiteries liés à l'alimentation et l'habitat au sein d'une ferme pilote

Présenté par :
Melle : MAZOULI Ouiza
Melle : SOKRI Lilia

Soutenu publiquement le 20/12/2020, devant le jury :

Mme BOUAYAD L	MCA (ENSV)	Présidente
M. HAMDI TM	Pr (ENSV)	Examineur
M. GOUCEM R	MA (ENSV)	Promoteur

2019 /2020

Déclaration sur l'honneur

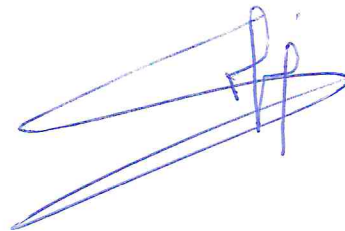
Je soussignée, Mazouli ouiza, déclare être pleinement consciente que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sous toute forme de support, y compris l'internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire.

Signature



Déclaration sur l'honneur

« Je soussignée Mlle SOKRI Lilia, déclare être pleinement conscient(e) que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sous toute forme de support, y compris l'internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire.»

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, overlapping loops and strokes, positioned in the lower right area of the page.

Remerciements

Nous tenons à remercier en premier lieu Dieu, le tout puissant, de nous avoir donné la foi, la santé et la patience d'achever ce travail.

Nos sincères remerciements sont destinés à notre promoteur, M. Goucem, pour le dévouement dont il a fait preuve lors de nos cours pédagogiques, et d'avoir accompagné et encadré notre mémoire, pour sa confiance et son soutien. Qu'il trouve ici le témoignage de notre reconnaissance et notre respect.

Nos remerciements sont destinés à Mme Bouayad qui nous fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse. Hommages respectueux.

Nous tenons à remercier également M. Hamdi pour avoir accepté de s'intéresser à notre travail et de faire partie de notre jury de thèse. Qu'il trouve ici l'expression de nos sincères remerciements et de notre profonde reconnaissance.

Enfin, nous tenons à exprimer notre gratitude à tous ceux et celles qui, de loin ou de près, ont rendu possible l'élaboration de ce modeste travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à tous ceux qui me sont chers.

A mes parents,

Pour leur amour et leur présence à mes côtés, qui ont su trouver les mots adéquats pour m'encourager et me soutenir, et pour la joie qu'ils m'ont apportée tout au long de mon parcours.

A toi maman, merci d'être toujours là, de toujours t'inquiéter pour nous. A ton ambition que tu projetais sur nous et que l'on t'a maintes fois reprochée. Tu avais raison.

A mon papa, merci d'avoir été là pour comprendre parfois mes choix, comprendre mes moments irrationnels.

Parce qu'on ne le dit jamais assez, je vous aime et je suis tellement fière d'être votre fille.

A mes trois sœurs et mon frère : Fatiha, Nacer, Karim, Amel et Melissa.

A tous les moments d'enfance passés avec vous, en gage de ma profonde estime pour l'aide que vous m'avez apportée. Vous m'avez soutenue, réconfortée et encouragée. Puissent nos liens fraternels se consolider et se pérenniser.

A mes deux neveux Amine et Islam

Aucune dédicace ne saurait exprimer tout l'amour que j'ai pour vous, votre joie et votre gaieté me comblent de bonheur.

Puisse Dieu vous garder, éclairer votre route et vous aider à réaliser à votre tour vos vœux les plus chers.

A mes tantes et oncles Zohra, Zahia, Youcef, Karim

Une famille au sein de laquelle je me suis toujours sentie chez moi et qui m'a toujours considérée comme une de leurs. Je vous remercie pour tout ce que vous avez fait pour moi.

A tous mes cousins et cousines

Pour tous les moments passés ensemble, merci.

A tous mes amis

Lyes H, Lyes A, Jamel, Yasmine, Lilia, Malika, Jasmine, Sabrina, Dihia, Razika, Warda.

Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous avez su me soutenir et me réconforter, je vous exprime ma profonde admiration, reconnaissance et attachement inconditionnels.

Vous êtes ma joie.

Ouiza

Dédicaces

A ma mère

A mon père

Pour vous être toujours sacrifiés pour nous
Pour m'avoir toujours soutenue dans mes choix

Pour votre amour inconditionnel

Je ne vous remercierai jamais assez.

A mon frère

A qui je souhaite une vie pleine de réussite et d'amour.

A mes grandes sœurs

Pour notre complicité qui ne faiblira jamais. J'espère de tout cœur qu'on sera toujours là l'une pour l'autre dans les bons moments comme dans les mauvais.

A mes chouchous

Anel, Aria, Lina, Katrina.

Votre énergie et votre joie de vivre illuminent la maison.

A mes grand-mères

Vous m'avez accompagné avec vos prières, que Dieu vous procure santé et longue vie.

A mes oncles, mes tantes, cousins et cousines

A tous les bons moments passés ensemble.

A tous mes amis(e) durant toutes mes années d'études

Merci à tous d'avoir fait de l'école un endroit agréable.

Pour tous ceux qui ont fait partie d'un beau souvenir

A tous ceux qui nous ont aidées à la réalisation de ce modeste travail

Lilia

Liste des abréviations

BCS : Body condition score

BE : Besoins d'entretien

Ca : Calcium

CMV : Complexe minéral vitaminé.

MS : Matière sèche

P : Phosphore

PDIE : Protéines digestibles dans l'intestin, limitées par l'énergie disponible

PDIN : Protéines digestibles dans l'intestin, limitées par l'azote disponible

QLP : Quantité de lait permise

Qté : Quantité d'aliment brute

RPR : Reste pour la production

UFL : Unité fourragère lait

Liste des figures

Figure 1 : Ligne droite du dos	3
Figure 2 : Ligne du dos arrondie	3
Figure 3 : Bâtiment principal des vaches laitières	23
Figure 4 : Bâtiment de vêlage	24
Figure 5 : Cornadis	24
Figure 6 : Emplacement de l'abreuvoir	24
Figure 7 : Raclage du fumier	27
Figure 8 : Fourrages verts distribués pour les vaches en lactation	28
Figure 9 : État de propreté des pieds, bâtiment principal	29
Figure 10 : État de propreté des pieds, bâtiment de vêlage	29
Figure 11 : Indice de propreté = 1	30
Figure 12 : Indice de propreté = 2	30
Figure 13 : Indice de propreté = 3	30
Figure 14 : État corporel des vaches en lactation	31
Figure 15 : État corporel des vaches tarées	31
Figure 16 : BCS score 1 vu de profil et de derrière	32
Figure 17 : BCS score 2 vu de profil et de derrière	32
Figure 18 : BCS score 3 vu de profil et de derrière	32

Liste des tableaux

Tableau 1 : Calendrier fourrager 2020 de la ferme	26
Tableau 2 : Composition de l'aliment concentré (ONAB)	26
Tableau 3 : Calcul de la ration des vaches laitières	27
Tableau 4 : Calcul de la ration des vaches taries à 7 mois de gestation	27
Tableau 5 : Calcul de la ration des vaches taries à 8 mois de gestation	28
Tableau 6 : Calcul de la ration des vaches taries à 8 mois de gestation	28

Sommaire

Introduction	1
Partie bibliographique	
Chapitre I : Classification et diagnostic des boiteries	
1. Définition	2
2. Détecter une vache boiteuse	2
2.1. Lors d'entretien des logettes	2
2.2. En salle de trait	2
2.3. Au cornadis	3
2.4. Points clés à observer au cornadis	3
3. Classification des boiteries	4
3.1. Boiteries d'appui	4
3.2. Boiteries de soutien	4
3.3. Boiteries mécaniques	5
3.4. Boiteries mixtes	5
4. Diagnostic des boiteries	5
4.1. Anamnèse	5
4.2. Examen à distance, statique et dynamique	6
4.3. Examen rapproché : aplombs et position du membre	6
4.4. Examen clinique général	6
4.4.1. Prise de température	6
4.4.2. Lever de pied d'un animal boiteux	7
4.4.3. Parage	7
4.4.3.1. Principe du parage fonctionnel	7
4.4.3.1.1. Membre postérieur	7
4.4.3.1.2. Membre antérieur	8
4.4.3.2. Moment du parage	8
Chapitre II : Facteurs de risque liés à l'alimentation et à l'habitat	
5. Alimentation de la vache laitière	8
5.1. Introduction	8
5.2. Principaux aliments	8
5.2.1. Fourrages	9
5.2.2. Concentrés	9
5.2.3. Eau	9
5.3. Rationnement	9
5.3.1. Période de tarissement	9
5.3.2. Début de lactation	10
6. Facteurs de risques liés à l'alimentation	10
6.1. Alcalose ammoniacale	10
6.2. Acidose lactique ruminale	11
6.3. Impact du déficit énergétique	11
6.4. Carences alimentaires	12
6.4.1. Calcium	12
6.4.2. Cuivre	12
6.4.3. Zinc	12

6.4.4. Vitamine A	13
6.4.5. Vitamine D	13
6.4.6. Manganèse	13
6.4.7. Cobalt	13
6.4.8. Acides aminés	13
7. Bâtiment d'élevage et paramètres d'ambiance	14
7.1. Ventilation	14
7.2. Lumière	14
7.3. Humidité	14
7.4. Sol	15
7.5. Hygiène du bâtiment	15
7.6. Litière	15
8. Facteurs de risque liés au bâtiment d'élevage	15
8.1. Confort du bâtiment	15
8.2. Hygiène et humidité	16
8.3. Type de sol	16
8.4. Type et propreté de la litière	17
9. Impact des boîtes sur la productivité de l'animal	17
9.1. Impact sur la production laitière	17
9.2. Impact sur la reproduction	17
9.3. Impact sur le comportement des vaches	18
9.4. Dépenses en traitements	18
Partie expérimentale	
1. Objectifs de l'étude	19
2. Période et lieu d'étude	19
3. Matériels et méthodes	19
3.1. Matériels	19
3.1.1. Description de la ferme	19
3.1.2. Situation géographique	19
3.1.3. Superficie et répartition des terres et des cultures	19
3.1.4. Description du cheptel	19
3.2. Méthode	20
3.2.1. Conception du questionnaire	20
3.2.2. Paramètres à évaluer	20
4. Résultats	23
4.1. Paramètres liés à l'habitat	23
4.2. Paramètres liés à l'alimentation	25
4.3. Paramètres liés à l'animal	29
5. Discussion	33
5.1. Paramètres liés à l'habitat	33
5.2. Paramètres liés à l'alimentation	34
5.3. Paramètres liés à l'animal	36
Conclusion	38
Recommandations	39
Références bibliographiques	40

Résumé

Les boiteries constituent une des principales atteintes au bien-être des vaches laitières, avec des répercussions lourdes sur l'économie d'élevage. Cependant, elles sont considérées comme maladies individuelles sans importance, dont la mise en place de mesures préventives est délaissée.

Les résultats de la présente étude, qui a eu lieu dans un élevage bovin laitier, concernant les facteurs de risque des boiteries, montrent que plusieurs facteurs sont incriminés, qui sont soit liés à l'habitat, tel que le type de sol (bétonné, dur), la fréquence de raclage insuffisante, l'absence de pédiluves, soit liés à la conduite d'élevage comme le nonaccès au pâturage et la non-pratique du parage préventif. Le facteur alimentaire peut aussi être incriminé à la faveur d'un déficit énergétique.

En conclusion, des recommandations sont proposées afin de maîtriser la conduite d'élevage pour prévenir les boiteries.

Mots clés : Boiterie, facteurs de risque, conduite d'élevage.

Abstract

Lameness is one of the main threats to the well-being of dairy cows, with heavy repercussions on the breeding economy. However, they are considered as unimportant individual diseases, for which preventive measures are neglected.

The results of the present study, which took place in a dairy cattle farm, concerning the risk factors of lameness, show that several factors are incriminated, which are either related to the habitat, such as the type of soil (concrete, hard), the frequency of insufficient scraping, the absence of foot baths, or related to the management of the farm such as the non-access to pasture and the non-practice of preventive trimming. The feed factor can also be blamed for an energy deficit.

In conclusion, recommendations are proposed in order to control livestock management to prevent lameness.

Keywords: Lameness, risk factors, animal husbandry.

ملخص

العرج هو أحد الأضرار الرئيسية التي تلحق برفاهية الأبقار الحلوب ، وله تداعيات خطيرة على اقتصاد الثروة الحيوانية . ومع ذلك ، فهي تعتبر أمراضاً فردية غير مهمة ، حيث يتم إهمال تنفيذ التدابير الوقائية .

تظهر نتائج الدراسة الحالية ، التي أجريت في مزرعة أبقار الألبان ، فيما يتعلق بعوامل الخطر للعرج ، أن هناك عدة عوامل متورطة ، والتي إما مرتبطة بالموائل ، مثل نوع التربة (الخرسانة ، صعب) ، وتكرار الكشط غير الكافي ، وغياب ممرات القدم ، أو ما يتعلق بإدارة التربية مثل عدم الوصول إلى المراعي وعدم ممارسة التشذيب الوقائي . يمكن أيضاً إلقاء اللوم على عامل الغذاء بسبب نقص الطاقة . في الختام ، تم اقتراح توصيات من أجل التحكم في سلوك التكاثر لمنع العرج .

المفتاحية الكلمات: العرج ، عوامل الخطر ، سلوك التربية .

Introduction

En dépit de la modernisation des élevages laitiers dans le monde où la production laitière constitue un des piliers de l'agriculture, l'élevage laitier algérien n'arrive toujours pas à atteindre un niveau satisfaisant.

Plusieurs contraintes freinent l'évolution de la production laitière nationale, en relation avec différents éléments de l'élevage tels que l'alimentation, la reproduction, le bâtiment et le bien-être animal. En effet, les vaches laitières peuvent être sujettes à un ensemble de problèmes de différentes sortes, dont les boiteries, qui constituent un enjeu majeur.

Les boiteries représentent, par leur fréquence et leur importance économique, la troisième maladie en élevage bovin laitier (Delacroix, 2000), après les problèmes de reproduction et les mammites. Ces dernières années, avec la diffusion de la dermatite digitée, appelée aussi maladie de Mortellaro, les boiteries sont devenues le problème n°1 dans un bon nombre d'élevages (Vinc et Gross, 2019).

Les conséquences sont multiples, aussi bien sur la santé de l'animal que sur l'économie de l'élevage. En effet, l'animal boiteux va moins s'alimenter et s'abreuver, et, en conséquence, produira moins de lait. Parallèlement, les performances de reproduction peuvent être altérées. S'ajoute à cela le coût d'une boiterie qui est estimé à 250 euros (BTPL, 2013).

Pour toutes ces raisons, le risque de réforme anticipée est de 8,4 plus élevé chez un animal boiteux qu'un animal sain (Sprecher *et al.*, 1997).

Les facteurs de risque peuvent avoir une origine extrinsèque (habitat, conduite du troupeau, production, alimentation, saisonnalité) ou une origine intrinsèque telle que la génétique. La bonne santé des pieds est un reflet des conditions d'élevage. C'est pourquoi l'attention portée aux pieds doit faire partie du travail quotidien de l'éleveur.

Dans ce contexte, une étude est effectuée sur l'incidence des boiteries dans un élevage laitier, en investiguant les facteurs de risque majeurs, connus pour avoir un impact direct sur la prévalence des boiteries.

Le présent travail est divisé en deux parties : une première, bibliographique, réunit un ensemble de connaissances sur les boiteries, les circonstances de leur survenue et les outils permettant de les prévenir ; la seconde partie est consacrée à un suivi au sein d'un élevage de vaches laitières, afin de déterminer les pathologies podales affectant les animaux et d'en appréhender les causes probables. Une conclusion et des recommandations parachèveront la partie pratique.

Chapitre I : Classification et diagnostic des boiteries

1. Définition

Selon Prodhomme (2011), la boiterie est un mouvement reflexe qui tente de soulager la douleur ressentie. Les boiteries sont un symptôme d'une maladie de l'appareil locomoteur (Paul et Grennough, 1981).

Il est primordial de les détecter précocement afin de les traiter rapidement et efficacement.

2. Détecter une vache boiteuse

Il est possible de reconnaître une vache boiteuse debout, en statique, ou lorsqu'elle marche, en dynamique. Une observation attentive et régulière du troupeau permet la détection précoce des vaches atteintes, une prise en charge rapide et une meilleure guérison. Toutes les boiteries doivent être détectées, de la plus légère à la plus sévère. Si une vache boite, il faut enregistrer son numéro et l'examiner le plus tôt possible (Gross *et al.*, 2019).

Il y a des moments privilégiés dans la journée pour repérer des vaches qui boitent :

2.1. Lors de l'entretien des logettes

Lorsque l'éleveur lève les vaches pour l'entretien des logettes, c'est un moment privilégié pour détecter des animaux qui ont du mal à se lever.

2.2. En salle de traite

L'éleveur a les pieds des vaches sous les yeux. Le positionnement de l'animal, lorsqu'il a mal à un pied, va être différent. La vache va chercher à soulager le pied qui lui fait mal en étant en appui sur le pied sain. L'animal soulève de temps en temps son pied malade. Le pied est plus en avant par rapport au pied sain. Il est aussi plus écarté (position de soulagement du pied lésé). Pour certaines lésions (Mortellaro, nécrose de la pince), on peut détecter leur odeur caractéristique.

2.3. Au cornadis

L'animal est debout et reste sur place. Il est alors possible d'observer 3 signes caractéristiques : la courbure du dos, les appuis et les aplombs.

231. Points clés à observer au cornadis

✓ Courbure de la ligne du dos

Une vache saine a une ligne de dos droite (figure 1). Au contraire, une vache boiteuse a tendance à courber le dos (figure 2). La courbure du dos peut aussi être un signe de douleur abdominale et/ou thoracique.



Figure 1 : Ligne droite du dos (Helsly, 2018)

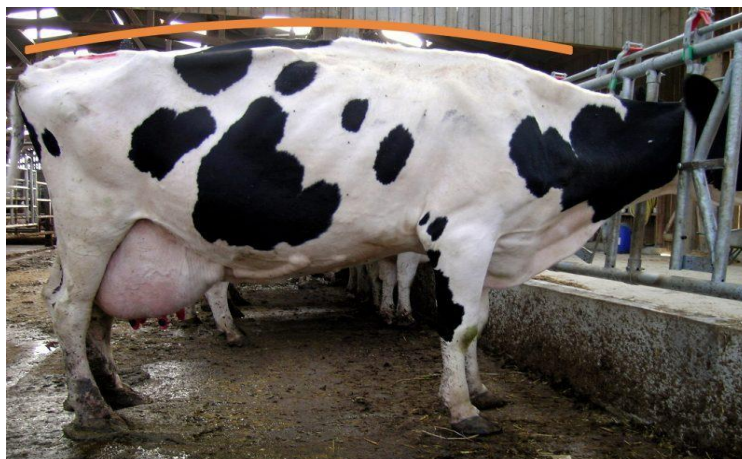


Figure 2 : Ligne du dos arrondie (Delacroix, 2015)

✓ Modification des appuis

Le soulagement va être plus ou moins marqué jusqu'à la suppression totale de l'appui. Diverses positions peuvent être observées :

- Une vache soulage son membre postérieur et a tendance à le mettre à l'extérieur. Dans ce cas, l'onglon extérieur du pied arrière est sans doute lésé.

- Une vache soulage son membre antérieur et le croise avec le membre adjacent. Dans ce cas, l'onglon intérieur est sans doute lésé.
- Une vache avec une dermatite digitée (lésion de Mortellaro) en talon va privilégier un appui sur la pince, afin de soulager la zone qui lui fait mal.
- Si un ou les postérieur (s) est (sont) douloureux, la vache peut piétiner pour le (s) soulager.

✓ **Modification d'aplombs**

Le regard sur les aplombs des vaches au cornadis est essentiel pour juger du bon état des pieds ou des onglons. Cela permet de mettre en place un parage préventif précoce sur les animaux à mauvais aplombs.

Les animaux mal à l'aise sur leurs pieds postérieurs vont avoir tendance à écarter leurs membres, serrer les jarrets et ainsi mettre leurs pieds en rotation (soulagement des onglons postéro-externes). Les pieds ne sont pas à l'aplomb du membre et sont légèrement tournés par rapport à celui-ci. Une vache avec de tels aplombs nécessite un parage. Plus les aplombs sont en rotation, plus les lésions sont importantes (Delacroix *et al.*, 2015).

3. Classification des boiteries

Les boiteries sont classées selon le signe avec lequel l'animal s'est présenté pour la consultation. L'interprétation des signes peut suggérer le lieu et la gravité de la lésion. Selon Greenouch et Paul (1981), les boiteries sont classées en quatre catégories :

3.1. Boiteries d'appui

Ce type de boiterie met en cause un organe essentiel du support du membre. L'animal cherche à diminuer la douleur provoquée par le poids du corps, en réduisant la durée de la phase d'appui du pas (contact de l'onglon avec le sol). Les boiteries d'appui sont généralement dues à des lésions très douloureuses (abcès de la sole, fracture parcellaire).

3.2. Boiteries de soutien

Cette forme résulte aussi d'une tentative pour diminuer la douleur. La marche est modifiée de façon à diminuer la mise à l'épreuve de l'organe atteint ; il s'agit d'un effort volontaire pour diminuer l'usage d'une partie du membre, en réduisant son extension ou sa flexion par exemple. L'abduction et l'adduction anormale, l'appui préférentiel sur un onglon ou une partie de l'onglon sont des manifestations de boiterie de soutien.

3.3. Boiteries mécaniques

La boiterie mécanique est involontaire. Les ruptures de muscles ou de ligaments ou lésions nerveuses provoquent ce type de boiterie, qui est souvent caractéristique de la lésion en cause.

3.4. Boiteries mixtes

La plupart des boiteries sont mixtes. La classification est importante pour l'appréciation de l'origine des symptômes. La meilleure méthode pour l'interprétation des signes d'une boiterie donnée est de se concentrer d'abord sur le caractère du membre à l'appui, puis les modifications de la démarche, et enfin sur les aspects mécaniques du problème. L'inspection est généralement plus utile dans le diagnostic des boiteries hautes que celle des doigts.

4. Diagnostic des boiteries

Faire une anamnèse complète, un examen à distance, ensuite un examen rapproché et un examen clinique général est primordial pour établir un diagnostic exact et un traitement efficace et précoce, et prévenir les futurs récurrences (Gourreau, 2015 ; Bouichou, 2008).

4.1. Anamnèse

Il convient de toujours se renseigner dans quel contexte le bovin est atteint, quel est le signe d'appel de l'éleveur et le motif de visite du vétérinaire. Avant tout examen, il faut se renseigner sur l'élevage dans son ensemble :

- Type de production : production laitière ou viande, niveau de production, races et lignées génétiques.
- Type de rationnement : fourrages, ensilages et conservation, concentrés et mode de distribution.
- Habitat : logettes, stabulation libre, quantité et fréquence du paillage, du curage et de la désinfection des locaux, qualité des sols, âge des bétons, rainurages, marches devant les auges, marches dans les voies d'accès à la salle de traite.
- Saison et contexte climatique lors de l'apparition de la maladie : mise à l'herbe sur une pâture au sol boueux, présence de pierres coupantes, sécheresse extrême et végétation dure et sèche dans les pâtures, travaux en cours, stabulation en plein hiver avec surpopulation...
- Statut sanitaire du troupeau : présence de dermatite digitale dans le troupeau, entrée d'animaux, diagnostic de coryza gangreneux, de maladie des muqueuses, fièvre aphteuse dans le pays, dans le département, etc.
- Évolution : brutale ou progressive, discrète, chronique.

4.2. Examen à distance, statique et dynamique

L'expérience de l'observateur permettra de déceler toute anomalie de posture, de démarche ou de comportement du bovin étudié. Les défauts de position des membres sont variables : l'animal peut présenter des membres postérieurs et antérieurs rapprochés alors que le dos est voûté ; deux membres peuvent être croisés ou écartés, un des membres peut encore être en abduction ou en adduction par rapport à son homologue. Un animal qui reste souvent couché, qui refuse de se déplacer vers l'auge, et un relever difficile expriment une douleur particulièrement intense. Certaines positions permettant d'atténuer la douleur en région podale peuvent être notées, comme l'attitude "en prière" où l'animal repose sur ses carpes.

4.3. Examen rapproché : aplombs et position des membres

Il est important d'examiner soigneusement le pied et l'espace interdigital avant de le lever : la face dorsale des pieds, notamment, n'est pas visible une fois le pied levé. Ainsi, des modifications de volume, des lésions digitales peuvent révéler un panaris ou une maladie de Mortellaro qui ne sera pas toujours visible depuis la face palmaire. Par contre, la palpation de cette face, en particulier de l'espace interdigital, en cas d'inflammation, n'est pas conseillée tant que l'animal peut réagir violemment.

4.4. Examen clinique général

Permet de déceler et de caractériser une éventuelle atteinte systémique qui pourra être reliée aux lésions observées sur les pieds. Pour la plupart des maladies podales qui seront diagnostiquées, l'animal est en bon état général, seuls les retentissements de type baisse d'appétit, perte d'état corporel et chute des productions auront été rapportés dans la première étape de la démarche diagnostique. Il est basé sur trois gestes (Toussaint et Ravene, 1992 ; Scohey, 2018) :

441. Prise de température

La température de l'animal est une information objective. Une température élevée révélera une infection probable : panaris, abcès de la sole. Mais l'absence de température ne signifie pas forcément l'absence d'infection. Il s'agit d'une information supplémentaire et d'un bon réflexe à avoir pour n'importe quelle suspicion sur une vache malade (Scohey, 2018).

442. Lever du pied d'un animal boiteux

Cette étape permet de vérifier l'intégrité de la peau interdigitée et/ou de détecter les lésions de l'onglon dans le cas de panaris, ou, dans le cas contraire, de rechercher éventuellement la ou les lésions responsables. Il faut veiller toutefois à lever le pied en toute sécurité avant d'intervenir. Le lever du pied apparaît comme une technique adaptée, rapide, facile, efficace et sûre (Scohey, 2018). L'observation du pied et l'identification rigoureuse des lésions présentes nécessitent en premier lieu un lavage soigneux du pied. Les débris de litière et les mottes de terre sont enlevés grossièrement à la main ou à l'aide du couteau anglais. L'espace interdigital ne doit pas être oublié. Le lavage à grande eau et/ou avec une brosse, vivement recommandé, améliore les conditions d'intervention sur le pied et évite toute erreur de diagnostic par omission de lésions. En effet, les lésions de dermatite digitale, une vésicule ou une abrasion ne sont pas toujours bien visibles, étant souvent recouvertes d'exsudat.

443. Parage

Un parage strictement fonctionnel est réalisé de sorte à n'éliminer que la corne inutile et de respecter les aplombs corrects du pied. Au fur et à mesure de ce parage, les lésions peuvent apparaître. Le parage curatif peut être nécessaire, en fonction des lésions constatées. En effet, le parage curatif direct d'une lésion immédiatement visible, sans respecter un parage fonctionnel, peut compromettre l'aplomb final du pied, alors que d'autres lésions pourront apparaître ultérieurement (Toussaint et Ravene, 1992).

4.4.3.1. Principes de parage fonctionnels des membres

4.4.3.1.1. Membres postérieurs

Méthode développée par Delacroix (2007), consiste à :

- Mesurer la longueur de l'onglon interne,
- Le couper en pince à la bonne longueur,
- Parer la surface portante de l'onglon interne : le but est d'aplanir cette surface et de la rendre perpendiculaire à l'axe du membre, en préservant une bonne hauteur en talon,
- Parer la surface portante de l'onglon externe de la même manière afin d'obtenir deux onglons à la même hauteur,
- Parfaire le creux axial afin d'éviter l'accumulation de bouses et de débris dans cette zone.

4.4.3.1.2. Membres antérieurs

La méthode est identique au parage des onglons des membres postérieurs mais, cette fois, il faudra toujours commencer et prendre comme référence l'onglon externe (Toussaint, 1992).

4.4.3.2. Moment du parage

Il faut éviter de parer les vaches dans le mois qui entoure la sortie au pâturage, le vêlage ou l'introduction des vaches dans un bâtiment neuf (la corne trop mince résisterait moins aux traumatismes) (Toussaint, 1992). Dans un système avec utilisation de pâturage, il convient de privilégier l'automne pour faire le parage du troupeau, sauf s'il y a trop de vêlages. Une autre alternative est de parer les vaches au cas par cas en début de tarissement (Leperlier, 2014).

Chapitre II : Facteurs de risque liés à l'alimentation et à l'habitat

5. Alimentation de la vache laitière

5.1. Introduction

La vache laitière est une machine de production. Pour pouvoir bénéficier de cette production, on doit satisfaire ses différents besoins (Cauty et Perreau, 2009). Il est donc essentiel de bien les connaître pour optimiser les performances zootechniques de l'animal :

- Les besoins d'entretien sont ceux dont la couverture est impérative pour assurer la survie et le maintien du poids vif dans des conditions de vie normale (Cauty et Perreau, 2009).
- Les besoins de production sont tous les autres qui sont nécessaires pour obtenir un certain nombre de produits économiques intéressants : croissance (production de viande ou de masse corporelle ou d'un futur reproducteur), gestation, lactation (Cauty et Perreau, 2009).

5.2. Principaux aliments

5.2.1. Fourrage

C'est un aliment grossier, caractérisé par un certain taux de fibres longues présentes dans les tiges et pétioles des feuilles. Cette proportion de cellulose et lignine augmente au fur et à mesure que la plante vieillit, ce qui conduit à diminuer sa valeur nutritive et à augmenter son encombrement (Cauty et Perreau, 2003).

Sur une exploitation, le choix des fourrages à distribuer est à réaliser en tenant compte des disponibilités de l'exploitation et du niveau des besoins des animaux (UFL/UE).

Les principaux fourrages sont classés en 3 grandes catégories :

- Les fourrages peu encombrants et énergétiques comme l'herbe pâturée, l'ensilage de maïs ou les pulpes surpassées ensilées, à réserver aux animaux ayant des besoins énergétiques élevés (vaches en début et en pleine lactation).

- Les fourrages moyennement encombrants et énergétiques comme l'ensilage d'herbe ou des graminées pâturés, réservés aux vaches en milieu et fin de lactation.
- Les fourrages encombrants et peu énergétiques comme le foin tardif de prairie naturelle ou la paille, réservés aux génisses et vaches en finition.

5.2.2 Concentrés

Un aliment concentré se présente sous une forme sèche (en moyenne 90%), riche en énergie et/ou en azote plus ou moins facilement dégradable (Cauty et Perreau, 2003).

Ils sont classés selon leurs valeurs nutritifs en :

- Aliments riches en énergie : céréales, mélasse, pulpe de betterave ou d'agrumes, lactosérum, concentrés complémentaires.
- Aliments riches en matières azotées : tourteaux, drèches, graines d'oléo-protéagineux.
- Aliments équilibrés en énergie et matière azotée : concentrés composés complets, poudre de lait.

5.3. Eau

L'eau est le principal constituant de l'organisme, et son importance, tant physiologique que pour l'élaboration des différentes productions, n'est pas à négliger, que ce soit en qualité (il doit être indemne d'un certain nombre de contaminants : colibacilles, streptocoques, salmonelles) ou en quantité.

Les besoins en eau des vaches en lactation sont étroitement liés à leur production de lait, à la teneur en eau des aliments qu'elles consomment ainsi qu'à divers facteurs environnementaux :

- Pour une vache en lactation (22,7 kg/j), la quantité d'eau requise est de 87 à 102 l/j/vache (Daniel et McKague, 2007).
- Pour une vache tarie, la quantité d'eau requise est de 34 à 49 l/j/vache (Daniel et McKague, 2007).

5.4. Rationnement

La conduite de l'alimentation d'une vache laitière comporte deux phases critiques qui se succèdent, avec des niveaux de besoins très opposés et qui cumulent les effets néfastes des erreurs de rationnement (Wolter et Andrew, 2012).

5.4.1 Période de tarissement

C'est une période cruciale sur le plan alimentaire pour le bon démarrage de la lactation suivante, et pour la prévention des troubles qui entourent le vêlage. Elle se distingue par des besoins

quantitatifs relativement bas (à l'exception des besoins en vitamines A et D) mais par des exigences qualitatives particulières, par exemple les apports en calcium et en phosphore (Wolter et Ponter, 2012).

Il est aussi recommandé de séparer les vaches tarées en 2 groupes, en fonction du stade de gestation :

- Vaches au 8ème mois : ration essentiellement constituée d'aliments grossiers.
- Vaches au 9ème mois : ration similaire aux rations des vaches en lactation, afin de permettre une adaptation de la flore du rumen (Cuvelier et Dufrasne, date non mentionnée).

5.4.2. Période de lactation

Après le vêlage, la capacité d'ingestion de la vache augmente mais de façon plus modérée et plus lente que les besoins nutritifs qui, à l'inverse, augmentent très rapidement et très fortement.

C'est une période qui se caractérise par un déficit énergétique inévitable, d'autant plus accentué que la production laitière est plus importante. L'excès de ce déficit peut compromettre la réussite de la campagne de 100 jours au cours de laquelle se jouent (Wolter et Ponter, 2012) :

- La moitié de la production laitière totale : les vaches hautes productrices ont tendance à maigrir pour soutenir leur sécrétion lactée.
- La majorité des pathologies métaboliques (acidose, cétose) et même infectieuses (mammites, métrites), au détriment de la production, de la reproduction, et donc de la quantité de lait.

6. Facteurs de risque liés à l'alimentation

6.1. Alcalose ammoniacale

Dans le cas d'une distribution en excès d'urée comme correcteur d'une ration pauvre en azote (type ensilage de maïs) ou l'ingestion d'une herbe riche en azote (printemps, après épandage, automne doux et humide), cet excès d'azote dégradable n'est pas synchronisé avec l'apport de glucides fermentescibles. Cette erreur alimentaire se traduit par une élévation de la concentration d'ammoniac dans le rumen, d'où élévation du pH ruminal, puis passage d'ammoniac dans le sang, hyperamoniémie et désordres électrolytiques sanguins (Brard, 1994).

Cette alcalose ammoniacale ruminale accélère la tératogénèse et, de ce fait, provoque une série d'événements pathologiques (Wolter et Ponter, 2012) :

- Corne de mauvaise qualité, claire, tendre, poreuse, friable, sensible aux érosions physiques et aux infiltrations (purin) et donc une prédisposition aux fourbures ;
- Décollement du pédophile ;
- Basculement de la 3ème phalange ;
- Déformation du sabot ;

- Hémorragies de la sole, ulcères ;
- Abcédation plantaire (bleimes, cerises) ;
- Inflammation coronaire.

6.2. Acidose lactique ruminale

Elle résulte d'une erreur de rationnement des animaux, qui reçoivent une ration trop énergétique, pauvre en fibres et riche en concentrés. Elle peut être secondaire à une acidose aiguë (Brard et Poncelet, 2005).

En conditions normales, grâce à l'action de substances tampons, le pH se maintient entre 6 et 6,8. Dans cette zone de pH, la flore microbienne qui dégrade la cellulose est particulièrement active. À l'inverse, dans certaines situations conduisant à une baisse de pH de la panse (changement brutal de régime, manque de lest), divers symptômes caractérisant l'acidose vont apparaître (Cauty et Perreau, 2003).

La diminution du pH ruminal modifie le profil de la flore microbienne :

- Les protozoaires et les bactéries capables de dégrader la cellulose ne peuvent plus se développer et les bactéries dégradant l'amidon sont favorisées. Si cette baisse s'accroît, il y a prolifération de souches bactériennes toxiques et de lactobacilles producteurs d'acide lactique, ce qui amplifie l'acidification (Cauty et Perreau, 2003).
- Les problèmes de fourbure peuvent apparaître plusieurs semaines à plusieurs mois après un épisode d'acidose ruminale. Les différentes substances vaso-actives (histamine, endotoxines) libérées dans le rumen et absorbées dans la circulation sanguine induisent des perturbations de la vascularisation à l'intérieur du pied (vasoconstriction, ischémie) et une inflammation qui altèrent la production et la qualité de la corne. Ceci constitue la première phase d'un enchaînement pathologique aboutissant à la fourbure (Nocek, 1997).

6.3. Impact du déficit énergétique

L'incidence des lésions podales est plus importante dans les troupeaux avec plus de maladies *post partum*. Cela est lié au bilan énergétique fortement négatif (Nielson *et al.*, 2003).

Il est démontré que la prévalence des boiteries sur les vaches avec une note d'état corporel (BCS) négative est plus importante que sur les vaches avec une BCS normale (Dippel *et al.*, 2009).

On peut expliquer l'impact du bilan énergétique sur l'incidence des boiteries dans les points suivants :

- La différenciation cellulaire nécessite de l'énergie. En début de lactation, en cas de déficit énergétique, cette énergie ne sera pas disponible pour le bon fonctionnement des enzymes et, par conséquent, production d'une corne de mauvaise qualité (Guateo *et al.*, 2013).

- Lors d'un déficit énergétique, on observe une mobilisation des graisses de l'organisme, y compris les coussinets plantaires qui jouent un rôle d'amortisseur. De plus, l'évolution de la BCS est associée à celle de l'épaisseur des coussinets adipeux (Machado *et al.*, 2011). En effet, le risque de lésions de types ulcère de la sole et ouverture de la ligne blanche augmente avec la diminution de l'épaisseur des coussinets plantaires (Bicalho *et al.*, 2009 ; Toholj *et al.*, 2014).
- Les vaches en déficit énergétique ont un système immunitaire plus faible, et sont donc plus sensibles aux infections. Ceci pourrait expliquer l'augmentation du risque d'apparition de dermatite digitée au moment du pic de lactation (O'Connell, 2014).

6.4. Carences alimentaires

Les carences en oligo-éléments et autres facteurs favorisent les lésions podales en conduisant à une corne de moins bonne qualité, plus exposée aux traumatismes et au développement des germes (Guateo *et al.*, 2013). En effet, Nocek *et al.* (2000) ont démontré que l'ajout d'oligo-éléments chélatés, comme le zinc-méthionine, diminue les lésions de bleimes, ulcères, ouverture de la ligne blanche, double sole et dermatite digitée.

6.4.1. Calcium

Le calcium joue un rôle important dans le processus de kératinisation et de carnification. Un apport insuffisant de Ca en début de lactation induit une diminution de l'activité enzymatique et formation de corne de mauvaise qualité (Bouichou, 2008).

Selon Mulling *et al.* (1999), la présence de cercles de croissance sur les sabots est associée au niveau de calcium.

6.4.2. Cuivre

Le cuivre joue un rôle important dans la consolidation de la corne et du tissu conjonctif du pied. Les fissures du talon, le piétin et les abcès de la sole sont plus fréquents chez les bovins souffrant d'une carence subclinique en cuivre (Bouichou, 2008).

6.4.3. Zinc

Le rôle du zinc réside non seulement dans l'amélioration de l'état des pieds, par exemple l'accélération de la cicatrisation et l'amélioration de l'intégrité cellulaire, mais aussi nécessaire à la synthèse et à la maturation de la kératine, tissu corné de l'onglon (Bouichou, 2008).

Tomlinson (2004) rapporte que la concentration de zinc dans les sabots de vaches ayant des problèmes de pied, dont la corne est plus molle, est plus basse que dans ceux de vaches sans problèmes.

644. Vitamine A

La vitamine A est un cofacteur dans la synthèse des acides aminés impliqués dans la synthèse de la kératine et de la formation du revêtement protecteur graisseux des onglons. Sa production par la flore ruminale pourrait être insuffisante en situation de production laitière intensive. La plupart des études démontrent que l'addition de 20 g/jour par animal augmente la quantité de corne et par conséquent diminue les pathologies (Bouichou, 2008).

645. Vitamine D

La vitamine D a un rôle important dans la régulation biologique du calcium (Wolter et Ponter, 2012) :

- En cas de carence : déminéralisation osseuse ;
- En cas d'excès : calcification des tissus mous (calcinose).

646. Manganèse

Le manganèse aide à réduire les problèmes de pieds en maintenant la conformation des pattes par une bonne formation de l'os et du collagène. La carence en manganèse se manifeste par des anomalies du squelette, des pattes tordues et un raccourcissement des tendons qui peut se manifester par des articulations des pieds retournées (Bouichou, 2008).

647. Cobalt

Le cobalt a pour fonction la formation de la vitamine B12 dans le rumen. Une carence en vitamine B12 entrave le métabolisme des protéines et de l'énergie et peut ainsi entraîner la boiterie. Le manganèse, le zinc et l'iode peuvent réduire la disponibilité du cobalt (Bouichou, 2008).

648. Acides aminés

La cystéine, l'histidine et la méthionine jouent un rôle important dans l'intégrité structurale des kératinocytes. De plus, le manque de protéines métabolisables en début de lactation pourrait contribuer à une synthèse protéique insuffisante pour le développement des kératinocytes et donc production de corne de mauvaise qualité, qui prédispose les vaches à la fourbure (Tomlinson, 2004).

7. Bâtiment d'élevage et paramètres d'ambiance

Le bâtiment d'élevage permet d'abriter les animaux contre les intempéries (chaleur, pluie). Il conditionne en grande partie le confort des animaux et le bien-être. Des paramètres d'ambiance favorisent ce dernier. La ventilation, l'hygrométrie, la température et l'hygiène sont des fondamentaux qui ne doivent en aucun cas être négligés dans la conception du bâtiment. Maîtriser ces paramètres permet de réduire le stress, les risques de blessures ou de maladies (Mahey, 2019).

7.1. Ventilation

La vapeur d'eau éliminée par les vaches, les gaz nocifs (CO₂, ammoniac), provenant de la fermentation des déjections, et les poussières doivent être évacués afin d'éviter, d'une part, le vieillissement précoce du bâtiment et, d'autre part, l'apparition de diverses maladies (Dudouet, 1999). Une mauvaise orientation des stabulations ouvertes peut entraîner des courants d'air, les animaux se concentrant sur des endroits protégés, ce qui entraîne une surdensité secondaire (Leroy, 1989). L'aération peut être statique ou mécanique (ventilateurs). Les ouvertures d'entrée et de sortie d'air doivent être mesurées et bien placées. Il existe des moyens spécifiques pour apprécier la ventilation dans un bâtiment : fumigation, anémomètre, hygromètre ; mais le plus simple reste d'observer les éléments de la charpente noircis par la condensation de l'humidité ambiante et le développement des moisissures (Vagneur, 2002).

7.2. Lumière

Il est capital de disposer, en abondance, de lumière naturelle et artificielle (Sainsbury, 1967). Les surfaces translucides permettent un apport de lumière naturelle, elles doivent correspondre à 20% de la surface du sol et être facilement nettoyables (Bedouet, 1994). La lumière favorise l'ingestion, d'où l'installation de néons au-dessus du couloir de raclage, et de vielleuses au-dessus du couloir d'alimentation, permettant ainsi la prise alimentaire pendant la nuit (Brouillet, 1990). Un bâtiment bien éclairé permet une bonne surveillance des animaux : détection des chaleurs et des maladies (Dudouet, 1999).

7.3. Humidité

Qu'elle provienne de l'air, du sol ou des aliments, l'humidité a un effet néfaste sur les animaux (Dudouet, 1990). En plus, elle entraîne un vieillissement précoce du bâtiment

(Fostier *et al.*, 1990). Celle-ci est due à une mauvaise orientation des bâtiments et une mauvaise évacuation de l'air ambiant (Dudouet, 1999).

7.4. Sol

Le sol de l'aire de vie des animaux a un rôle direct dans leur confort, leur santé, donc leur productivité. Son rôle est primordial dans les bâtiments pour les vaches laitières, et particulièrement pour les troupeaux sans pâturage. Un sol sain permet aux animaux d'exprimer leur comportement naturel, en particulier les chaleurs. Les boiteries, les problèmes de sole ou d'onglons sont autant de facteurs qui vont affaiblir l'animal. L'entretien du pied de l'animal, le choix du type de sol et sa bonne réalisation seront des réponses possibles pour assurer un confort optimal (Laupretre, 2017). Un bon sol doit être suffisamment plat, sec et rigide pour respecter le comportement naturel des vaches.

7.5. Hygiène du bâtiment

L'hygiène est un facteur indispensable pour la préservation de la santé des animaux. C'est un facteur primordial, que ce soit pour le bâtiment, le sol, le revêtement des murs, ou pour le matériel de traite. C'est un indicateur de santé et de bien-être (Veissier *et al.*, 2006).

7.6. Litière

L'utilisation d'une litière améliore le confort et l'état sanitaire des bovins. Cependant, la litière doit être sèche, propre et ne pas générer trop de poussière afin d'éviter une augmentation des pathologies, notamment respiratoires.

8. Facteurs de risques liés au bâtiment

8.1. Confort

Les défauts de confort du logement ont une influence sur la santé des pieds des bovins car il est essentiel que les vaches passent au minimum entre 12 et 14 heures par jour couchées. Or, une couche inconfortable entraînera une prolongation de la station debout qui, à son tour, diminuera l'efficacité de la rumination, fatiguera les vaches et augmentera les lésions des pieds et les boiteries (Grant et Albright, 2000). Les temps de couchage sont plus longs en aires paillées qu'en logettes, en logettes avec sols moelleux qu'avec sols durs, en logettes avec matelas qu'avec tapis et sciure. Les blessures des membres sont nettement moins importantes en logettes paillées qu'en logettes avec tapis sans paille. Les vaches privilégient le confort de la couche par rapport aux dimensions de la logette. Le nombre de places couchées doit être supérieur au nombre de vaches, sinon la compétition est telle que les dominées et les primipares passeront moins de temps couchées (Delacroix, 2008).

8.2. Hygiène et humidité

Le manque d'hygiène et l'humidité de l'habitat sont des facteurs de risque majeurs pour les boiteries d'origine infectieuse, en particulier la dermatite digitée, la dermatite interdigitée et le panaris (Delacroix, 2008). En effet, selon Borderas *et al.* (2004), les tissus composant les sabots des vaches absorbent l'eau rapidement et la dureté des sabots diminue avec l'augmentation de leur teneur en eau. Ces résultats suggèrent que l'exposition, même brève, des sabots à des surfaces humides résulte en une diminution de leur dureté. Or, les vaches ayant des onglons plus tendres ont tendance à présenter des lésions des onglons plus sévères. De plus, le lisier peut être corrosif pour la corne. Pour réduire les risques de lésions des onglons, les vaches laitières doivent être élevées dans des conditions permettant de maintenir les pieds au sec et au propre (Borderas *et al.*, 2004 ; Delacroix, 2008).

8.3. Type de sol

Il est important à plusieurs niveaux : exposition à des surfaces abrasives, risque de glissades, humidité, distance de marche sur des surfaces inconfortables. Les chemins d'accès aux pâtures sont aussi à prendre en compte (Endres, 2017).

Les sols avec tapis sont moins à risque d'ulcères de la sole (Kujala *et al.*, 2009). Les surfaces glissantes sont un facteur de risque de lésions de la ligne blanche. Cette dernière est aussi affectée par les traumatismes mécaniques.

On rencontre plus d'amincissement de la corne dans les systèmes en logettes en raison d'une usure excessive sur les bétons (Shearer, 2007). Les problèmes de boiteries augmentent avec les sols durs. L'amortissement à la pose du pied y est nul. Les pressions sur les onglons augmentent, ce qui stimule la production de corne qui accroît la grosseur et l'épaisseur des onglons, en particulier de l'onglon postéro-externe. Le cercle vicieux pression/production est alors activé (Delacroix, 2008). Les vaches montrent une nette préférence pour les sols souples (type caoutchouc) car l'enfoncement dans un sol mou diminue les forces encaissées par le pied (Blowey, 2005).

Au-delà de la dureté des sols, c'est la qualité de leur surface qui affecte le confort des animaux et doit retenir l'attention :

- Des sols trop lisses sont glissants et les vaches s'y déplacent avec prudence et risquent des traumatismes. Le rainurage des bétons tente d'y remédier, mais le passage quotidien des racleurs tend à diminuer à terme son effet.
- Si les surfaces sont trop abrasives, elles usent exagérément la corne. Les bétons neufs peuvent être dangereux de ce point de vue.

- Les surfaces trop inégales, mal entretenues, présentant des cavités plus ou moins importantes, font trébucher les vaches et contribuent à léser la ligne blanche.
- Les sols couverts de gravillons rendent la marche très inconfortable. Les gravillons pénètrent dans la corne, en particulier au niveau de la ligne blanche et créent des abcès (Delacroix, 2008).

8.4. Type et propreté de la litière

C'est un point important à prendre en compte. Les vaches se couchent moins souvent mais plus longtemps sur des litières épaisses (Ito *et al.*, 2014). La litière en sable semble être plus confortable et moins salissante, ce qui diminue le temps passé debout (Cook *et al.*, 2004 ; Gastelen *et al.*, 2011). Concernant l'épaisseur de la litière, les vaches passent plus de temps dans les logettes avec plus de litière et donc moins de temps debout (Tucker *et al.*, 2004).

La propreté de la litière est un point critique pour les lésions d'origine infectieuse (Wells *et al.*, 1999) ; la présence d'un racleur est un facteur d'amélioration (Somers *et al.*, 2003), mais la fréquence de raclage ne doit pas être trop élevée (Cramer *et al.*, 2009).

9. Impact des boiteries

Les boiteries réduisent la longévité des animaux. Ceci entraîne des pertes économiques pour les producteurs, en plus des pertes monétaires directement liées aux boiteries telles que la réduction de la production laitière et la fertilité (Seegers *et al.*, 1998 ; Warnick *et al.*, 2001).

9.1. Impact sur la production laitière

Les vaches boiteuses passeront de plus en plus de temps couchées. Leur production de lait va baisser autant en termes de quantité qu'en termes de qualité suite à une diminution de consommation d'aliment et d'eau (Hulsen, 2006), associé à une diminution du volume de lait livré du fait des délais d'attente liés aux traitements. De plus, le niveau de production maximum d'une vache peut ne plus jamais être atteint si elle a souffert de panaris (Green *et al.*, 2002 ; Hernandez *et al.*, 2002). Green *et al.* (2002) estiment la perte de production laitière attribuable aux boiteries à 360 kg sur 305 jours au Royaume-Uni.

9.2. Impact sur la reproduction

Les boiteries ont aussi pour conséquence une prolongation de l'anœstrus. De plus, le stress chronique engendré est un facteur perturbateur du contrôle hormonal conditionnant le cycle de reproduction des femelles. De ce fait, les boiteries influencent réellement les paramètres de fécondité et de fertilité. Elles réduisent notablement les taux de réussite à l'insémination (Lucey *et al.*, 1986). Les intervalles vêlage-vêlage et les intervalles vêlage-insémination fécondante sont

rallongés (Hernandez *et al.*, 2001 ; Bicalho *et al.*, 2007). Les taux de gestation sont plus bas (Hernandez *et al.*, 2001) suite à des difficultés dans l'expression des chaleurs par les vaches boiteuses et donc l'identification des vaches à inséminer (Sprecher *et al.*, 1997).

9.3. Impact sur le comportement des vaches

Les boiteries ont aussi une influence sur le comportement social des bovins car les vaches boiteuses sont moins susceptibles de répondre à une agression et seront plus facilement dominées donc plus facilement écartées de l'aire d'alimentation (Grant, 2011 ; Galindo et Broom, 2002).

9.4. Dépenses en traitements

La réalisation de soins représente une surcharge de travail importante. Les trois quarts de pertes sont consécutives aux baisses de performances et le reste aux dépenses en traitement des malades (Fourichon *et al.*, 1999).

1. Objectifs de l'étude

Ce travail est réalisé au sein d'une ferme à production laitière, entre janvier 2020 et septembre 2020, par des visites hebdomadaires. Cet élevage présente un problème de boiteries, ce qui a poussé à avoir comme objectif d'étude l'identification des facteurs de risque des boiteries dans cet élevage.

Le travail consiste en la réalisation d'un questionnaire et l'évaluation de certains paramètres clés dans la conduite d'élevage ayant un impact direct sur les boiteries, notamment ceux liés à l'habitat et à l'alimentation, et ceux liés à l'animal.

2. Matériel et méthodes

2.1. Description de la ferme

2.1.1. Création de la ferme

La ferme pilote de Draa Ben Khedda a été créée en 1969 dans le cadre du développement national des productions animales, mais ne fut fonctionnelle qu'en 1970. Par la suite, elle fut érigée, le 13 octobre 1998, au statut de société d'exploitation agricole EURL SEA, munie d'un registre de commerce. La ferme a pour vocation principale l'élevage de bovins laitiers.

2.1.2. Situation géographique

La ferme est située dans la commune à vocation agricole de Draa Ben Khedda, à 10 km du chef-lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou et à 90 km à l'est d'Alger. Elle est limitée au nord par l'oued Sébaou, à l'est par la cité Touares, à l'ouest par Oued Boughedoura et au sud par la chaîne montagneuse de Sidi Ali Bounab.

2.1.3. Superficie et répartition des terres et des cultures

La ferme EURL SEA de Draa Ben Khedda s'étend sur une superficie agricole totale d'environ 219 ha. La superficie agricole utile est de 206 ha. La majeure partie des terres est consacrée aux cultures fourragères (170 ha) destinées à l'alimentation interne. Les cultures pérennes (agrumes et oliviers) occupent 28 ha.

2.1.4. Description du cheptel

La ferme a connu un vide sanitaire en 2013 suite à un foyer de tuberculose. De ce fait, la ferme est repeuplée en novembre 2013.

La ferme de Draa Ben Khedda dispose, en 2020, d'un troupeau de 175 vaches laitières réparties comme suit :

- 167 VL de race Prim'Holstein
- 8 VL de race Montbéliarde.

2.2. Méthode

221. Conception du questionnaire

Une première ébauche du questionnaire est faite sur la base d'investigations et de notre modeste expérience durant notre présence au sein de la ferme. Ce questionnaire est destiné au personnel de la ferme. Les personnes enquêtées sont choisies selon des critères objectifs et subjectifs, tels que leur connaissance dans le domaine de l'élevage, l'expérience et l'ancienneté dans la ferme. Le contenu de la version finale du questionnaire est adopté selon l'objectif de l'étude. Celui-ci comporte des questions à modalité qualitative et quantitative, concernant la conduite de l'élevage, notamment l'alimentation, l'hygiène, la structure et le fonctionnement du bâtiment.

222. Paramètres évalués

2.2.2.1. Paramètres liés à l'habitat

- **Qualité de l'aération :**

Elle est appréciée sur des éléments directement impliqués dans les phénomènes de ventilation (nombre, répartition et dimension des ouvertures, hauteur sous toiture), ou par des indices indiquant la qualité de cette ventilation (odeur ammoniacale, accumulation de vapeur d'eau, particules de poussières).

- **Construction du bâtiment :**

L'évaluation est basée essentiellement sur la dimension des logettes, la surface du bâtiment par rapport au nombre de vaches et par la nature des parcours entre les différents bâtiments.

- **Luminosité :**

Elle est appréciée par son type (naturelle, électrique), et son intensité par le nombre de lampes présentes dans le bâtiment et le nombre et la dimension des ouvertures.

- **Type de sol :**

Il est apprécié par sa nature, la présence de fumier, de lisier et d'objets traumatisants.

- **Litière :**

Elle est appréciée, si présente, par son humidité, la présence de déjections et la fréquence de renouvellement.

- **Hygiène générale de la stabulation :**

Elle est appréciée par la qualité des sols, des murs, de la litière, ainsi que par l'état de propreté des animaux.

2.2.2.2. Paramètres liés à l'alimentation

Plusieurs paramètres liés à l'alimentation, considérés comme facteurs de risque, sont appréciés :

- **Rationnement :**

Le rationnement est une étape clé dans la conduite d'élevage, ses erreurs peuvent avoir un impact direct sur la santé de l'animal et donc sa prédisposition à diverses pathologies dont les boiteries. Pour cela le calcul de la ration était important pour détecter d'éventuelles erreurs.

- **Calcul de la ration :**

Pour évaluer l'efficacité d'une ration de base d'une vache laitière, et sa capacité à subvenir à ces besoins (apport nutritif suffisant, équilibré, adapté à ces facultés digestives)

- **Méthode de calcul de la ration :**

Purement théorique, selon des données fournies par la zootechnicienne de la ferme à propos d'une ration fournie aux vaches durant notre étude. La table de l'INRA, indiquant la valeur de différents aliments en MS, UFL, PDIN, PDIE, et une table des besoins d'une vache en ces éléments sont aussi utilisés.

- **Carences :**

Comme il n'existe pas de moyen précis pour détecter une carence, l'investigation ne peut se baser que sur certains éléments qui peuvent refléter un risque de carence, notamment en minéraux et en vitamines : absence de pierre à lécher, composition des aliments en minéraux et oligo- éléments.

2.2.2.3. Paramètres liés à l'animal

- **Indice d'état corporel :**

L'évaluation de la condition corporelle est un outil qui s'utilise pour ajuster l'alimentation et la gestion du troupeau de manière à maximiser la production laitière et minimiser les risques de problèmes de reproduction (Michel *et al.*, 1996).

La notation de l'état corporel permet d'apprécier indirectement le statut énergétique d'un animal par l'évaluation de son état d'engraissement superficiel. Cette méthode, couramment employée, a l'avantage d'être peu coûteuse en investissement et en temps (Ferguson, 2002), mais peut aussi révéler des signes sur l'état général de l'animal (chronicité des maladies, déficit énergétique, capacité de la vache à faire face aux maladies).

Toutes les vaches sont notées. Devant la difficulté d'observer les vaches en mouvement, la notation est faite au cornadis, en s'aidant de la grille de notation corporelle (Edmondson *et al.*, 1989) (Annexe 1).

- **Indice de propreté du pied :**

La propreté des pieds des vaches est le reflet de la propreté du bâtiment et des zones de circulation (Bizeray *et al.*, 2017). Pour attribuer un indice de propreté du pied pour chaque vache, les vaches sont observées au cornadis, en s'aidant de la grille de notation établie par Nigel Cook (2006) (annexe 2). Toutes les vaches sont notées, qu'elles soient dans le bâtiment principal (figure 3) ou dans celui des vaches en pré-partum (figure 4).

3. Résultats

3.1. Paramètres liés à l'habitat

Le bâtiment des vaches laitières est orienté en nord-sud pour profiter d'un ensoleillement tout le long de la journée ; ce bâtiment est de type ouvert qui permet une ventilation optimale (figure 3). Le bâtiment est de construction récente, doté d'un nombre suffisant de logettes ; sa superficie est suffisante pour abriter toutes les vaches en lactation et celles qui sont tarées.

La stabulation est de type semi-entravé : les vaches sont libres, non attachées. La pratique du zéro pâturage est notée : elles ne sortent que de façon temporaire, lors de raclage.

Le sol est en béton rainuré, avec absence totale de litière.

Le nettoyage est automatique, assuré par un racleur (figure 7), deux fois par jour. La chaux vive est utilisée pour ses caractéristiques antiseptiques pour désinfecter les logettes deux fois par semaine.

La luminosité au sein du bâtiment est assurée par l'ensoleillement durant le jour, et par des lampes, qui sont au nombre de 16, pendant la nuit.

Pour la zone d'alimentation, le nombre de places au cornadis (figure 5) répond largement au nombre de vaches. Les abreuvoirs sont au nombre de huit, à la sortie du bâtiment.

Les chemins entre les bâtiments sont en terre battue, et en béton entre le bâtiment principal et la salle de traite.

Les pédiluves sont présents uniquement à l'entrée de la ferme.



Figure 3 : Bâtiment principal des vaches laitières (photo personnelle)



Figure 4 : Bâtiment de vêlage (photo personnelle)



Figure 5 : Cornadis pour l'alimentation (photo personnelle)



Figure 6 : Emplacement de l'abreuvoir (photo personnelle)



Figure 7 : Raclage du fumier (photo personnelle)

3.2. Paramètres liés à l'alimentation

L'alimentation dans cet élevage dépend de la disponibilité fourragère et de la production laitière.

La zootechnicienne est chargée de la démarche alimentaire.

Les vaches laitières sont divisées en 3 lots :

- Lot n°1 : vaches en lactation (85)
- Lot n°2 : vaches taries (35)
- Lot n°3 : vaches proches du terme (20).

Les vaches en lactation ou taries sont logées dans le bâtiment principal, tandis que celles qui sont proches du terme sont placées dans le bâtiment de vêlage.

Les aliments sont distribués par les ouvriers sur des périodes séparées dans le temps.

3.2.1. Aliment fourrager

D'après l'examen du calendrier fourrager de la campagne 2019/2020 (tableau 1), les fourrages cultivés sont disponibles durant toute l'année, hormis quelques ruptures, notamment aux mois de décembre et janvier.

Les fourrages distribués sont la luzerne, le sorgho et le trèfle en vert, l'avoine et la vesce en foin, qui sont stockés au sein de la ferme.

À noter que ces derniers sont uniquement fournis aux vaches en lactation et en quantités égales pour toutes les vaches quel que soit le stade de lactation (figure 8).

Les fourrages sont distribués à l'auge, l'affouragement a lieu 3 fois par jour.

Tableau 1 : Calendrier fourrager 2020 de la ferme

Mois Espèce	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Avoine en foin	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Luzerne en vert		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Sorgho en vert					*	*	*	*	*	*	*	
Trèfle en vert	*	*	*	*	*							*
Vesce en foin	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

322 Aliment concentré

Dans cette exploitation, l'aliment concentré utilisé est souvent acheté en sachets chez les fabricants d'aliments pour bétail (ONAB). Les constituants de ce dernier sont mentionnés sur l'étiquetage, sans détailler la composition quantitative (tableau 2).

D'après le distributeur de l'aliment, les vaches ont accès aux aliments concentrés uniquement la matinée, avant la traite pour les vaches en lactation.

Tableau 2 : Composition de l'aliment concentré (ONAB)

Composition
Maïs
Tourteaux de soja
Issues de meunerie
Calcaire
Phosphate
Sel
Oligo-éléments
Vitamines A, D ₃ et E

3.3. Abreuvement

La présence d'abreuvoirs automatiques et d'abreuvoirs collectifs est notée, qui assurent un abreuvement permanent et à volonté pour les vaches (figure 6).

3.4. Rationnement

Le rationnement est impératif pour une bonne production laitière ; elle fournit à l'animal un régime adéquat pour chaque stade de la vie productive (Wolter, 1992).

Dans cette ferme, il n'existe pas de véritable plan de rationnement selon le niveau de production, mais selon le stade physiologique des vaches. Ainsi, toutes les vaches en lactation reçoivent la même ration (mélange de fourrage vert et de concentrés), tandis que les vaches tarées et celles proches du terme ont droit à une ration composée de foin et de concentrés.

À cette ration s'ajoute une supplémentation à base de carottes qui, pour des raisons économiques et de disponibilité, n'est pas permanente. À noter que les vaches ne se disposent pas de pierres à lécher.

341. Rationnement

- La ration de base fournie aux vaches laitières est composée de fourrage vert (luzerne et sorgho), de foin (pour la rumination) et d'un concentré.
- La ration de base fournie aux vaches tarées est composée de foin (vesce-avoine) et de concentrés.

Tableau 3 : Calcul de ration pour vaches laitières

Composition de l'aliment	Qté (kg)	MS/kg	UFL/kg MS	PDIN/kg MS	PDIE/kg MS
Sorgho en vert	50	9,25	6,66	712,25	703
Luzerne en vert	30	5,28	4,06	649,44	454,08
Foin (vesce-avoine)	2	1,74	1,13	78,3	78,3
Concentré	5	4,47	4,34	504,80	510,43
Total	87	20,74	16,19	1.944,79	1.745,81
BE	-	-	3,8	300	300
RPP	-	-	12,39	1.644,79	1.445,81
QLP	-	-	28,81	32,90	29,59

Tableau 4 : Calcul de ration pour vaches tarées à 7 mois de gestation

	Kg de MS	UFL/j	PDI (g/j)	Ca (g/j)	P (g/j)
Besoins d'une vache tarie	-	5,5	438	75	52,5
Foin (vesce-avoine)	14,79	9,61	665,55	88,74	13,31
Concentré	1,79	1,73	113,56	47,88	14,39
Total	16,58	11,34	779,11	136,62	27,7
Total - Besoins vache tarie	-	5,84	341,11	61,62	- 24,8

Tableau 5 : Calcul de ration pour vaches tarées à 8 mois de gestation

	Kg de MS	UFL/j	PDI (g/j)	Ca (g/j)	P (g/j)
Besoins d'une vache tarie	-	6,2	498	82	54,5
Foin (vesce-avoine)	14,79	9,61	665,55	88,74	13,31
Concentré	1,79	1,73	113,56	47,88	14,39
Total	16,58	11,34	779,11	136,62	27,7
Total - Besoins vache tarie	-	5,14	281,11	54,62	- 26,8

Tableau 6 : Calcul de ration pour vaches tarées à 9 mois de gestation

	Kg de MS	UFL/j	PDI (g/j)	Ca (g/j)	P (g/j)
Besoins d'une vache tarie	-	7,3	577	91	57,5
Foin (vesce-avoine)	14,79	9,61	665,55	88,74	13,31
Concentré	1,79	1,73	113,56	47,88	14,39
Total	16,58	11,34	779,11	136,62	27,7
Total - Besoins vache tarie	-	4,04	202,11	45,62	- 29,8



Figure 8 : Fourrages verts distribués pour les vaches en lactation (photo personnelle)

3.5. Paramètres liés à l'animal

35.1. Indice de propreté du pied

D'après les résultats sur la figure 9, 45,83% (55) des vaches présentent un score 2, tandis que 40% (48) ont un score 3 et 14,16% (17) ont un score 4.

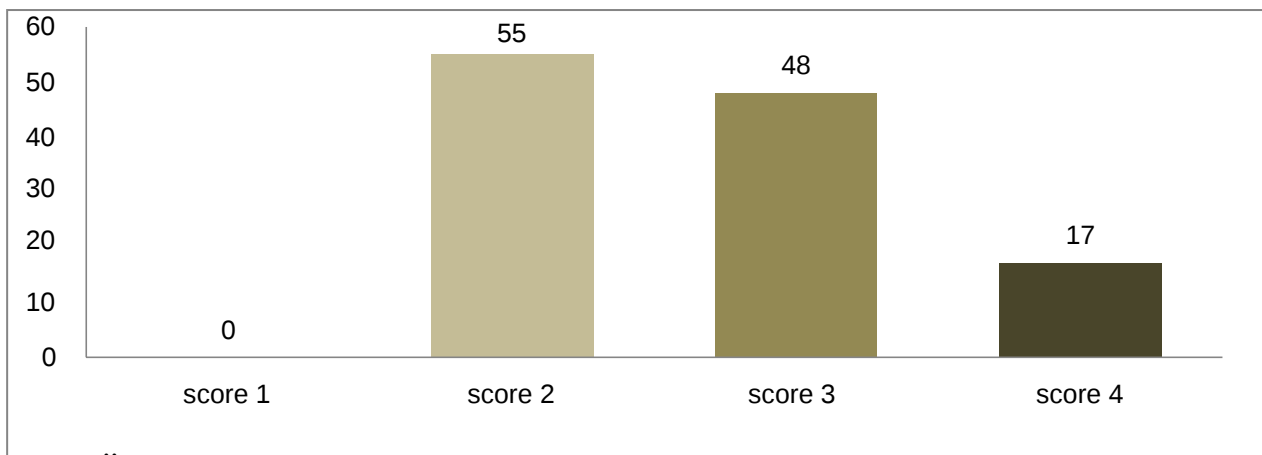


Figure 9 : État de propreté des pieds (bâtiment principal)

La figure 10 montre que 85% (17) des vaches ont un score de propreté 1 (figure 11) et 15% (3) ont un score 2 (figure 12) dans le bâtiment de vêlage.

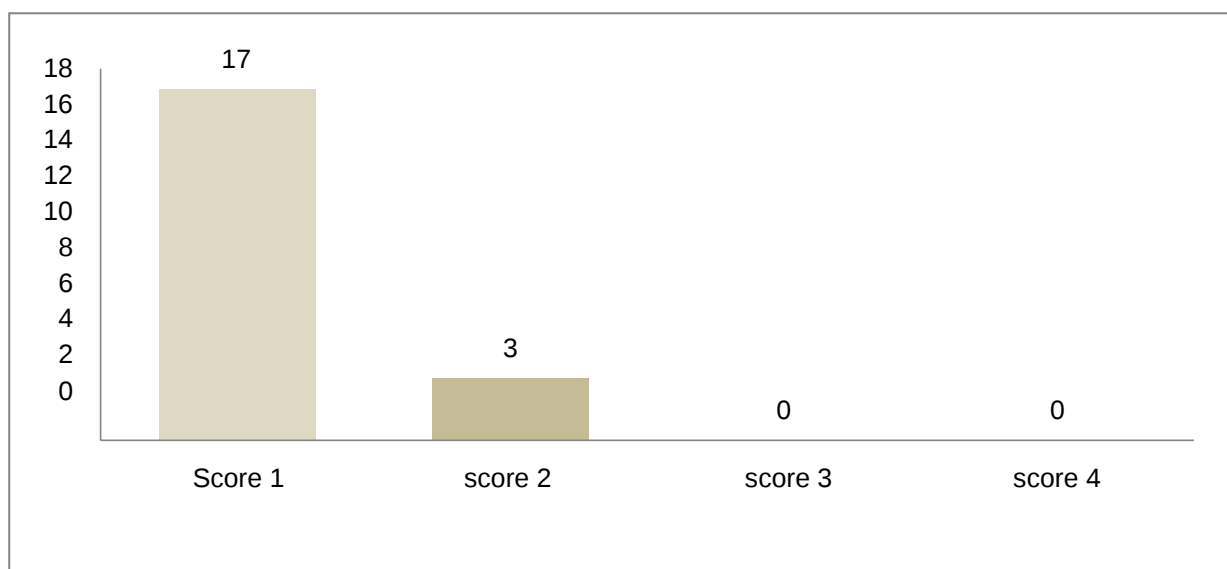


Figure 10 : État de propreté des pieds (bâtiment de vêlage)



Figure 11 : Indice de propreté = 1 (photo personnelle)



Figure 12 : Indice de propreté = 2 (photo personnelle)



Figure 13 : Indice de propreté = 3 (photo personnelle)

3.6. Évaluation de l'état corporel des vaches

Selon la figure 14, la note de l'état corporel des vaches en lactation est majoritairement située entre 2 et 2,5 (vaches maigres), avec un taux de 55% (44) tandis que 31,25% (25) des vaches ont une note corporelle entre 3 et 3,5 (bon état général), et 13,75% (11) présentent un BCS inférieur à 2 (très maigres), sans prendre en compte les vaches de race Montbéliarde.

Concernant les vaches en tarissement, la figure 15 montre que :

- 60% (33) des vaches tarées ont un score entre 2 et 2,5
- 38,18% (21) des vaches ont un bon état général
- Pas de vaches grasses au sein de l'élevage. Cependant, une seule vache est notée très maigre.

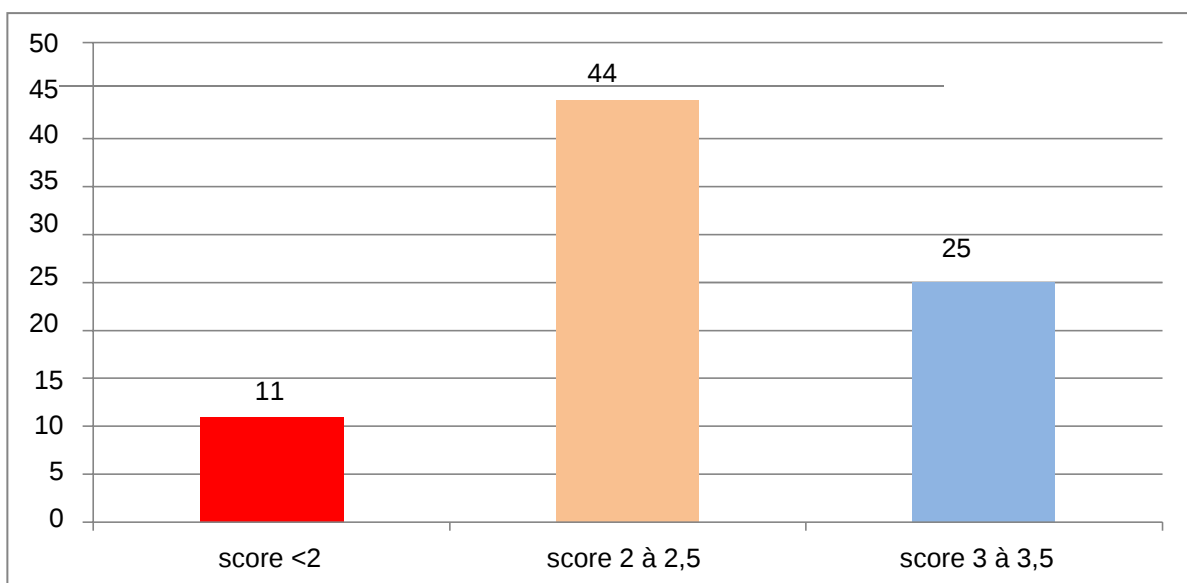


Figure 14 : État corporel des vaches en lactation

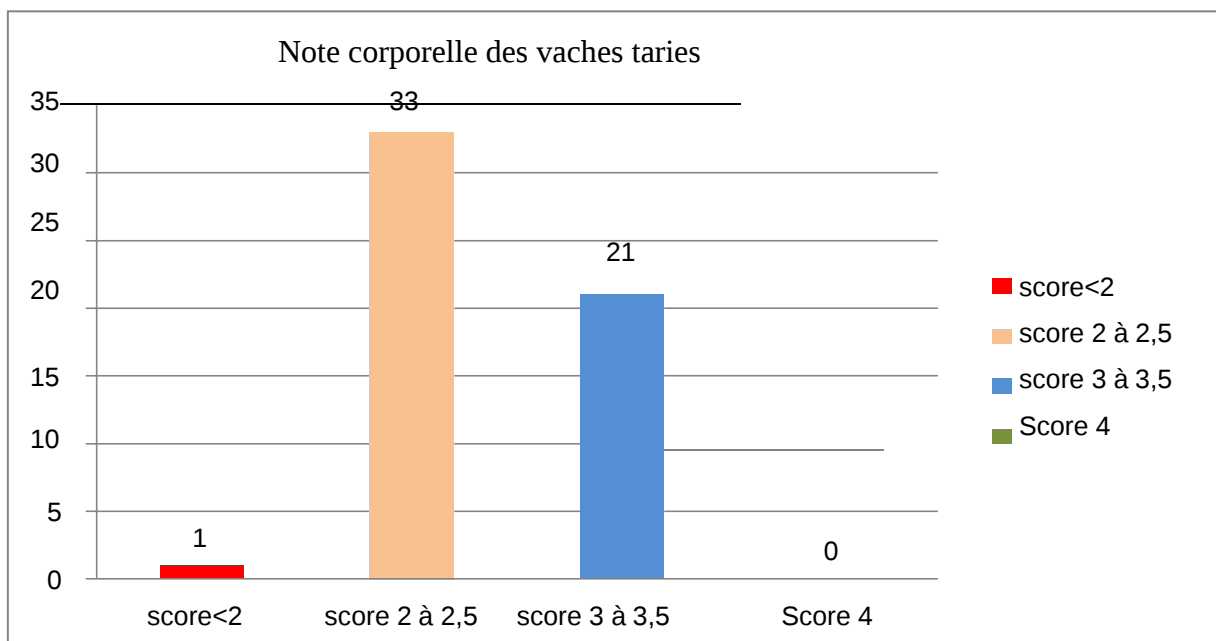


Figure 15 : État corporel des vaches tarées



Figure 16 : Score 1 vu de profil et de derrière (photo personnelle)



Figure 17 : Score 2 vu de profil et de derrière (photo personnelle)



Figure 18 : Score 3 vu de profil et de derrière (photo personnelle)

4. Discussion

4.1. Paramètres liés à l'habitat

4.1.1. Sol

Le bâtiment des vaches laitières (bâtiment principal) a un sol en béton rainuré (plein), dur. Ce type de sol favorise les micro-traumatismes sur les pieds et l'infection des animaux. Il augmente ainsi le risque de boiteries. Soumers *et al.* (2005) ont montré le désavantage significatif du béton (rainuré ou non) par rapport aux caillebotis et à l'aire paillée.

Une fréquence des boiteries d'origine infectieuse est plus élevée avec des sols pleins, bétonnés (Haufe *et al.*, 2005), potentiellement en lien avec la propreté des pieds. De plus, la prévalence des lésions du sabot augmente sur des sols bétonnés par rapport aux litières paillées (Webster, 2002 ; Soumers *et al.*, 2003), aux caillebotis (Frankena *et al.*, 1992) et aux sols en caoutchouc (Hultgren et Bergsten, 2001).

4.1.2. Litière, hygiène et fréquence de raclage

L'absence de litière au sein du bâtiment des vaches laitières serait un signe de manque d'hygiène et de défaillance du système d'assainissement pour assurer le bien-être des animaux, de plus la litière améliore le confort des animaux.

Une fréquence de raclage de deux fois par jour est jugée insuffisante. Cook (2002) recommande de racler trois fois par jour, comme fréquence minimale, pour assurer une bonne hygiène. En effet, le raclage fréquent peut aider à réduire les conditions humides et non hygiéniques sur le sol, et à minimiser le contact de la corne du sabot avec le fumier. En outre, le fumier peut inclure des produits chimiques nocifs qui endommagent la corne. Le fumier constitue aussi un bon refuge pour les micro-organismes qui peuvent infecter la peau (Bergsten, 2004).

Il est essentiel de maintenir les sabots propres et secs pour éviter les boiteries ; les sols doivent également rester propres et secs, avec une litière confortable, pour encourager les vaches à se coucher (Cramer et McDowell, 2012).

4.1.3. Pédiluves

L'absence de pédiluves représente une défaillance en termes de prévention contre les affections podales contagieuses, notamment la dermatite digitée, la dermatite interdigitée et le panaris. Leur mise en place peut s'avérer le moyen le plus rapide et le plus efficace pour contrôler ces affections (Nuss, 2006).

414. Type de stabulation et pratique du zéro pâturage

L'absence de la pratique du pâturage, en raison de la taille de l'exploitation, et la déviation vers une stabulation libre avec un sol dur, sans accès à l'extérieur, se répercute directement sur la structure du pied (Mulling, 2012).

Chez les vaches primipares Holstein, une solidité des membres et des pieds sont meilleurs au pâturage, comparé au système de stabulation (Onyiro et Brotherstone, 2008). La fréquence des boiteries et le pourcentage de genoux enflés sont moins fréquents dans les troupeaux avec accès au pâturage que dans les troupeaux sans. C'est dans les systèmes en stabulation libre, sans accès au pâturage, que les boiteries sont les plus fréquentes (Haskell *et al.*, 2006).

Un accès au pâturage de courte durée (quatre semaines) améliore la mobilité des vaches laitières boiteuses de manière significative, alors que l'état des vaches boiteuses logées en étables reste stable ou s'aggrave (Hernandez-Mendo *et al.*, 2007)

415. Ventilation

Le bâtiment principal a une implantation qui s'oppose aux vents dominants, de type ouvert. Une circulation d'air optimale, sans courants d'air, permet une meilleure ventilation, ainsi qu'une élimination des gaz toxiques (ammoniac) afin d'éviter diverses maladies (Dudouet, 1999), et d'évacuer un maximum de chaleur afin d'assurer la régulation thermique des animaux, et un renouvellement d'air frais et sain.

4.2. Paramètres liés à l'alimentation

Il faut prendre en considération qu'un rationnement théorique est forcément approximatif, avec des marges d'erreurs pouvant atteindre 10 à 20%.

Pour savoir si la ration est équilibrée, la formule suivante doit être appliquée :

$$(PDIE_T - PDIN_T) / UFL_T$$

Si le rapport entre azote et énergie est ≤ 12 , la ration de base est jugée équilibrée. Dans le cas contraire, si le rapport est > 12 , la ration est jugée déséquilibrée (Table de l'INRA, 2007).

421. Appréciation de la ration des vaches en lactation

Le rapport azote / énergie donne une valeur de 12,30, donc la ration est en légère déséquilibre et la quantité du lait permise par cette ration est d'environ 29 litres, Cela est expliqué par un excès en azote (PDIN et PDIE) et en UFL.

Si on considère que les quantités données sont réellement consommées en totalité, cette ration permet de fournir 29 litres (tableau 3), tandis que la quantité moyenne produite par vache et par jour est seulement de 10 litres.

Un apport en excès d'azote dégradable favorisera l'augmentation des rejets azotés urinaires (Faverdin et Vérité, 1998). Ces urines peuvent présenter plus de 80% de l'azote total pour les régimes très excédentaires ou des animaux suralimentés. Lorsque l'apport d'azote dégradable dans la ration est excessif, certains auteurs ont remarqué qu'une production accrue d'ammoniac provoque un arrêt de la motricité ruminale et une diminution importante de l'activité microbienne, ainsi qu'une baisse significative de l'appétit (Kertz *et al.*, 1983 ; Choung *et al.*, 1990).

L'azote soluble en excès peut potentiellement et indirectement augmenter le risque de déficit énergétique par le processus de détoxification hépatique de l'ammoniaque qui est consommatrice d'énergie (Wolter, 1981 ; Huber, 1982 ; Bourland, 1998). Cela pourrait expliquer les pertes en UFL non utilisées pour la production laitière.

422 Appréciation de la ration des vaches en tarissement

Toutes les vaches tarées reçoivent la même ration, quel que soit le mois de gestation. De plus, les vaches proches du terme ne reçoivent pas de fourrage.

Si on considère que les quantités distribuées sont consommées entièrement, les résultats montrent un excès en azote, en calcium, et un déficit en phosphore (tableaux,4,5,6).

L'excès d'azote durant le tarissement favorise le déficit énergétique *via* le processus de détoxification de l'ammoniac en urée. Cet excès entraîne un risque accru en termes de santé animale, car il favorise les pathologies telles que les métrites après la mise-bas (Barnoun et Chacronac, 1992).

Le déséquilibre entre calcium et phosphore, plus particulièrement l'excès en calcium, peut exposer la vache à la fièvre vitulaire après vêlage (Araba, 2006).

De manière générale, quel que soit le stade physiologique, le déficit énergétique conduit la vache à mobiliser les graisses de son organisme pour répondre à ses besoins, donc conduit à un amaigrissement et une perte d'état corporel. Ces vaches ont un risque plus élevé de développer des maladies, dont les affections podales, et plus particulièrement des lésions d'origine non infectieuse telles que l'ouverture de la ligne blanche et les ulcères de la sole (Machado *et al.*, 2011).

Cela suggère que pour les lésions d'origine infectieuse, le déficit énergétique semble peu impliqué (Dumont et Martin, 2017).

4.3. Paramètres liés à l'animal

431. Évaluation de l'état corporel

4.3.1.1. État corporel des vaches tarées

Les résultats de l'évaluation de l'état corporel (figure 15) montrent que plus de 60% des vaches ont une note comprise entre 2 et 2,5, ce qui ne répond pas aux recommandations.

Ferre (2003) recommande une note comprise entre 3,5 et 4 au tarissement. Cette note doit être maintenue jusqu'au vêlage pour obtenir un niveau de santé et de performances satisfaisantes au début de la lactation suivante (Ferguson *et al.*, 1996 ; Domec *et al.*, 1997).

Par conséquent, une notation corporelle comprise entre 2 et 2,5 aura des conséquences négatives sur la santé des vaches en début de lactation, dont les affections des pieds et les boiteries.

4.3.1.2. État corporel des vaches en lactation

La note corporelle des vaches est variable selon le stade de lactation : des valeurs comprises entre 2 (figure 17) et 3 (figure 18) pour les vaches en début de lactation (Remond, *et al.*, 2003), entre 2,5 et 3 pour les vaches en milieu de lactation (Adas, 2001) et entre 3 et 3,5 en fin de lactation (Hanzen *et al.*, 2001) sont recommandées.

Si on considère que 86,25% des vaches ont une note comprise entre 2 et 3,5, correspondant à des vaches à différents stades de lactation, les résultats sont globalement proches des objectifs.

À considérer aussi que 13,75% des vaches en lactation ont un mauvais état général ($BCS < 2$) (figure 16), celles-ci peuvent être considérées comme ayant vêlé avec des réserves énergétiques insuffisantes. Cela peut être lié à une ration déséquilibrée, en faveur d'un déficit énergétique, conduisant ainsi la vache à mobiliser ses réserves pour répondre aux besoins de la production laitière. De plus, ces vaches avec BCS compris entre 2 et 2,5 présenteront plus de risque d'être sujettes aux problèmes de boiteries.

432. Évaluation de la propreté des pieds

Un pourcentage de 40% des vaches avec des pieds sales (figure 13) au sein du bâtiment principal constitue un indicateur d'un environnement non hygiénique. Ces résultats sont dus à une fréquence de raclage insuffisante, l'absence de litière et l'absence de la pratique du pâturage. Selon Bell (2009), les pieds sont plus propres et plus secs lorsque les vaches sont dehors. En outre, plus la durée en stabulation est longue, plus les animaux semblent sales (Bosquet *et al.*, 2012).

Environ 85% des vaches logées dans le bâtiment de vêlage ont les pieds propres. Cela peut être expliqué par l'utilisation de matières fécales desséchées comme litière sur terre battue, ce qui offre une meilleure propreté du pied, favorable en termes de confort pour les vaches, par rapport

à des litières plus rugueuses. D'autre part, l'alimentation consommée par les vaches tarées est composée de foin et de concentré, ce qui modifie la nature des matières fécales qui seront plus sèches, par comparaison à l'alimentation des vaches laitières qui est constitué essentiellement de fourrage, et donc une consistance plus molle des excréments.

Conclusion

Durant plusieurs années, les boiteries chez les ruminants étaient considérées comme des problèmes individuels et sans importance. Maintenant que l'on reconnaît leur importance économique, ainsi que leur impact sur le bien-être de l'animal, les boiteries sont en tête de liste des maladies importantes dans les troupeaux.

En effet, notre étude au sein de la ferme pilote montre que celle-ci souffre d'un nombre important de boiteries qui se répercutent tant sur la productivité de l'animal que sur son bien-être. Dans ce contexte, différents paramètres sont investigués, liés à la conduite d'élevage et à l'animal, et qui peuvent être incriminés dans l'apparition de ce taux élevé de boiteries.

Globalement, les résultats des facteurs de risque sont identifiés comme étant principalement liés à l'habitat, tels que le type de sol (bétonné, dur), la fréquence de raclage insuffisante qui témoigne d'un manque d'hygiène, l'absence de litière et l'absence de pédiluves. Ainsi que d'autres facteurs mis en évidence, notamment ceux liés à la conduite d'élevage tels que l'absence d'accès au pâturage, la non-pratique du parage préventif, ou encore le facteur alimentaire où le rationnement est basé sur le stade physiologique et non pas sur le niveau de productivité, de même que l'absence d'affouragement des vaches en fin de tarissement. S'ajoute à cela la teneur excessive en azote de la ration fournie, favorisant ainsi un déficit énergétique.

Néanmoins, la détection de tous ces facteurs ne suffit pas pour limiter et réduire le taux élevé de boiteries au sein de cette ferme. Une connaissance approfondie des facteurs responsables de leur apparition est tout aussi indispensable.

Ce qui amène à inciter le personnel de la ferme à mieux maîtriser la conduite d'élevage en suivant certaines recommandations essentielles :

Recommandations

Afin d'agir sur les facteurs de risque prédisposant les vaches laitières aux boiteries au sein de cet élevage, les recommandations suivantes sont proposées :

1. En ce qui concerne l'habitat et le confort des animaux :

- Préférer, au sol bétonné, un système de caillebotis intégral pour une meilleure hygiène, ou utilisation de litière à base de paille suffisante et de bonne qualité, sèche et renouvelée périodiquement, ou encore un tapis en caoutchouc ;
- Le sol de la stabulation et des logettes doit être toujours sec, propre et non glissant ou traumatisant ;
- Augmenter la fréquence de raclage, trois fois par jour, considéré comme fréquence minimale, afin de diminuer le contact avec les matières fécales ;
- Mise en place de pédiluves dans les couloirs de sortie de traite ou dans la zone de transfert, entre la salle de traite et l'aire de vie, comme prévention permettant de diminuer la charge microbienne entre les onglons.
- Favoriser l'accès au pâturage pour prévenir certaines affections du pied et améliorer la mobilité des vaches boiteuses.
- Réaliser un parage préventif à intervalles réguliers, au moins tous les six mois.

2. En ce qui concerne la conduite alimentaire :

- Rationner les vaches en fonction de leur stade physiologique : début ou pic de lactation, et tarissement ;
- Séparer les vaches taries en deux groupes en fonction du stade de gestation, pour éviter un amaigrissement excessif *post-partum* ;
- Effectuer un calcul de la ration pour couvrir réellement les besoins des vaches, en évitant le phénomène de gaspillage ;
- Corriger la ration de base en utilisant, selon la nature du déficit, un complément de correction adéquat ;
- Analyser les aliments pour connaître leur composition et donc leur valeur alimentaire réelle ;
- Éviter les carences : pierre à lécher et CMV (complexe minéral vitaminé).

Références bibliographiques

- Adams RS, 1995.** Calculating drinking water intake for lactating cows, In: Dairy reference manual (NRAES-63), Ithaca, NY: Northeast Regional Agricultural Engineering Service. 28-32.
- Araba A, 2006.** Conduite alimentaire de la vache laitière. Transfert de technologie en agriculture, n° 136. 5.
- Barnouin J, Chacornac JP, 1992.** A nutritional risk factor for early metritis in dairy farms in France. *Prev. Vet. Med*, 13, 27-37.
- Bedouet J, 1994.** La visite de reproduction en élevage laitier. *Bull. Group. Tech. Vét*, 5B, 489 pages, 109-129.
- Bell, 2009.** Article extrait de la revue Cow Management - Mars Traduit de l'anglais par Multi Service Bovin.
- Bergsten C, 2003.** Causes, risk factors, and prevention of laminitis and related claw lesions. *Acta veterinaria scandinavica*, suppl. 98, 157-166.
- Bicalho RC, Vokey F, Erb HN, Guard CL, 2007.** Visual locomotion scoring in the first seventy days in milk: Impact on Pregnancy and Survival. *Journal of Dairy Science* 90 (10): 4586-91. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0297>.
- Bicalho, RC, VS Machado, LS Caixeta, 2009.** Boiteries chez les bovins laitiers : une maladie débilitante ou une maladie de bétail ? Une étude transversale de la prévalence de la boiterie et du coussin numérique. *J. Dairy sci.* 92: 3175-3184.
- Bizeray-Filoché D, Briand P, Duvauchelle A, Frennet JL, Menard JL, 2017.** Impact des sols de circulation sur la santé des pieds des vaches. Institut de l'élevage.
- Blowey R, 2005.** Factors Associated with Lameness in Dairy Cattle. *In Practice* 27 (3): 154-62. [https://doi.org/10.1136/inpract.27\(3\):154](https://doi.org/10.1136/inpract.27(3):154).
- Borderas TF, Pawluczuk B, De Passillé AM, Rushen J, 2004.** Claw hardness dairy cows: relationship to water content and claw lesions. *J Dairy Sci* 87: 2085-2093.
- Bosquet M, Flament B, Lensink J, 2012.** Comparaison de Deux Systèmes de bâtiments d'élevage Bovin Laitier Avec Logettes: Aires d'exercice Bétonnées Raclées et Aire d'exercice Sur Caillebotis Intégral 2012.
- Bouichou EL, 2008.** Étude de cas : Troubles locomoteurs et Comportements nutritionnels des bovins, février 2008. Grand Casablanca. http://www.memoireonline.com/03/12/5502/m_tude-de-castroubleslocomoteurs-d-origine-alimentaire-chez-lesbovins-et-solutions-proposees0.Html.
- Bovins Institut de l'élevage, 2008.** Éditions France Agricole, 4ème édition, 797.
- Brard C, 1994.** Alcalose du rumen fiche n°81.
- Brard C, Poncelet JL, 2005,** Acidose lactique fiche n°83.
- Brouillet P, 1990.** Logement et environnement des vaches laitières : une étude et qualité du lait. *Bull Group. Tech. Vét* 4B, 375, 13-35.
- BTPL, 2013.** Boiteries des bovins, terre net media.
- Cauty I, Perreau JM, 2003.** La conduite de troupeau laitier. Edition France agricole. Paris, 228.
- Choung J, Chamberlain DG, Thomas PC, Bradbury I, 1990.** The effects of intraluminal infusions of urea on the voluntary intake and milk production of cows receiving grass silage diets. *J. Dairy RES*, 57, 455-464.
- Collick DW, Ward WR, Dobson H, 1989.** Associations between types of lameness and fertility. *Vet Rec.*; 125: 103-106.

Cook NB, Bennett TB, Nordlund KV, 2004. Effect of free stall surface on daily activity patterns in dairy cows with relevance to lameness Prevalence. *Journal of Dairy Science*, 87 (9), 2912-2922.

Cook NB, Reinemann DJ, 2002. A toolbox for assessing cow, udder and teat hygiene. Pages 31-43 in Natl. Mastitis Counc. Annu. Mtg. Proc, San Antonio, Texas. Natl. Mastitis Council Inc, Madison, WI.

Cramers G, Lissemore KD, Guard CL, Leslie KE, Kelton DF, 2009. Herd-level risk factors for seven deferent foot lesions in Ontario Holstein cattle housed in tie stalls of free stalls. *Journal of Dairy Science*, 92 (4), 1404-1411.

Cuvelier C, Dufrasne I. Livre d'agriculture, Université de Liège, pp. 74. *Dairy Science* 85 (9): 2250-56: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74304-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74304-X).

Delacroix M, 2008. Les maladies de l'appareil locomoteur. *Maladies des bovins*, 4ème édition. France Agricole.

Delacroix, M, 2000. La dépêche vétérinaire, 73, 3-23. EFSA : www.efsa.europa.eu

Dippel S, Dolzal M. Brenninkmeyer C, Brinkmann J, March S, Knierim U, Winckler C, 2009. Risk factors for lameness in cubicle housed Austrian Simmental dairy cows. *Preventive Veterinary Medicine*, 90 (1-2), 102-112.

Dudouet C, 1999. La production des bovins allaitants. Edition France agricole, pp 38, 39, 40.

Dudouet C, 1999. La production des bovins allaitants. Edition France Agricole 2ème édition, 177.

Dumon H, Martine L, 2017. L'alimentation de la vache laitière, alimentation spéciale. Polycopie d'enseignement ONIRIS, UNV93, alimentation spéciale, 53.

Endreas MI, 2017. The relationship of cow comfort and flooring to lameness disorders in dairy cattle. *Veterinary clinics of North America: Food animal Practice*. 33 (2), 227-233.

Faverdin P, Vérité R, 1998. Utilisation de la teneur en urée du lait comme indicateur de la nutrition protéique et des rejets azotés chez la vache laitière. *Renc. Rech. Ruminants*, 5, 209-212.

Fostier B, 1990. Caractéristiques de l'ambiance dans les bâtiments d'élevage bovin. *Rec. Med. Vét*, 166, 21, 13-118.

Frankena, KAS, Van Keulen JP, Noorhuizen EN, Noordhuizen-Stassen J, Gundelach DJ, De Jong, Saedt I, 1992. A cross-section study into prevalence and risk indicators of digital haemorrhages in female dairy calves. *Prev. Vet. Med.* 14: 1-12.

Froidmont E, Thewis A, Bartiaux-Thill N, 2002. L'urémie (lait/plasma) peut relever un apport excessif de protéines limitant la fertilité des ruminants, 9 : 159.

Galindo F, BROOM DM, 2002. The effects of lameness on social and individual behaviour of dairy cows. *Journal of Applied Animal Welfare Science* 5 (3): 193-201: https://doi.org/10.1207/S15327604JAWS0503_03.

Gourreau JM, Bendali F, 2008. Les maladies de l'appareil locomoteur. *In : Maladies des bovins*. Institut de l'élevage. Éditions France Agricole, 4ème édition, 797.

Gourreau JM, Delacroix M, 2015. Diagnostic des affections des pieds aux différents stades d'évolution. *In : 2015*, 82-89.

Grant RJ, 2011. Where does the time go? Current concepts in time budgeting for dairy cattle. *Wiliamh. Miner Agricultural Research Institute*.

Grant RJ, Albright JL, 2000. Chapter 17 : Feeding Behaviour. *In farm animal. Metabolism and Nutrition*. CABI.

Green LE, Hedges VJ, Schukken YH, Blowey RW, Packington AJ, 2002. The impact of clinical lameness on the milk yield of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 85(9) : 22505 : [https://doi.org/10.3168/jds.S00220302\(02\)74304X](https://doi.org/10.3168/jds.S00220302(02)74304X).

Greenough PR, Finlay J, McCallum A, Weaver D, 1983. Les boiteries des bovins. 2nd ed, Maisons-Alfort ; Le Point Vétérinaire, 441.

Greenough, PR, McCallum A, Weaver D, Wright J, 1983. Les boiteries des bovins. Éditeur : Pt Vét. 2nd Ed, 478.

Guatteo R, Douart A, Fortineau O, 2013. Alimentation et santé du pied des bovins. *Point vétérinaire* (numéro spécial prévention nutritionnelle en élevage bovin), 78-84.

Haskell MJ, Rennie LG, Howell VA, Bell MJ, Lawrence AB, 2006. Housing system, milk production, and zero-grazing effects on lameness and leg injury in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89: 4259-4266.

Hernandez J, Shearer JK, Webb DW, 2001. Effect of lameness on the calving to-conception interval in dairy cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 218 (10): 1611-14.

Hernandez J, Shearer JK, Webb DW, 2002. Effect of lameness on milk yield in dairy cows. *J Am vet med ass* 220: 640-644.

Hernandez-Mendo O, Von Keyserlingk MAG, Veira DM, Weary DM, 2007. Effects of pasture on lameness in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90: 1209-1214 : <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1827>

Huber JT, Limin Kung JR, 1981. Protein and non-protein nitrogen utilization in dairy cattle. *J. Dairy. Sci.* 64 : 1170 – 1195.

Hulsen J, 2006. Signes de pied. Guide pratique pour des onglons en bonne santé. Roodbont éditions, Zutphen (ND), 40.

Hultgren J, Bergsten C, 2001. Effects of a rubber-slatted flooring system on cleanliness and foot health in tied dairy cows. *Prev. Vét. Med.* 52 : 75-89.

INRA, 2007. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux. Valeurs des aliments, Tables INRA 2007. Éditions Quae, Paris, France, 307.

Ito K, Chapinal N, Weary DM, Von Keyserlingk MAG, 2014. Association between herd-level factors and laying behaviour of free stall-housed dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97 (4), 2081-2089.

Kertz AF, Davidson LE, Cords BR, Puch HC, 1983. Ruminal infusion of ammonium chloride in lactating cows to determine effect of pH on ammonia trapping. *J. Dairy Sci.* 66, 2597-2601.

Kujala M, Dohoo IR, Laakso M, Schnier C, Souveri T, 2009. Sole ulcers in finish dairy cattle. *Preventive Veterinary Medicine*, 89 (3-4), 227-236.

Laupretre D, 2017. Chambre d'agriculture du Lot, Chambres d'agriculture d'Occitanie.

Leperlier I, Aubineau T, Geollot S, Lehébel A, Guatteo R, Bareille N, 2014. Efficacité préventive et curative d'une désinfection collective avec Saniblanco Litières® en pédiluve à sec vis-à-vis de la dermatite digitée en élevage laitier. 25e édition Congrès international francophone : <http://www.journees3r.fr/spip.php?article 3901>.

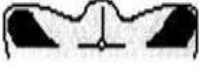
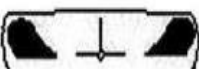
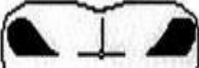
Leroy I, 1989. Diagnostic et suivi d'élevage bovin laitier, approche méthodologique. Thèse de doctorat vétérinaire, ENVA, maison Alfort, pp 212.

Lucey S, Rowlands GJ, Russell AM, 1986. The association between lameness and fertility in dairy cows. *Vet Rec.* 118: 628-631.

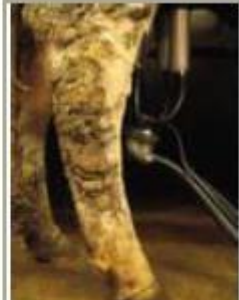
- Machado VS, Caixeta LS, Bicalho RC, 2011.** Use of data collected at cessation of lactation to predict incidence of sole ulcers and white line diseases during the subsequent lactation in dairy cows. *American Journal of Veterinary Medicine* 54 (3), 247-263.
- Machado VS, Caixeta LS, Bicalho RC, 2011.** Use of data collected et cessation of lactation to predict incidence of sole ulcers and white line disease during the subsequent lactation in dairy cows. *American journal of Veterinary*, 72 (10), 1338-1343.
- McFarland DF, 1998.** Watering dairy cattle, In: *Dairy feeding systems management, components and nutrients (NRAES116)*, Ithaca, NY. Natural Resources, Agriculture and Engineering Services.
- Mulling CKW, 2012.** Functional anatomy of the bovine foot-failure of key structures in pathogenesis of claw disease. In: *proceedings of the cattle Lameness Conference, 2012, Sixways, Worcester. Royal Veterinary College, The dairy Group and University of Nottingham*, 9-17.
- Nicolas M, 2019.** Bâtiment d'élevage, Terre-net Média.
- Nielsen C, Stengard L, Bergsten C, Emanuelson C, 2013.** Relationship between herd-level incidence rate of energy-related postpartum diseases, general risqué factors and claw lesions in individual dairy cows recorded at maintenance claw trimming. *Acta veterinaria scandinavica*, 55 (1), 55.
- Nocek JE, Johnson AB, Socha MT, 2000.** Digital characteristics in commercial dairy heeds fed metal- specific amino acid complexes. *Journal of dairy Science*, 2000. Vol 83, n°7, 1553-1572.
- Nuss K, 2006.** Footbaths: The solution to digital dermatitis? *The Vet J* 171, 11-13.
- O'Connell NE, 2014.** Practical solution to digital dermatitis problems. In: *the Dairy Group 2014. Cattle Lameness Conference 7May 2014, Worcester, UK*, 49-53.
- Onyiro OM, Brotherstone S, 2008.** Genetic analysis of locomotion and associated conformation traits of Holstein-Friesian dairy cows managed in different housing systems. *J. Dairy Sci.* 91: 322-328.
- Paul R, Greenough PR, Mac Callum FJ, 1981.** *Lameness in cattle*. 2nd ed, edited by A. Weaver AD.
- Prodhomme J, 2011.** Santé du troupeau du troupeau laitier. *Paysan Breton*. 25nov.-1^{er} déc., 26-29.
- Sainbury D, 1967.** Logement et santé des animaux. 1^{ère} Edition française : Technipel, 5, rue Scribe-Paris 9^{ème}, 7-8, 103-114.
- Seegers H, Beaudeau F, Fourichon C, Bareille N, 1998.** Reasons for culling in French Holstein cows. *Prev Vet Med* 36: 257-271.
- Sherear JK, 2007.** Effect of flooring and /or flooring surfaces. In: *Proceedings of the western Dairy Management Conference. Reno (NV), March a-9. 2007*, 149-156.
- Soumers JGCJ, Frankena K, Noordhuizen-Stassen EN, Metzj HM, 2003.** Prevalence of claw disorders in Dutch dairy cows exposed to serral floor systems, *journal of dairy science*, 86 (6), 2082-2093.
- Sprecher DJ, Hostetler DE, Kaneene JB, 1997.** A lameness scoring system. That uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. *Theriogenology* 47 (6): 1179-87.
- Toholj BM, Cincovi M, Spasojvic S, Ivetiet V, Potkonjak A, 2014.** Évaluation de l'échographie par mesure de l'épaisseur des tissus mous solaires comme prédicteur de la formation d'ulcère.
- Tomlinson, DJ, Mulling CH, Fakler TM, 2004.** Invited review: formation of keratins in the bovine claw: Roles of Hormones, mineral and vitamins in functional claw integrity. *J. Dairy Sci.* 87 : 797.

- Toussainte Raven E, 1992.** Soins des onglons des bovins, parage fonctionnel. Collège de technologie agricole et alimentaire d'Alfred, 1ère Ed, Ontario, 128.
- Tucker CB, Weary DM, 2004.** Bedding on geotextile mattresses: how much is needed to improve cow comfort? *Journal of Dairy Science*, 87 (9), 2889-2895.
- Vagneur M, 2002.** La visite de l'élevage bovin laitier : de méthode au conseil. *In : Journées nationales des GTV, conduite à tenir : de l'animal au troupeau, du troupeau à l'animal*, Tours, France, 29- 31, Mai 2002, 725-763.
- Van Der Tol PPJ, Metz JHM, Noordhuizen-Stassen EN, Back W, Braam CR, Weijs WA, 2002.** The pressure distribution under the bovine claw during square standing on a flat substrate. *Journal of dairy science*, 85 (6), 1476-1481.
- Van Der Tol PPJ, Metz JHM, Noordhuizen-Stassen EN, Back W, Braam CR, Weijs WA, 2005.** Frictional forces required for unrestrained locomotion in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 88: 615-624.
- Vérité R, Rktif S, Faverdin P, 1995.** *Renc. Rech. Ruminants*, 2, 365.
- Warnick LD, Janssen D, Guard CL, Gröhn YT, 2001.** The effect of lameness on milk production in dairy cows. *J Dairy Sci* 84: 1988-1997.
- Webster AJ, 2001.** Effects of housing and two forage diets on the development of claw horn lesions in dairy cows at first calving and in first lactation. *The veterinary journal*, 162 (1), 55-56.
- Webster AJ, 2002.** Effects of housing practices on the development of foot lesions in dairy heifers in early lactation. *Vet. Rec.* 152: 351-358.
- Wells SJ, Garber LP, Wagner BA, 1999.** Papillomatosis digital dermatitis and associated risk factors in US dairy herds. *Preventive Veterinary Medicine*, 38 (1), 11-24.
- Wolter R, 1981.** Alimentation azotée en début de lactation chez la vache laitière à haute production. Conséquences zootechniques et pathologiques. *Rec. Med. Vét*, 157 (11) : 775-783
- Wolter R, 2019.** Alimentation de la vache laitière. Éditions France Agricole, 290.

Annexes

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					

Annexe 1 : Grille de notation corporelle (Wattiaux, 2006)

Note	Note 1 <i>Propre</i>	Note 2 <i>Peu sale</i>	Note 3 <i>Salé</i>	Note 4 <i>Très sale</i>
Vue profil				
% zone couverte ¹	Très peu ou pas	< 50%	> 50%	> 50%
Aspect	Eclaboussures	Eclaboussures	Plaques distinctes	Plaques confluentes
Vue arrière				

Annexe 2 : Grille de notation (Cook, 2006)