

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université IBN-KHALDOUN- Tiaret-

INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES



THESE

En vue de l'obtention du Diplôme de Doctorat En Sciences Vétérinaires

Présenté par :

Mr : OUARED Khaled

Incidence des boiteries sur la production laitière et la fertilité chez les vaches laitières

Jury :

Président : Monsieur MEZIANE Toufik, Professeur, Université de Batna

Directeur de thèse : Monsieur NIAR Abdelatif ; Professeur, Université de Tiaret

Co-Directeur : Monsieur BOUCIF Ahmed ; M.C.A., Université de Tiaret

Examineur : Monsieur AICHOUNI Ahmed ; Professeur, Université de Chlef

Examineur : Monsieur BOUZID Riad, M.C.A., E.N.S.V., Alger

Examineur : Madame GHAZI Kheira ; M.C.A., Université de Tiaret

Année universitaire 2015-2016

REMERCIEMENTS

Au Pr A. NIAR, Directeur de cette thèse, Je le prie de trouver ici le témoignage de ma reconnaissance, et ma plus profonde gratitude à tous jamais, pour l'aide précieuse et les conseils judicieux qu'il m'a prodigué tout au long de ce travail. Encore grand merci.

Au Dr A. Boucif, Co-directeur de cette thèse, qui m'a conseillé tout au long de la réalisation de ce travail, pour son encouragement et sa disponibilité sans aucune limitation. Qu'il trouve ici l'expression de toute ma reconnaissance.

Je tiens à remercier vivement le Pr T. Meziane pour avoir accepté de présider le jury de thèse.

Mes sincères remerciements également aux membres de jury ; il s'agit du Pr A. Aichouni, Dr R. Bouzid et Dr K. Ghazi pour leur disponibilité et d'avoir accepté de juger ce travail.

A tout le personnel de l'Institut des sciences vétérinaire.

Que tous ceux qui ont participé à la réalisation de ce travail de près ou de loin, qu'ils y trouvent mes remerciements les plus sincères.

DEDICACES

Je dédie ce travail

A la mémoire de mon père ;

A ma mère que dieu la garde ;

A ma femme et à mes enfants.

Table des matières

• RESUME.....	I
• ABSTRACT.....	II
• LISTE DES TABLEAUX.....	III
• LISTE DES FIGURES	IV

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Synthèse bibliographique

1. Définition d'une boiterie.....	4
2. Evaluation des boiteries.....	4
3. Anatomie de base du sabot.....	9
4. Différentes pathologies des onglons	12
4.1. Maladies infectieuses de l'espace interdigité.....	12
4.2. Dermatite digitée (piétin d'Italie ou maladie de mortellaro).....	13
4.3. Dermatite interdigitéeet érosion de la corne du talon	17
4.4. Panaris interdigité (phlegmon interdigital ou piétin contagieux).....	20
4.5. Arthrites septiques.....	24
5. Pathologies non infectieuses des onglons.....	25
5.1. Pododermatite aseptique diffuse (fourbure)	25
5.2. Pododermatite circonscrite (ulcère de sole).....	29
5.3. Comportement des vaches boiteuses et facteurs de risques.....	30
6. Evaluation du bien-être des bovins.....	31
6.1. Environnement comme élément important dans le développement des lésions.....	32
6.2.1. Relation entre le confort des stalles, le comportement et l'apparition de la boiterie.....	32

6.2.2. Stress thermique.....	34
6.3. Alimentation.....	35
6.3.1. Hydrates de carbone.....	35
6.3.2. Fibres.....	38
6.3.3. Protéines.....	38
6.3.4. Ensilage.....	39
6.3.5. Biotine.....	39
6.3.6. Oligo-éléments.....	41
6.6. Etat corporel.....	42
6.7. Lactation.....	43
6.8. La biomécanique des membres et aplombs.....	43
7. Impact économique des boiteries.....	48
7.1. Impact des boiteries sur la production laitière.....	48
7.2. Performance de reproduction.....	51
7.3. Impact de la boiterie sur la longévité (réforme, mortalité, abattage).....	52
7.4. Impact économique global des boiteries.....	53

Partie expérimentale

Matériel et méthodes.....	54
Résultats.....	58
Discussion.....	68
Conclusion générale et perspectives.....	82
Références bibliographiques.....	84

Résumé

La boiterie chez les vaches laitières est une maladie à étiologie multifactorielle et représente l'un des trois problèmes majeurs de santé après la mammite et l'infertilité. Cette étude a porté sur l'impact des boiteries sur la production laitière et la fertilité. Nos données ont été récoltées sur une période débutant en 2009, et ont porté sur 488 vaches réparties sur cinq fermes de la région de Tiaret. La prévalence totale des boiteries était de 12,7% dans le troupeau, mais chez les vaches laitières, elle était de 27,97%. Même traitée, la pathologie persiste avec 3,86% et 8,56% dans les troupeaux et chez les vaches laitières, respectivement.

Chez les vaches avec boiterie clinique, la production laitière a été réduite jusqu'à 32,34%, avant que la boiterie ne soit traitée, et de 4,47% après traitement. Cependant, chez les vaches présentant une boiterie chronique, la réduction était de 42,41%. La réduction moyenne individuelle du rendement en lait par jour de lactation était d'environ 3,49 l/j pour l'ensemble des troupeaux, mais chez les vaches boiteuses, cette réduction était de 8,2 l/jour. Même à la suite du traitement, la chute de la lactation reste assez conséquente, et était de 1,1 L, sachant que chez les vaches boiteuses, la chute était de 5,68 L / jour.

Après l'épisode de boiterie, le retard de retour en chaleur a été observé, surtout chez les génisses après le premier vêlage, où des séquelles sont observées (mauvais indice corporel), même après traitement. L'intervalle entre vêlages estimé, variant de 418 à 465 jours.

L'affection la plus fréquente était le panaris (30,64 des boiteries) suivie par le fourchet (25,19 % des cas) et les arthrites (12,90 %) alors que les boiteries chroniques représentaient 17,74 % des cas de boiteries.

En conclusion, l'impact des boiteries cliniques sur la production laitière est très significatif, d'où l'importance de son identification et surtout de son traitement précoce.

Mots clés : Vache laitières ; boiteries cliniques, impact, prévalence ; production laitière ; fertilité.

ABSTRACT

This study investigates the impact of lameness on milk yield. Lameness in dairy cows is an important disease with a multifactorial etiology and represents one of the three most common health problems, after infertility and mastitis. This paper investigates the impact of lameness on milk yield. Lameness in dairy cows is an important disease with a multifactorial etiology and represents one of the three most common health problems, after infertility and mastitis. The dataset includes 488 cows on five farms in Tiaret area, Algeria, collected over 12 months starting in 2009 till 2014.

Total prevalence of lameness was of 12.7 % but in dairy cows it was of 27.93 % even treated the pathology remains with 3.86 % and 8.56 % in total herds and in dairy cows respectively.

In clinically lame cows, milk yield was reduced from up to 32.34 % before a case of lameness was treated and for 4.74 % after treatment but at cows with chronic lameness the reduction was of 42.41 %.

The total mean estimated reduced milk yield per day-lactation was approximately 3.49 liters in herds but in individual lame cow it was of 8.2 l. As well, following treatment, the fall of lactation remains considerable, it was of in 1.1 l knowing that in cows with chronic lameness the fall is of 5.68 l par day.

Estimated calving interval varied between 418 and 465 days.

Whitlow was the most frequent affection (30.64 % of lameness) followed by crotch (25.19 % of cases) and arthritis (12.90 %) when chronic lameness represented 17.74 % of total lameness.

We conclude that clinical lameness was important with a significant impact on milk production. This is important information for assessing the economic impact of clinical lameness and its impact on cow health. It adds weight to the importance of early identification of clinical lameness and the urgency of techniques to improve the definition of this highly subjective diagnosis

Key words: dairy cows; clinical lameness, prevalence; milk production.

Liste des photos

Photo 1 : Illustration des différents stades lésionnels de la dermatite digitée (DD)	16
Photo 2 : Maladie de Mortellaro : gros plan après nettoyage à l'eau	16
Photo 3 : Crevasses en talon.....	19
Photo 4 et 5 . Inflammation de la peau de la région du talon et de l'espace interdigité.....	20
Photo 6 . Phlegmon interdigital ou piétin. Tissus nécrotiques dans la région interdigitale.....	23
Photos 7 et 8 : Super piétin. La nécrose de la région interdigitale est extensive.....	23
Photo 9 : Fourbure chronique, sillons.....	28
Photo 10 : Hémorragie sous solaire (flèches).....	28
Photo 11 et 12 : Ulcère de la sole à l'endroit typique (onglon postéro-externe).....	30
Photos 13 : Note de synthèse sur les postures anormales des vaches.....	46

Liste des tableaux

Tableau 1 : Note de synthèse sur les postures anormales des vaches.....	44
Tableau 2 : Pertes et manques à gagner liés aux boiteries.....	50
Tableau 3 : Prévalence boiteries (%).....	58
Tableau 4 : Incidence des boiteries sur la production laitière.....	58
Tableau 5 : Impact économique des boiteries avant traitement , sur la production laitière.....	59
Tableau 6 : Impact économique des boiteries après traitement sur la production laitière.....	59
Tableau 7 : Nature des affections	60

Liste des figures

<i>Figure 1 : Evaluation de la boiterie</i>	10
<i>Figure 2. : Structure du pied de la vache</i>	10
<i>Figure 3 : Coupe transversale du pied</i>	10
<i>Figure 4 : Fourbures : Causes et séquences des évènements</i>	28
<i>Figure 5. : Description des différentes régions du pied</i>	37
<i>Figure 6 : Pertes économiques liées aux boiteries</i>	47
<i>Figure 7: Impact de la boiterie sur l'ingestion et la production laitière</i>	50

INTRODUCTION

GÉNÉRALE

INTRODUCTION GENERALE

La boiterie et l'un des troubles de santé majeurs en troupeaux bovins laitiers, malgré les nombreux conseils dispensés par les intervenants en élevage. Une des causes de la non-réussite des plans de maîtrise des maladies multifactorielles mis en place dans les exploitations bovines laitières serait la difficulté des éleveurs évaluer les boiteries et à percevoir les répercussions économiques d'une maîtrise insuffisante, et le rapport coût / bénéfice d'un plan de maîtrise mis en place (ROUSSEL *et al.*, 2009 ; SPRETCHEK *et al.*, 1997).

Pendant plusieurs années, les boiteries chez les ruminants étaient considérées comme des problèmes individuels, et sans importance. Cependant, on s'est vite aperçu de leur importance économique, ainsi que pour des raisons de bien-être ; les boiteries sont actuellement en tête de liste des maladies importantes dans les troupeaux. Les boiteries constituent un problème majeur en élevage bovin laitier. Compte tenu de leurs répercussions négatives sur les performances de production laitière (Fourichon *et al.*, 1999 ; Green *et al.*, 2002 ; Enting *et al.*, 1997), de reproduction (Fourichon *et al.*, 2000 ; Morris *et al.*, 2011), et de longévité (Booth *et al.*, 2004), elles représentent le troisième trouble de santé en termes d'impact économique après les troubles de la reproduction et les mammites.

Leur prévalence moyenne dans les troupeaux mesurée au cours d'une visite ponctuelle est estimée à 20-25% (Whay *et al.*, 2003 ; Brulé *et al.*, 2010). Les boiteries sont également reconnues comme une source importante de douleur et d'inconfort pour les vaches et constituent donc une atteinte majeure à leur bien être (EFSA, 2009). La persistance d'une boiterie dépend à la fois de l'affection podale présente et de la détection / prise en charge des vaches boiteuses par les éleveurs (Coignard *et al.*, 2013)

Objectifs de l'étude

Afin d'utiliser le taux de prévalence de la boiterie comme norme de bien-être animal fondée sur les résultats, il importe d'utiliser des mesures fiables et valables pouvant être appliquées à la ferme. Les deux options les plus courantes consistent à :

- Evaluer la boiterie directement, en utilisant une méthode de notation de la démarche,
- Et à déterminer les aspects de la maladie du sabot, qui sont les causes les plus fréquentes de la boiterie.



Dans cette étude, l'évaluation de la boiterie se fera par la méthode de notation de SPRETCHEK *et al.* (1997), méthode universellement reconnue et la plus souvent appliquée, en tenant également compte des facteurs sous-jacents.

L'évaluation des affections des sabots se fera par examen clinique ;

L'évaluation de l'impact des boiteries sur la production laitière ne concernera que les vaches présentant des boiteries pendant les 10 mois de lactation et ce avant et après traitement, avec l'estimation des pertes en nature ;

Enfin, nous allons également étudier l'impact de ces boiteries sur certaines performances de la reproduction.

SYNTHÈSE

BIBLIOGRAPHIQUE

1. Introduction

Au cours des 20 dernières années, la demande croissante pour les produits d'origine animale a entraîné une croissance rapide dans les productions animales, la production laitière n'étant pas des moindres (IDF, 2013). En conséquence, les systèmes de production laitière se sont intensifiées, avec plus de bétail sur les fermes et moins par gardien et une productivité plus élevée par animal (Van Der Straeten *et al.*, 2015). Cette tendance réduit le temps disponible de l'exploitant pour observer et surveiller les vaches et met en péril la santé des vaches, en particulier celles à haut rendement. La boiterie est considéré comme le troisième problème de santé le plus coûteux des vaches laitières, après la baisse de la fertilité et la mammite (Enting *et al.*, 1997).

Néanmoins, la boiterie a non seulement été sous-comptabilisé dans les exploitations agricoles, mais son importance en ce qui concerne le bien-être et la santé de la vache, ainsi que la rentabilité de la ferme a également été extrêmement sous-estimée (Laven, 2013), même si elle induit des coûts directs (traitements médicamenteux, frais vétérinaires et mortalité), et indirects (réduction de la production de lait, des performances de reproduction et de l'espérance de vie) (Gröhn *et al.*, 2003). Les niveaux de prévalence boiteries dans les troupeaux laitiers sont beaucoup trop élevés, atteignant en Europe par exemple jusqu'à 72% (English *et al.*, 2013). Par conséquent, minimiser l'occurrence et l'impact des boiteries est l'un des plus grands défis auquel est confrontée actuellement l'industrie laitière (Huxley., 2013). Malheureusement, de nombreux producteurs laitiers ne sont pas conscients du nombre de vaches boiteuses dans leur troupeau, ou souvent ne disposent pas assez de temps pour les traiter (Leach *et al.*, 2013). Vu que bon nombres d'éleveurs ne remarquent pas ou manquent de temps pour chercher les vaches boiteuses, la technologie des capteurs essaye de mettre au point des systèmes de détection automatisés des boiterie. Généralement, les vaches boiteuses sont détectés par le gardien, le pareur ou le vétérinaire, sur la base des changements de postures de la vache, de son comportement ou de la présence de lésions du sabot (Van Nuffel *et al.*, 2015). Selon Huxley (2012), la boiterie chez les bovins n'est pas une seule maladie, elle est plutôt un symptôme d'un large éventail de maladies différentes. L'étiologie et la pathogenèse de plusieurs de ces maladies restent encore relativement mal connues.

1. Définition d'une boiterie.

Une boiterie est décrite par les mesures 5.1.3.1. et 6.1.3.1. du projet Welfare Quality® (2009), comme une anomalie du mouvement qui est plus évidente lorsque l'animal (et donc les pattes) se déplace. Elle est causée par une réduction de la capacité à utiliser un ou plusieurs membres

de façon normale. Une boiterie peut varier en sévérité d'une mobilité réduite à une incapacité à supporter son poids.

1. Evaluation des boiteries

La boiterie est l'un des problèmes cachés dans une laiterie. La plupart des producteurs laitiers omettent d'accorder plus d'attention à la relation entre la boiterie et la longévité en production de leurs vaches laitières. Garder un œil attentif sur les sabots et l'évaluation des scores de locomotion pourrait grandement aider à améliorer un certain nombre de problèmes auxquels font face les producteurs laitiers, assurant ainsi par cette simple mesure une bonne santé du troupeau. Si les producteurs laitiers prêtaient plus d'attention aux boiteries et à la santé des pieds de leur troupeau, un grand nombre de troubles qui risqueraient d'être rencontrés plus tard seraient largement réduits. Un traitement ainsi précocement instauré réduirait la souffrance animale minimisant ainsi les pertes, et améliorerait les résultats (Shearer et Van Amstel, 2000). Il existe un certain nombre de méthodes de notation de la démarche :

La méthode mise au point par Cook (2003) utilise une échelle de notation à 4 points qui permet d'évaluer subjectivement la vitesse de marche de l'animal, la longueur du pas, la préférence de la vache pour l'utilisation d'un membre en particulier, la réticence à supporter du poids et la courbe du dos. Cette méthode est raisonnablement sensible et spécifique à la détection des lésions de la sole. À titre d'exemple, une vache qui aurait obtenu une notation de 3 ou plus aurait 71 % de chance d'avoir des lésions au sabot, tandis qu'une vache dont la notation est de 3 et moins aurait seulement 40 % de chance d'avoir des lésions au sabot (Cramer, 2007). Notons que cette méthode de notation de la démarche a été utilisée pour évaluer le taux de prévalence de la boiterie dans 38 fermes laitières situées en Ontario (Cramer 2007) et dans 30 fermes laitières situées au Wisconsin (Cook,2003).

La méthode de notation de la démarche établie par Flower et Weary (2006) s'appuie sur sept types de changements dans la démarche de l'animal, comme suit : pas asymétrique, réticence à supporter du poids, abduction ou adduction de la jambe arrière, piste de l'animal, constance du port de tête, flexion de l'articulation et courbe du dos. Plusieurs observateurs s'entendent pour affirmer que cette méthode de notation de la démarche est efficace pour déceler les vaches souffrant d'ulcères de la sole (Flower et Weary, 2006, Flower *et al.* 2007, Rushen *et al.* 2008). À titre d'exemple, dans deux études, la notation globale de la démarche a permis de déterminer correctement que 22 vaches sur 24 (Flower et Weary 2006) et 121 vaches sur 170 (Flower *et al.*, 2007) souffraient ou non d'ulcères de la sole.

Selon le projet Welfare Quality®, il faut évaluer l'animal suivant la présence d'un des indicateurs mentionnés ci-dessous, selon la description pour chaque animal debout, à l'arrêt ou en mouvement, vu par le côté ou de derrière.

➤ **Indicateurs pour un animal en mouvement :**

- répugnance à mettre du poids sur un pied,
- rythme temporel irrégulier entre les posés de pied, poids non supporté de manière égale sur chacun des quatre pieds.

➤ **Indicateurs pour un animal debout à l'arrêt :**

- un pied au repos (poids moins/non supporté sur un pied),
- report du poids d'un pied sur l'autre (« stepping »), ou mouvement répété du même pied,
- debout sur le bord d'une marche.

➤ **Notation chez les vaches allaitante :**

0 = pas de boiterie évidente : animaux ne montrant aucun indicateur listé ci-dessus,

2 = boiterie évidente : animaux montrant un indicateur.

➤ **Notation chez les vaches laitières :**

0 = pas de boiterie : temps du posé et port du poids égal sur les quatre pieds,

1 = boiterie : rythme irrégulier de la foulée,

2 = boiterie sévère : forte répugnance à mettre le poids sur un membre ou plus d'un membre affecté.

➤ **Dans les systèmes où les vaches sont entravées, il n'est pas possible de réaliser une notation en mouvement. Les boiteries sont alors notées grâce aux critères suivants :**

- un pied au repos,
- debout sur le bord de la marche,
- « stepping » ou mouvement répété sur le même pied (attention, ça peut aussi être dû à la nervosité, les mouches ou l'anticipation du repas),
- répugnance à reporter le poids sur un pied lors d'un mouvement (de droite à gauche par exemple).

Notation :

0 = pas de boiterie : la vache ne montre aucun indicateur listé ci-dessus,

2 = boiterie : la vache montre au moins un indicateur listé ci-dessus.

Un critère non développé dans le projet Welfare Quality®, mais essentiel selon Meyer-Warnod (2015) dans la détection des boiteries est le dos voussé : plus la vache a mal aux pieds, plus elle va courber son dos, pour limiter le poids reporté sur ses membre. Sprecher *et al.* (1997) ont développé une échelle allant de 1 à 5 pour évaluer une boiterie.

Cette notation est basée également sur l'observation des vaches debout à l'arrêt et marchant, mais avec une attention particulière portée sur la ligne de leur dos (figure 1).

La méthode élaborée par Sprecher *et al.* (1997) est probablement la plus connue. Elle est fondée sur une évaluation subjective de la courbe du dos, de la longueur des enjambées (courtes), du fait que la vache préfère utiliser un membre au détriment des autres et de la réticence à supporter du poids. Cette méthode a récemment été utilisée pour évaluer la prévalence de la boiterie dans 50 fermes laitières du Minnesota. Les résultats ainsi obtenus ont été relativement fiables (différents observateurs tiraient les mêmes conclusions (Espejo *et al.* 2006).

D'autres méthodes d'évaluation des boiteries basées sur un système de notation de la locomotion ont été développées (Manson et liver, 1998 ; Barker *et al.*, 2010).

Des essais sont également effectués pour la mise au point de moyens de détection automatique des boiteries, quoique ces derniers sont onéreux et loin d'être faciles à utiliser. Cependant, quel que soit le système utilisé, l'utilisation d'un système de notation de la mobilité permet d'identifier significativement plus de boiteries que les estimations faites par l'éleveur (Sarova *et al.*, 2011; Nielsen *et al.*, 2010 ; Pastel *et al.*, 2008; Espejo *et al.*, 2006; Whay *et al.*, 2003 ; Wells *et al.*, 1993).



Figure 1. Evaluation de la boiterie selon SPRECHER *et al.* (1997).

1. Anatomie de base du sabot

Le pied des bovins (interface entre l'animale et son environnement le sol en particulier) est un organe complexe, à la fois solide et très fragile. Il est le reflet de la bonne ou mauvaise santé de l'animal ou du troupeau. **(Delacroix, 2008).**

En anatomie stricte, le pied du bovin est la partie distale du membre postérieur. Il compte 5 parties de haut en bas ; le canon, le boulet, le paturon, la couronne et le sabot. En zootechnie, c'est la partie terminale des quatre membres qui est appelé pied. Chaque pied comprend deux doigts fonctionnels ; le doigt III, externe ou latéral et le doigt IV, interne ou médial, ainsi que deux doigts accessoires, non fonctionnels, situés en face palmaire du pied, en regard de la deuxième phalange. Ils sont appelés ergots et sont les vestiges des doigts II pour l'interne et V pour l'externe (Frandsen et Spurgeon, 1992).

Comme les onglons sont à l'origine de la plupart des boiteries, il est essentiel de toujours les examiner chez un bovin qui boite. Lors de l'évaluation d'un troupeau de bovins, il est essentiel de connaître les structures du sabot afin de diagnostiquer correctement le problème.

Le pied de la vache est formé de deux doigts. Ces doigts sont protégés par un tissu épidermal dur soit la corne. La corne sert de barrière pour protéger les tissus internes du pied et transfère le poids de la vache du squelette au sol.

Chaque sabot est composé de différents tissus : la capsule cornée composée de tissus kératinisés très résistants, de tissu sous-cutané conjonctif le pododerme ou chorion, de nombreux capillaires sanguins, de nerfs, de tissus gras qui servent de coussin, des os et des tendons et ligaments pour tenir en place (figure 2). Chaque doigt est constitué de trois os soit les phalanges. La dernière phalange ou l'os du pied a une surface concave dans sa partie ventrale et est en contact avec le pododerme (figure 3). Étant donné la forme de cet os, il y a plus de pression sur les deux extrémités, ce qui amène une incidence plus grande d'ulcères de sole dans les parties avant et arrière de la sole.

Entourant le pododerme, un réseau important de tissus conjonctifs dans lequel se retrouve des vaisseaux sanguins microscopiques qui amènent l'oxygène et les nutriments pour la formation de la corne.

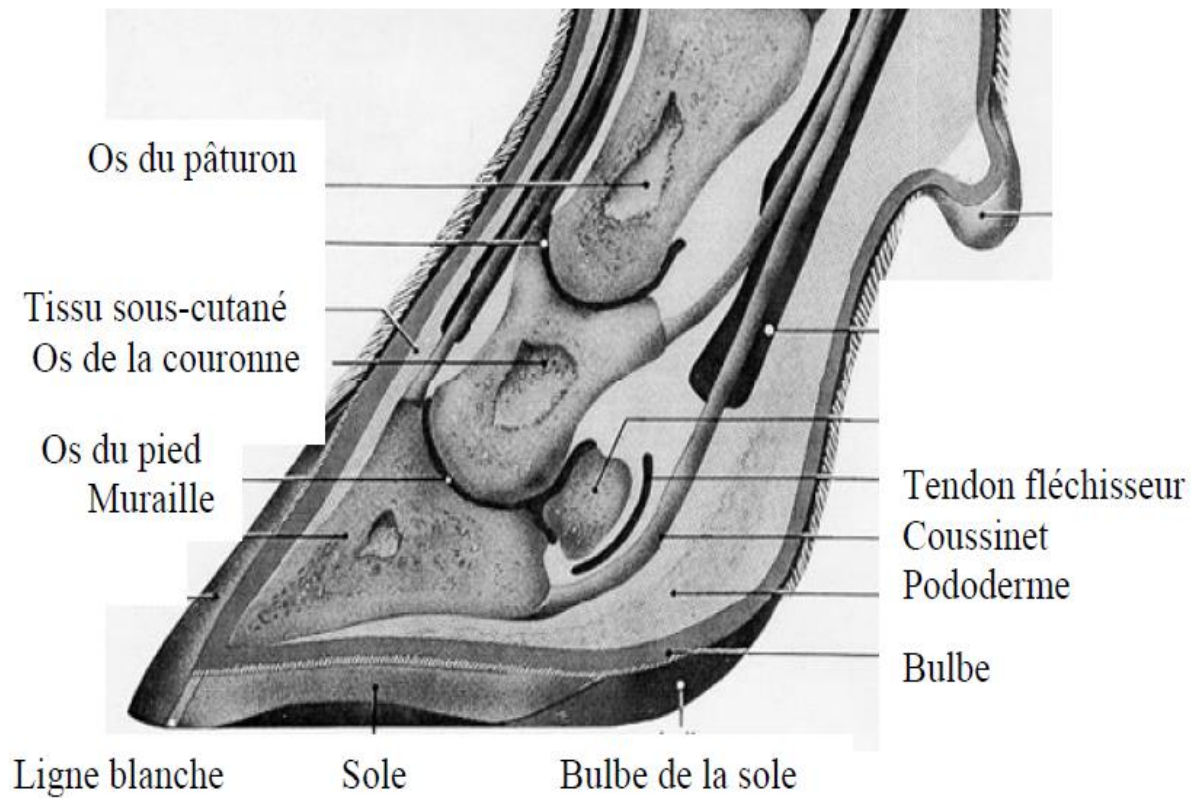


Figure 2. Structure du pied de la vache (RAVEN, 1992)

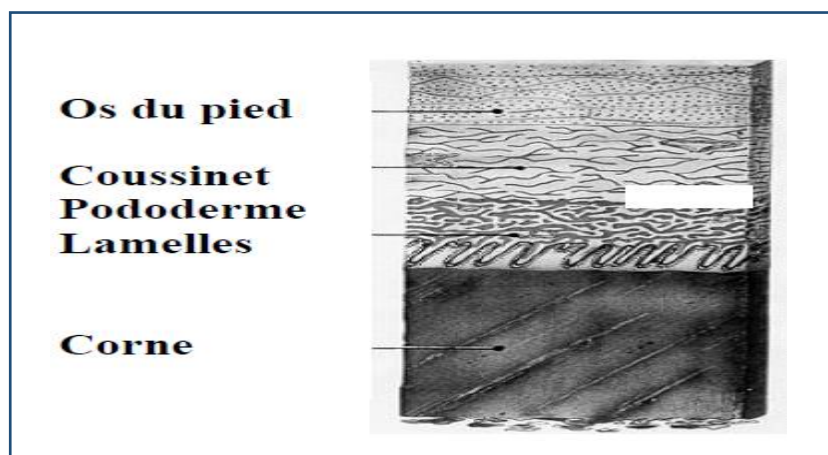


Figure 3. Coupe transversale du pied (RAVEN, 1992)

La dernière phalange et une partie de la deuxième se retrouvent dans le sabot et sont maintenues par le pododerme, les tendons et les ligaments. Le tendon fléchisseur est attaché à la portion dorsale de l'os du pied et quand cette attache entre la portion dorsale et la muraille s'affaiblit, le tendon force l'os à pivoter et provoque ainsi les ulcères de sole à proximité de la ligne blanche.

Les lésions aux pieds peuvent résulter d'une variété de dommages qui arrivent aux cellules du pododerme et aux premières couches de cellules de l'épiderme produisant la kératinisation (kératinocytes) (voir figure 4). Le métabolisme des kératinocytes peut être dérangé pendant des périodes de stress nutritionnel et métabolique.

L'inflammation des tissus peut compromettre l'apport sanguin et l'arrivée de nutriments nécessaires à la kératinisation des cellules affectant ainsi la qualité de la corne produite qui sera moins résistante et se brisera plus facilement. Les régions du sabot où il y a un haut niveau de production de corne, tel que le talon et la ligne blanche, sont sévèrement affectées par ce manque de sang et de nutriments. L'inflammation peut être causée par une multitude d'évènements. Le changement du confort de la stalle (du tapis au ciment), la présence de toxines, l'acidose ruminale ou encore une déficience nutritionnelle en sont des exemples (Blais, 3005).

La muraille, la sole et la ligne blanche sont anatomiquement différentes et ont différentes fonctions. La muraille est rigide, la sole est plus rigide au bout de l'onglon et plus flexible près du talon. La ligne blanche est un joint charnière nécessaire entre la muraille rigide et la sole. La ligne blanche est formée de la muraille et consiste en une corne en lamelles et interdigitée qui permet la flexibilité entre la sole et la muraille (Blais, 3005).

5. différentes pathologies des onglons :

5.1 Les maladies infectieuses de l'espace interdigité

Les boiteries des bovins trouvent leur origine dans le pied dans 90% des cas chez les bovins laitiers d'après une étude en France sur 80 élevages bovins (Faye et Lescourret, 1989). Les maladies des pieds peuvent être regroupées en deux catégories : les maladies infectieuses ou non infectieuses (Teixeira *et al.*, 2010). Les maladies infectieuses à répercussion podale

incluent également des infections systémiques dont la symptomatologie dépasse largement les pieds. Ce sont par exemple la fièvre aphteuse, la maladie des muqueuses, le coryza gangreneux, ou encore la fièvre catarrhale ovine. En cas de boiterie, il faut premièrement écarter l'hypothèse de ces maladies infectieuses systémiques, dont les conséquences sanitaires et économiques peuvent être désastreuses. Les zones du pied les plus vulnérables (d'après les praticiens) sont l'espace interdigité et les structures cornées. Mais les maladies infectieuses touchent essentiellement l'espace interdigité (Weaver *et al.*, 1974) Trois infections sont responsables de la majorité des boiteries podales infectieuses des bovins (Berry, 2009) : le panaris interdigité, la dermatite interdigitée, et la dermatite digitée.

A ces maladies est parfois ajoutée l'érosion de la corne du talon qui est tantôt considérée comme une conséquence, tantôt comme un facteur prédisposant. (Manske *et al.*, 2002).

La conformation de l'espace interdigité joue un rôle évident dans sa vulnérabilité aux objets traumatisants et aux infections : en cas de descente ou chute du boulet, et donc de diminution de l'angle dorsal du boulet, davantage de poids est transféré sur la face plantaire du talon, augmentant les risques de traumatismes sur la partie plantaire de l'espace interdigité. De même, un talon de faible épaisseur rapproche l'espace interdigité du sol, ce qui l'expose aux traumatismes d'une part, ainsi qu'à l'humidité et aux micro-organismes des matières fécales du sol d'autre part. Pourtant, alors qu'on pourrait penser qu'un large espacement interdigité permet d'éviter un milieu confiné et anaérobie, une étude a montré que plus il est important, plus cet espacement est un facteur de risque pour les dermatites digitée et interdigitée (Daniel, 2011).

5.1.1. Dermatite digitée (piétin d'Italie ou maladie de mortellaro) :

Cette maladie fortement contagieuse a été décrite pour la première fois par Cheliet Mortellaro, en 1974 en Italie. Elle a été identifiée par des pareurs en France dans les années 1980, et affecte principalement les vaches laitières en péri-partum (Gourreau *et al.*, 1992) Vers la fin des années 1980, cette maladie fait son apparition en sol nord-américain et commence ses ravages, en particulier dans le sud des États-Unis, principalement chez les grandes fermes laitières de l'État californien. Cette maladie a traversé les frontières américaines pour se retrouver au Canada au milieu des années 1990 (Desrochers, 2005). Elle est considérée actuellement comme la cause majeure des boiteries infectieuses des bovins (Guatteo *et al.*, 2011).

Même si la dermatite digitée a tendance à se manifester par des boiteries moins sévères que d'autres affections podales (Capon *et al.*, 2009, Tadich *et al.*, 2009), sa fréquence et sa persistance la placent parmi une des deux affections podales les plus fréquemment

responsables de boiteries dans les exploitations bovines laitières (Bicalho *et al.*, 2007, Green *et al.*, 2010).

La dermatite digitée est une infection bactérienne causée par un spirochète, très probablement un tréponème. Les premières études ont suggéré que *Borrelia burgdorferi*, l'agent causal de la maladie de Lyme pourrait être impliqué, la corrélation est loin d'être spécifique (Blowey, 2011). Evans *et al.* (2008) ont nommé trois organismes qu'ils considèrent être impliqués, à savoir *T. phagedenis*, *T. moyen* et *T. denticola*. Dans les infections orales humaines une forte association existe entre *F. necrophorum* et tréponèmes (Choi, 1997), et il se pourrait bien qu'une synergie existe dans la pathogenèse de la maladie. Les conditions d'humidité sont importantes pour la prolifération de l'organisme. La transmission expérimentale de la dermatite digitée (Read et walker, 1996) n'a été atteinte que par trempage quotidien du pied avec de l'eau pendant 8 jours, puis en appliquant de l'exsudat frais de dermatite digitée sur la peau scarifiée en utilisant de la gaze. Les lésions de dermatite digitée se sont développées au bout de 14 jours, alors qu'aucune dermatite digitée ne s'est développée sur la peau sèche même après 90 jours. Ceci montre l'importance extrême de conditions environnementales humides dans l'apparition de cette affection.

Il est bien connu que dans n'importe quel troupeau certaines vaches sont atteintes de façon récurrente et sont souvent sévèrement affectées par la dermatite digitée, alors que d'autres, dans le même environnement ne présentent que rarement de lésions voir jamais. Ceci suggère une susceptibilité génétique sous-jacente.

En utilisant une approche de gènes candidats - c'est-à-dire des gènes dont la fonction pourrait jouer un rôle dans la pathologie en question. Blowey *et al* (2011) ont étudié les variations de l'ADN connue sous le nom polymorphismes nucléotidiques simples, dans des gènes essentiels à la fonction immunitaire. L'un d'eux a été associé au HtrA1 (le gène associé à des processus inflammatoires), et un deuxième avec ANAPC (complexe promotion de l'anaphase), le gène associé à la cessation de la mitose.

L'appréciation du statut d'un animal vis à vis de la dermatite digitée repose donc essentiellement sur la visualisation des lésions. La dermatite digitée se manifeste en effet par des lésions caractéristiques, inflammatoires, circonscrites, le plus souvent localisées entre les talons au niveau de la peau bordant l'espace interdigité, avec près de 90% des lésions observées sur les membres postérieurs (Cheli and Mortellaro, 1974, Read and Walker, 1998). Ces lésions sont d'abord érosives puis ulcéraives à granulomateuses, souvent bordées de poils hypertrophiés, et peuvent devenir hyperkératosiques voire prolifératives, formant alors

une masse bourgeonnante, lorsque la lésion évolue de manière chronique (Döpfer, 2009, Döpfer *et al.*, 1997, Read and Walker, 1998).

Du fait de la diversité des caractéristiques morphologiques des lésions observées, il n'y a actuellement toujours pas de consensus sur la définition d'un cas de DD, notion qui reste assez subjective comme en témoignent la variété de systèmes de notation des lésions de DD utilisés (Britt *et al.*, 1999, Döpfer *et al.*, 1997, Manske *et al.*, 2002). Les premiers systèmes développés pour noter les lésions de DD étaient assez complexes et cherchaient à décrire les lésions en prenant en compte chaque caractéristique morphologique d'une lésion séparément (Britt *et al.*, 1999 ; Laven and Hunt, 2000). Ainsi, un score était attribué à la couleur des lésions, un à leur volume, un autre à leur taille, parfois un score était également attribué en fonction du nombre de papilles, de la présence d'exsudation à la surface de ces lésions ou de la douleur induite par la palpation des lésions (Britt *et al.*, 1999). L'addition de ces différents scores aboutissait à une note globale de la lésion. Les résultats des études ayant utilisé ces systèmes de notation pour évaluer l'efficacité de traitements était difficilement interprétables et peu comparables entre études.

Les systèmes de notation plus récents cherchent plutôt à illustrer l'évolution des lésions en différenciant des lésions en début d'évolution, « précoces », de celles qui sont installées, « aiguës », en cours de guérison ou chroniques (Döpfer *et al.*, 1997, Manske *et al.*, 2002). Ces systèmes sont donc plus informatifs, à la fois d'un point de vue clinique et épidémiologique, car ils permettent de prendre en compte à la fois la sévérité de l'atteinte, le potentiel infectieux des lésions, et le sens de l'évolution des lésions, vers une aggravation ou une guérison permettant ainsi de mieux différencier une lésion incidente d'une lésion persistante (Döpfer *et al.*, 1997, Mumba *et al.*, 1999). Le système de notation établi par Döpfer *et al.* (1997) a servi de base à des experts internationaux pour définir un système de notation standardisé (Greenough *et al.*, 2008) et est actuellement le système le plus utilisé, avec 5 stades nommés M0 à M4, M signifiant Mortellaro (Figure 1-1).

M1 correspond à une lésion précoce, M2 est une lésion aiguë, M3 une lésion en voie de cicatrisation, M4 une lésion chronique considérée comme étant cicatrisée et la note M0 est attribuée lorsqu'aucune lésion de dermatite digitée n'a été observée (photos 1) (Döpfer, 2009,

GREENOUGH

et

al.,

2008).

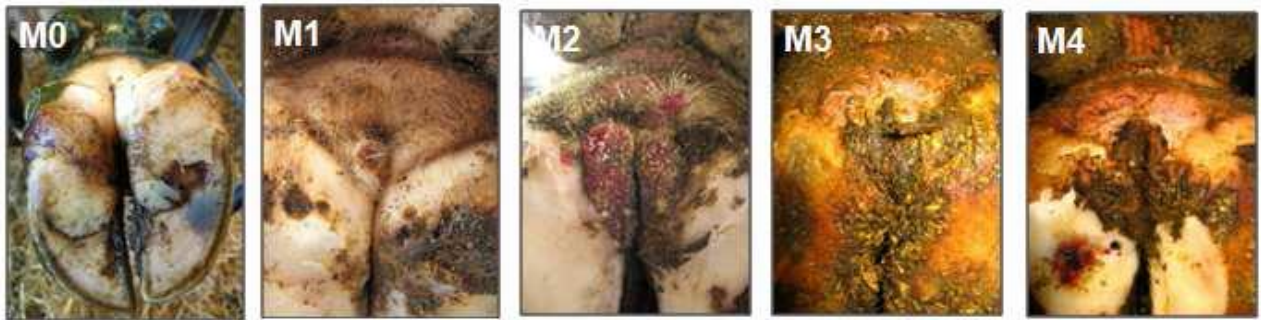
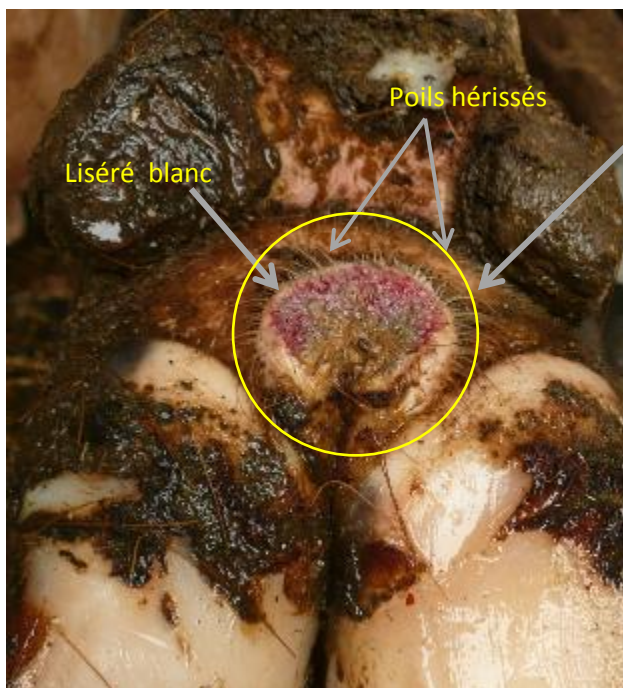


Figure 4 : Illustration des différents stades lésionnels de la dermatite digitée (DD) selon le système de notation décrit par Döpfer (1997) (M0 : absence de lésion de DD ; M1 : lésion précoce ; M2 : lésion aiguë ; M3 : lésion en cours de cicatrisation ; lésion M4 : lésion chronique



Ulcère en arrière des talons, localisation la plus fréquente

Figure 5 : Maladie de Mortellaro : gros plan après nettoyage à l'eau (Pradine, 2011)

5.1.2. La dermatite interdigitée (fourchet ou piétin d'hiver) et érosion de la corne du talon.

La dermatite interdigitée (DI) est une dermatite superficielle de l'espace interdigité, retrouvée le plus fréquemment sur les postérieurs, qui peut être aiguë ou chronique. Elle est également appelée fourchet, et en anglais « foot rot, slurryheel, stinky foot, ou encore scald ». Ainsi, le terme anglais « foot rot » désigne de manière identique le panaris interdigité et le fourchet, d'où les confusions fréquentes dans la littérature de ces deux maladies (Thibaud, 2012).

De grandes confusions existent dans la littérature quant à savoir si la dermatite interdigitée est une entité distincte ou si elle est une combinaison d'une forme chronique de la dermatite digitée confondue avec des étapes d'érosion du talon. La plupart des lésions attribuées à la dermatite interdigitée contiennent des spirochètes de la dermatite digitée, mais un grand nombre de bovins sont dit en être touchés, et cela prédispose à d'autres lésions telles que la dermatite digitée, l'érosion de la corne du talon et l'hyperplasie interdigitée. *Dichelobacter nodosus* est dit être l'organisme communément impliqué, mais un certain nombre d'auteurs contestent son implication dans les affections podales des bovins (Blowey, 2008). Mais il semblerait que deux germes – *Dichelobacter nodosus* (un parasite obligatoire de l'épiderme podal), *Fusobacterium necrophorum* (hôte normale de tube digestive)- agissant en synergie en soit la cause. Leur développement dépend de facteurs de risque liés au troupeau et à sa conduite. Certains chercheurs ont émis l'hypothèse que la dermatite interdigitée et la dermatite digitée peuvent être des formes différentes d'une même entité pathologique complexe (Walker *et al.*, 2002). La dermatite interdigitée et la dermatite digitée partagent plusieurs caractéristiques histologiques identiques ainsi que l'intervention de bactéries spirochètes (Van Amstel et Shearer, 2006). Cependant, d'un point de vue lésionnel les stades précoces des lésions de dermatite interdigitée n'ont pas de bord bien délimité ni le même aspect inflammatoire aigu (Bergsten, 1997).

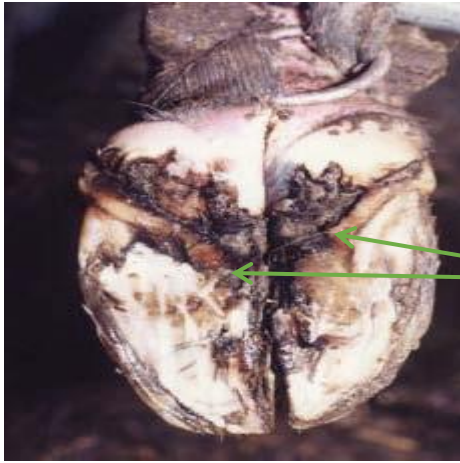
C'est une maladie multifactorielle, elle touche les animaux de tous âges et est extrêmement répandue dans tous les élevages (Institut de l'élevage, 2008). C'est une pathologie assez spécifique des élevages bovins laitiers, en particulier dans des conditions d'humidité élevée et d'hygiène médiocre. Les autres facteurs de risque mis en évidence par Somers *et al.* (2005) sont : l'augmentation de la parité, des sols en béton, des périodes de courtes durées de pâtures, un espacement trop important entre deux parages par un professionnel, l'introduction des vaches taries dans le troupeau laitier plus de deux semaines avant le vêlage. Au contraire, des

logettes plus longues avec des systèmes anti choc pour les articulations diminuent la prévalence de la DI. La DI provoque une inflammation aiguë à chronique de l'épiderme de l'espace interdigité. Cette dermatite s'étend souvent au talon, induisant alors pour certains auteurs l'érosion de la corne du talon (Teixeira *et al.*, 2010). Les lésions sont souvent des découvertes fortuites et sont rarement à l'origine de boiterie (Van Amstel et Shearer, 2006). Elles occasionnent des boiteries en cas d'érosion de la corne du talon. La concomitance entre les 2 entités pathologiques ainsi qu'avec la dermatite digitée a donc même conduit certains auteurs à formuler l'hypothèse d'un complexe ou syndrome digital bovin réunissant les trois affections (Zemljic, 2002). L'érosion de la corne du talon n'est même pas consensuellement reconnue comme une entité pathologique : elle est bien souvent considérée comme une complication de la dermatite interdigitée (Thibaud. 2012). L'inflammation reste le plus souvent confinée à l'épiderme. Les symptômes et lésions sont décrits en deux phases par Delacroix (2008) :

- **Phase 1** : l'affection débute par une inflammation exsudative de la peau de l'espace interdigité. Elle est grise et suintante avec une odeur aigrelette caractéristique. Puis l'inflammation s'étend à la corne du talon, de la partie axiale vers le bord abaxial. Des lésions en « V » apparaissent à ce niveau (**Figure 3, 4 et 5**), elles peuvent être profondes (jusqu'au pododerme). Ce sont ces lésions qui sont assimilées à l'érosion de la corne du talon (Somers *et al.*, 2005b). En talon, l'inflammation diminue la production de corne ; elle l'augmente cependant dans le reste du pied : l'onglon s'allonge et devient plus haut. De plus, les infections chroniques provoquent de l'hyperkératose cutanée, visible sur les faces dorsale et palmaire des pieds, au niveau des replis de peau. Les lésions peuvent être douloureuses au toucher mais sont rarement à l'origine de boiteries

. - **Phase 2** : cette phase symptomatique est due aux complications de la phase 1, en particulier en cas de nombreux facteurs de risques présents dans l'élevage. Le pododerme est lésé par les rebords des fissures en « V » qui le compriment. Le déséquilibre de répartition des charges due à la production anormale de la corne accentue ce phénomène : des contusions apparaissent sur le pododerme qui produit davantage de corne. C'est un cercle vicieux. Les contusions du pododerme sont à l'origine des bleimes (hémorragies) et des ulcères perforants de la sole. Les ulcères font place à des cerises (protrusions du pododerme à travers l'orifice formé par l'ulcère) et à un décollement complet de la corne du talon (Cornelisse *et al.*, 1981 ; Peterse, 1985). A partir de là, le pododerme est accessible aux corps étrangers et agents infectieux qui viennent compliquer les ulcères par des ténosynovites, des arthrites et mêmes

des ostéites. Enfin, certains auteurs considèrent que les « limaces », ou « hyperplasies interdigité » sont des complications de fourchet chronique (Delacroix, 2008)



Les crevasses en talon seraient une conséquence de la dermatite interdigitée ou piétin d'hiver

Figure 6 : Crevasses en talon

<http://www.santedesbouvillons.qc.ca/document/boiteriechezlebovin.html>

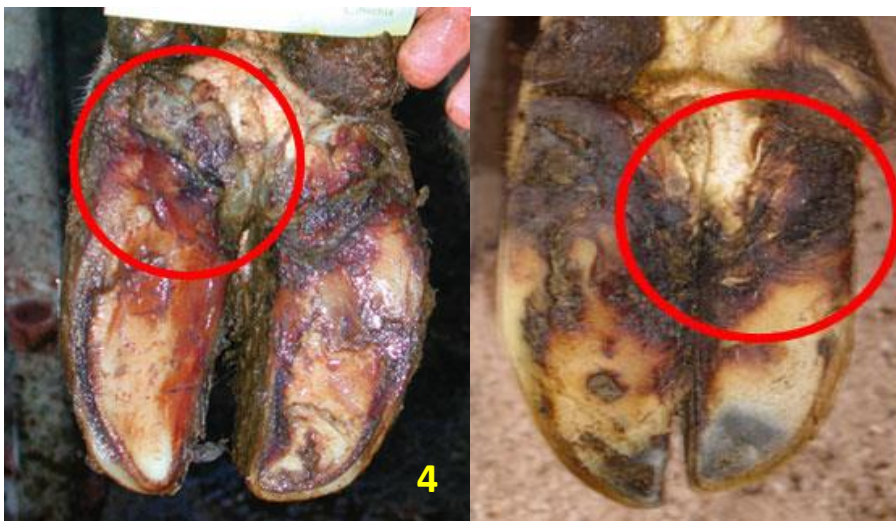


Figure 7 : Inflammation de la peau de la région du talon et de l'espace interdigité. Apparition de fissures en forme de V dans la région du talon <http://www.lely.com/fr/conseil-en-elevage/maladie-du-sabot>

5.1.3. Le panaris interdigité (phlegmon interdigital ou piétin contagieux)

C'est une infection nécrosante subaiguë à aiguë des tissus mous prenant son origine dans une surinfection de lésion de l'espace interdigité (Greenough, 1983) Dans la littérature, il est trouvé sous la désignation de phlegmon interdigité, pododermatite infectieuse, abcès de pied, et en anglais : foot rot, foul in the foot, et plus récemment est apparue la forme suraiguë «

super foot rot » ou super piétin. Le super piétin est une forme suraiguë du piétin conventionnel (phlegmon interdigital). Les premiers cas de super piétin ont été identifiés en Angleterre dans le début des années 1990, vers la fin des années 1990 aux États-Unis et au Québec en 2002. Les études microbiologiques ont isolé *F. Necrophorum*. La souche pourrait être différente de celle du piétin « ordinaire ». Elle produirait une toxine particulière et serait plus résistante aux antibiotiques (Desrochers, 2005). Il touche les bovins de tout âge, mais particulièrement les vaches de moins de quatre ans, dans les deux premiers mois post partum (Grasmuck, 2010). L'atteinte générale entraîne une chute rapide et marquée de la production de lait. D'origine accidentelle, il touche classiquement un seul pied (Van Amstel et Shearer, 2006).

La prévalence du panaris interdigité montre est significativement associée à celle des autres infections de l'espace interdigité, mais le sens de cette association n'est pas encore bien établi (BERRY, 2009). Toute circonstance favorisant les lésions de l'espace interdigité, en particulier les traumatismes ainsi que de mauvaises conditions d'hygiène et une humidité importante favorisent l'entrée des micro-organismes mis en cause dans la maladie. Les causes de lésions traumatiques peuvent être des objets métalliques contendants, des morceaux de bois, un sol accidenté, de la glace et même du lisier ou de la boue desséchée (Shearer, 2009).

Le facteur déterminant de la maladie est une petite plaie non spécifique de l'espace interdigité. Une forte réaction inflammatoire provoque une hyperthermie, une anorexie et une chute de lait pendant 18 à 36h. La plaie est alors colonisée par des germes de l'environnement, dont *Fusobacteriumnecrophorum* dans 90% des cas. D'autres bactéries sont isolées fréquemment, comme *Bactéroidesmelaninogenicus* (51% des cas), *Spirochaetapenortha* (25% des cas), *Dichelobacternodosus*. Ces espèces vivant dans les pâtures, litières, boues..., leur rôle pathogène est discuté (Delacroix, 2007).

Selon Van Amstel et Shearer, (2006) *Fusobacteriumnecrophorum* agirait en synergie avec *Porphyromonasleviui* ou encore *A. pyogenes*, responsable de la suppuration).

Fusobacteriumnecrophorum est une bactérie opportuniste, Gram négatif et anaérobie. Toutes ces bactéries se trouvent à l'état normal dans l'environnement (pâtures, litières, fumiers, lisiers, abords d'abreuvoirs, boues) ainsi que dans le tube digestif (DELACROIX, 2008). D'autres microorganismes opportunistes de l'infection ont été mis en évidence : *Spirochetes*, *Bactéroides*, *Staphylocoques*, *Streptocoques* *Prevotella*, et d'autres espèces de *Fusobacterium*. Il existe différentes souches de *Fusobacteriumnecrophorum*, qui n'ont pas la même virulence, ce qui peut expliquer la gravité des symptômes du « super footrot » ou encore du « superfoul ». (SHEARER, 2005). Ces bactéries produisent des enzymes,

entraînant la nécrose des tissus. Les réactions immunitaires sont contrôlées par *F. necrophorum* (synthèse de leucocidine), ce qui explique la progression rapide de l'infection dans les tissus plus profonds. Des embolies bactériennes peuvent se disséminer dans le foie, le cœur et les poumons.

Les signes cliniques sont dominés par une boiterie subite, franche, parfois sans appui souvent accompagnée d'une atteinte de l'état général. Le panaris peut affecter un ou plusieurs pieds, plus fréquemment des postérieurs. Puis la boiterie s'accroît : elle est accompagnée par des lésions nécrotiques de l'espace interdigital et par une odeur fétide caractéristique de la présence de *Fusobacterium necrophorum*. Il existe une forme de la maladie qui est plus aiguë, et répond moins bien au traitement : elle est appelée en Grande-Bretagne « super foot rot » ou « super foul » (Berry *et al.*, 2009).

Dès le début, le panaris est associé à une hyperhémie de la peau interdigitale. Avant les 18 à 36 premières heures d'évolution, l'espace interdigital n'est que légèrement gonflé, une fausse membrane apparaît sur la peau, et parfois, seule une petite solution de continuité dans le tégument est visible (Greenough *et al.*, 1983 ; Edmondson, 1996).

D'autres lésions sont clairement visibles après l'apparition des premiers troubles : une importante tuméfaction chaude de la couronne diffuse et symétrique (en vue crâniale), plus marquée en faces ventrale et dorsale de la zone interdigitée.

L'évolution est rapide et de nouvelles lésions apparaissent : la tuméfaction et l'infection nécrotique gagnent de proche en proche les ligaments, les tendons, puis le cartilage, les articulations, les os. Le panaris devient alors un phlegmon (Villemin, 1969). Si l'abcès reste localisé, une fistule se forme et la lésion cicatrise. Une fibrose prend place. L'évolution la plus fréquente est un développement exubérant d'un tissu de granulation (Limace).



- Enflure importante symétrique au dessus de la bande coronaire (\neq dermatite digitale) parfois jusqu'au boulet.
- Très nauséabond.
- Lésions nécrotiques dans la région interdigitale sous forme de fissures jusqu'à une cavité de plusieurs centimètres remplie de matériel nécrotique.
- Si non traité, le piétin pourra se compliquer de rupture ligamentaire et d'arthrite septique des articulations adjacentes

Figure 8 : Phlegmon interdigital ou piétin. Tissus nécrotiques dans la région interdigitale (Desrochers, 2005).



Figure 9 : Super piétin. La nécrose de la région interdigitale est extensive (Desrochers, 2005)

5.1.4. Les Arthrites septiques

C'est une inflammation purulente et aiguë d'une articulation : les articulations les plus fréquemment atteintes sont : l'articulation inter-phalangienne distale et l'articulation du boulet (métatarso- ou métacarpo- phalangienne). La localisation inter-phalangienne distale est la plus fréquente des arthrites septiques monoarticulaires chez les adultes (Greenough, et Weaver, 1997). Les évolutions chroniques d'arthrites septiques de l'articulation inter-phalangienne distale sont plus communes chez les bovins que les arthrites septiques aiguës (Desrochers, 2001).

L'arthrite inter-phalangienne distale est le plus souvent secondaire et dépend de l'incidence de l'affection primaire. Les affections primaires seront des maladies podales telles que le fourchet, le panaris, la fourbure, la ténosynovite, des traumatismes, des plaies de décubitus, des infections pulmonaires, mammaires ou utérines, des maladies infectieuses générales ou

une contamination septique à l'occasion d'une arthrocentèse (Greenough, Weaver, 1997). Le phlegmon interdigital et les seimes sont, semble-t-il, les affections primaires les plus fréquemment à l'origine de l'arthrite. La perforation directe de la sole est plus rarement à l'origine de l'arthrite, l'infection dans ce cas s'étend plutôt dans la région péri-articulaire. Cependant la bourse petite sésamoïdienne est un point intermédiaire des infections qui proviennent de la sole (Desrochers, 2001).

Sauf exception, ils s'agit toujours d'une négligence du soigneur lorsqu'elle provient d'une maladie podale (Greenough *et al.*, 1995 ;Desrochers, 2001 ;Delacroix, 2000f ;Greenough, WEAVER, 1997).Si l'évolution est avancée, le signe d'appel est un animal en décubitus suite à une endotoxémie. L'évolution est mortelle à ce stade (Greenough *et al.*,1995).

Le germe le plus souvent isolé dans les cas d'arthrite septique inter-phalangienne distale est *Arcanobacterium pyogenes*. *Fusobacterium necrophorum* semble plus souvent associé aux lésions profondes et des staphylocoques ou des streptocoques peuvent s'associer occasionnellement (Kasari *et al.*, 1998). On trouve également certaines arthrites à mycoplasmes et à salmonelles chez le veau (Delacroix, 2000 f). Le ou les agent(s)infectieux pénètre(nt) dans l'articulation inter-phalangienne soit directement à la faveur d'un objet vulnérant contaminé (barbelés, bois, clou...) qui pénètre dans l'articulation, soit secondairement à une infection locale ou régionale, soit après une phase de pyohémie (Greenough et Weaver, 1997).

On peut suspecter une arthrite septique ipd après trois jours d'évolution d'un panaris interdigital (échec ou absence de traitement).

On constate un gonflement et une chaleur de toute la couronne et de la peau adjacente, une douleur vive à la percussion, à la pression et à la mobilisation de la région distale du doigt, en particulier à hauteur de la couronne. Malgré tout, il est difficile de localiser précisément la douleur, sinon dans la partie palmaire du talon. Le diagnostic est alors confirmé par les signes radiologiques. Parfois, il se produit un écoulement de pus à partir d'une fistule qui apparaît sur n'importe quelle face du pied. On peut sonder cette fistule directement jusqu'à l'articulation. A l'examen des onglons et de l'espace interdigital il est possible d'identifier la lésion d'origine (Desrochers, 2001).

5.2. Les pathologies non infectieuses des onglons :

5.2.1. La pododermatite aseptique diffuse (fourbure) :

La fourbure aigue typique, telle que démontrée chez les chevaux, est rarement observée chez les bovins. L'évolution de cette condition et les signes cliniques sont plutôt discrets et insidieux, d'où l'appellation de fourbure subclinique. L'intérêt pour le confort des vaches en production a stimulé de nouvelles recherches qui prouvent une pathophysiologie unique chez les bovins. L'importance économique de cette condition est sous-estimée. La fourbure subclinique a été incriminée dans la pathophysiologie des ulcères de la sole ainsi que les érosions du bulbe. Certains auteurs démontrent que plus de 65 % de toutes les lésions du pied bovin seraient causées directement ou indirectement par la fourbure (DESROCHERS, 2005).

La pododermatite aseptique diffuse est définie comme étant une inflammation du derme située dans l'onglon. Cette inflammation a des répercussions immédiates sur l'épiderme, responsable de la production cornée et sur la jonction derme/épiderme, intervenant dans le soutien du poids du corps de l'animal. Cette dernière peut alors être rompue entraînant des lésions importantes du sabot associées ou non à une boiterie. Chez les bovins, elle peut sévir avec une incidence très importante, au sein de troupeaux à haute production laitière soumis à de nombreuses pressions (logement, rationnement, productivité) où l'incidence peut alors dépasser les 50% voire même les 75% (RADOSTITS *et al.*, 2000).

L'étiologie et la pathogénie de cette affection ne sont pas encore précisément connues ou restent discutées mais on admet l'origine multifactorielle de la fourbure (BERGSTEN, 2003). Elle se manifeste sous des formes subaiguë, chronique et aiguë, cette dernière étant rare chez les bovins. Cette maladie atteint d'emblée le système circulatoire et la corne du doigt et la manifestation clinique est tardive : ses capacités de guérison sont mauvaises (TOUSSAINT-RAVEN, 1992).

L'équilibre nutritionnel et la gestion des transitions sont les principales causes de la fourbure chez les bovins. L'inadéquation entre les sources énergétiques, azotées et la proportion de fibres totales qui entrent dans la composition du régime est fréquemment rencontrée dans les troupeaux de vaches laitières. L'alimentation des vaches tarées doit également faire l'objet de toutes les attentions, de même celle du troupeau de renouvellement, dès la naissance (BONNEFOY, 2002).

Elle affecte surtout les vaches laitières qui sont soumises à de nombreuses pressions (logement, rationnement, productivité) mais on la retrouve également chez les vaches

allaitantes, les bovins à l'engrais (taurillons) ou encore chez les veaux (9, 13). Un troupeau de vaches laitières hautement productrices peut être touché à 78% (RADOSTITS *et al.*, 2000).

Cette affection survient chez les troupeaux laitiers nourris à l'aide de rations non équilibrées, notamment dans les troupeaux essayant de produire davantage de lait en augmentant la consommation d'énergie, et touche préférentiellement les génisses allant faire veaux ainsi que les jeunes vaches (NOCEK, 1997). la relation fourbure/acidose ruminale est clairement validée par de nombreux scientifiques (64, 65) même si certains détails sont encore manquants (NOCEK ; 1997 ; NORDLUND, 1995)

Plus de 50% des cas de fourbure apparaissant dans un troupeau, surviennent dans la période de 30 jours avant et de 30 jours après le vêlage, d'où l'importance de bien préparer les vaches à cette période pour diminuer l'incidence de la fourbure. Une étude réalisée en 1986 et 1987 (BRADLEY *et al.*, 1989) a montré que des lésions dues à un épisode de fourbure subclinique apparaissent chez

des génisses Holstein dès l'âge de 5 mois. Ces lésions sont tout d'abord légères (chez 55% des génisses de moins de 11 mois) ou même absentes (26% des génisses de moins de 11 mois) mais leur gravité et leur incidence augmentent avec l'âge de l'animal.

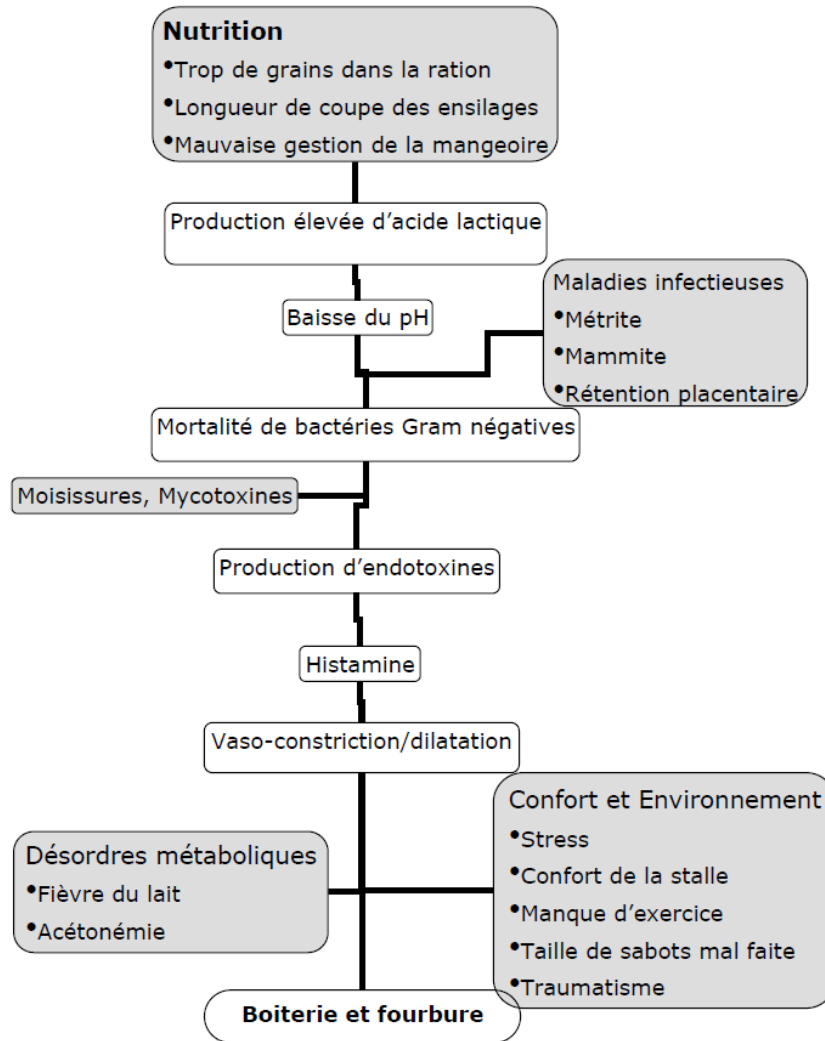


Figure 10 : Fourbures : Causes et séquences des événements (Adapté de NOCEK, 1997)



Figure 11 : Fourbure chronique, sillons horizontaux sur la muraille (Desrochers, 2005)



Figure 12 : Hémorragie sous solaire (flèches). Lésions de fourbure subclinique : anomalies de la ligne blanche secondaires à la fourbure

5.2.2. Pododermatite circonscrite (ulcère de sole) :

Il est décrit comme une solution de continuité dans la corne à l'endroit typique de la sole, bordée par une corne décollée. Le pododerme réagit en produisant une corne qui recouvre peu à peu la lésion. Les ulcères de la sole sont donc fréquemment recouverts par une épaisse couche de corne irrégulière (GRASMUCK, 2005)

Pendant bien des années, l'origine de l'ulcère de sole était associée à une forme de trauma, d'où l'explication classique « elle a pilé sur une roche ». Pour les vaches au pacage, l'explication est légitime, mais on peut douter de cette explication pour les vaches qui sont attachées pendant toute l'année dans l'étable. C'est encore une des lésions des onglons les plus fréquemment diagnostiquées (Desrochers, 2005).

La fourbure affecte la qualité de la corne produite, diminuant sa résistance, et occasionne des ulcères à des endroits bien précis. Il survient ainsi au cours de fourbure sévère, lorsque la troisième phalange s'affaisse au sein de l'étui corné et vient comprimer le pododerme solaire situé juste en dessous (le coussin n'est pas fort pour protéger à ce stade le pododerme). La zone qui subit la plus grande pression est située, de façon axiale ou centrale, au niveau de la jonction entre la sole et le talon et porte le nom de « zone typique d'apparition des ulcères ». En effet, lors de la rotation de la phalange, cette zone est située juste en dessous du processus osseux, sur lequel s'insère le tendon fléchisseur profond, et elle est la première et la plus intensément blessée lorsque cela se produit. (BLONDAUX, 2006)

Les ulcères concernent le plus souvent les onglons postérieurs mais ils peuvent aussi se trouver sur les antérieurs. En particulier, lorsqu'un bovin croise les membres antérieurs lorsqu'il se déplace, il faut suspecter en priorité la présence d'ulcères sur les deux antérieurs. Une douleur est généralement présente lorsque l'on presse la région centrale de l'onglon. L'ulcère est parfois directement visible mais pas toujours. En effet, un cal de corne peut le recouvrir (POSTIC, 2011),

La première lésion visible est une hémorragie localisée de cette zone puis, survient ultérieurement, un arrêt de la production cornée accompagné de la nécrose de la couche germinative de l'épiderme. Cette nécrose entraîne la formation locale d'une dépression cornée dans laquelle le pododerme fait protrusion. Un tissu de granulation va alors se former, faisant

suite aux traumatismes répétés des bords cornés sur le pododerme, lors de la locomotion (BLONDAUX, 2006)

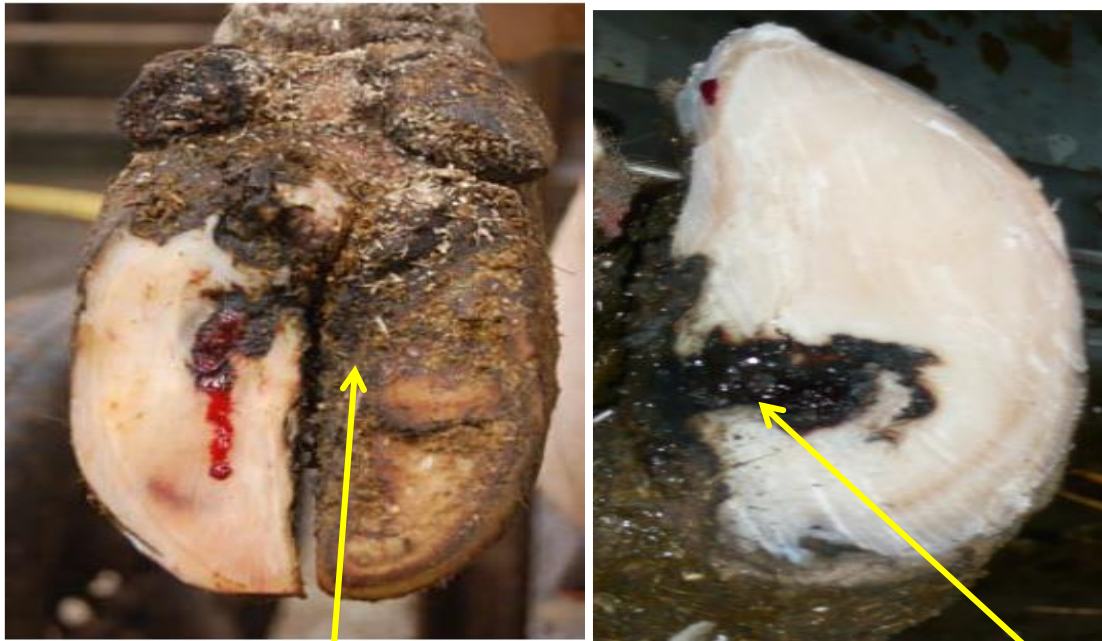


Figure 13 : Ulcère de la sole à l'endroit typique (onglon postéro-externe). Souillures (noires) comblant le trou formé par l'ulcère (PRADINE, 2011, AQUINO, 2009)

6. Comportement des vaches boiteuses et facteurs de risques.

Afin d'accueillir un cheptel de plus en plus conséquent et à potentiel de production élevé, Les systèmes de gestion, de logement et d'alimentation ont changé. Cela s'est traduit par un changement dans les causes des boiteries chez les bovins .Il y a une prise de conscience croissante de l'importance de l'enquête, du diagnostic et du contrôle des boiteries dans les troupeaux. Comme cela est le cas avec la plupart des maladies de production, la cause du problème est susceptible d'être multi- factorielle et souvent difficile d'identifier avec conviction totale (VERMUNT, 2004).

Les différents facteurs de causalité et leur ordre d'importance varient quelque peu entre les pays. Par exemple, au Royaume-Uni, la forme de l'onglon, la génétique (reproduction), le parage et la nutrition tiennent le haut de la classification, tandis que les parcours et les comportements tiennent le bas de la liste. En Australasie, où les vaches laitières sont nourries au pâturage tout le long de l'année, les parcours, la conception du hangar laitier et la gestion du troupeau sont considérés comme des facteurs de causalité les plus importants. Cependant, le rôle de la nutrition est de plus en plus reconnu comme un facteur contribuant à l'étiologie de la boiterie troupeau (WESTWOOD *et al*, 2003).

6.1. Evaluation du bien-être des bovins

Tout animal n'étant pas dans des conditions de vie optimale ou ayant un problème nonrepéré, n'exprimera pas son plein potentiel de production. De nombreuses études sur le bien-être animal ne prêtent pas suffisamment d'attention à la maladie comme un problème de bien-être. La santé des animaux est un élément important de leur bien-être (**BROOM et CORKE, 2002; O'CALLAGHAN, 2002; WHAY *et al.*, 2003; WEARY *et al.*, 2006**), et pour cette raison plusieurs études essayent de mettre en exergue les relations entre le bien-être et la santé avec les différentes maladies et le stress (**FREGONESI et LEAVER, 2001; COOK *et al.*, 2007;.. VON KEYSERLINGK *et al.*, 2009**).

Les maladies des animaux, en particulier celles qui sont source de douleur, et ayant pour conséquence une détérioration du bien-être (**HASSALL *et al.*, 1993; WHAY *et al.*, 1997; O'CALLAGHAN, 2002; WEARY *ET AL.*, 2009**).

La meilleure solution pour atteindre des normes élevées de bien-être animalest d'améliorer la vie des bovins et des personnes qui travaillent avec eux. En dehors de cela, ces solutions doivent répondre à plusieurs questions, telles que le manque d'accès aux pâturages ou si oui ou non les vaches sont exposées à un stress thermique (**VON KEYSERLINGK *et al.*, 2009**)

En consultation avec des experts internationaux du bien-être des bovins, le bien-être des vaches a été évaluée en Angleterre sur de nombreux troupeaux et sur un grand nombre de vaches (**WHAY *et al.*, 2003**). Cinquante-trois fermes laitières ont été visitées au cours de l'hiver 01/2000. le protocole de cette évaluation consistait en trois parties. La première partie a rassemblé des informations sur le troupeau au cours des 12 mois précédents. Ces données concernaient la production (rendement laitier moyen et le taux de conception de premier service), l'incidence des maladies (mammite, boiterie, fièvre du lait) et les morts soudaines ou l'abattage d'urgence. La deuxième partie a porté sur les observations du comportement non troublé, indiquant le nombre de vaches non engagés dans de quelconques activités (ralenties). La troisième partie a porté sur l'analyse les registres de traitement et de l'utilisation des médicaments. L'opinion des experts était conforme sur le fait que l'intervention est essentielle pour améliorer le bien-être des vaches. Ils ont tous convenu que les problèmes les plus graves étaient les boiteries, les blessures aux jarrets et les blessures causées par l'environnement. Enfin, plus de 75% des exploitations agricoles (32 des 53 fermes) ont eu une incidence réduite de la mammite et sur au moins 42 fermes la prévalence de la boiterie a été réduite

6.2. L'environnement comme élément important dans le développement des lésions

Une grande partie de la variabilité de la santé des onglons est associée aux effets environnementaux, y compris les différences en matière de logement, de nutrition et de gestion.

6.2.1. Relation entre le confort des stalles, le comportement et l'apparition de la boiterie

Un manque de confort en position couchée est un bon prédicteur de risque de boiterie, et est d'une grande aide dans l'identification des facteurs de risque dans les fermes laitières (**DIPPEL *et al.*, 2009**).

Le revêtement et la conception du sol interviennent dans le confort de couchage mais également lors du déplacement. La surface en béton sur laquelle les vaches marchent et se tiennent debout a reçu beaucoup d'attention. Lorsque il est lisse, il est glissant, et quand suffisamment rugueux pour donner une adhérence raisonnable, il est très abrasive et provoque des dommages à la corne (**WELLS *et al.*, 1995**).

Un sol en béton entraîne une augmentation des problèmes de pieds (**TELEZHENKO et BERGSTEN 2005**) et les bovins préfèrent les sols moins durs qui absorbent les chocs pour se tenir debout et lors de leurs déplacements (**RUSHEN et DE PASSILLE 2006, TUCKER *et al.* 2006**). L'installation de revêtements plus compressibles et moins glissants, par exemple un revêtement de caoutchouc recouvert d'un matériau mince rugueux, au niveau des couloirs et devant les mangeoires peut donc être bénéfique au bien-être des bovins (**MOUNIER *et al.*, 2007**). Cependant, le coucher des vaches sur tapis mous, en comparaison avec la litière de paille, ne favorise nullement la santé sabot (**WECHSLER *et al.*, 2000**)

Une litière de paille dans les stalles offre de nombreux avantages, tels que l'amélioration du bien-être, principalement à travers le plus grand confort du sol. Il a été montré que tenir les vaches dans de telles conditions offre plus de temps aux bovins pour s'alimenter et pour ruminer (**FREGONESI et LEAVE, 2001; TUYTTENS, 2005**). Il a été montré que les vaches préfèrent la litière de paille à celle de sable. Cependant, la propreté et la santé du sabot étaient meilleurs sur le sable, suggérant une amélioration global du bien-être (**NORRING *et al.* 2008**).

la période sur les pâturages de vaches offre de nombreux avantages ; même un temps relativement court au pâturage amélioré la santé du sabot des vaches (**HERNANDEZ-MENDO *et al.*, 2007**). Des Vaches boiteuses, à la fin d'une période de quatre semaines au pâturage ont une classification numérique moyenne avoisinant deux, mais dans les stalles libres ce score est plus de trois (un score de trois ou plus indique une boiterie clinique). De même, aucune relation n'a été trouvée entre l'indice de confort de la vache (CCI) et l'indice d'utilisation de stalle (SUI), par conséquent, le temps quotidien en position couchée, le

nombre ou la durée de périodes couché ne peuvent pas être recommandées comme méthodes d'évaluation (ITO *et al.*, 2009).

6.2.2. Le stress thermique

En Amérique du Nord, le stress thermique a également été associé à une incidence accrue des boiteries (SPENCER, 2001). Le stress thermique modifie le taux de respiration des animaux (il peut la doubler), la fréquence cardiaque, la réponse immunitaire (réduite) et le comportement (par exemple, les vaches sont debout pendant de longues périodes de temps, ce qui favorise l'accumulation de sang dans les doigts). La Réduction de l'apport d'alimentation, une préférence pour les concentrés plutôt que le fourrage, une perte de salive tampon, des taux respiratoires accrus et une salivation, et une réduction dans le pool tampon totale contribuent tous à un plus grand potentiel pour l'acidose subaiguë rumenale pendant les périodes de chaudes et humides. Cela peut expliquer en partie pourquoi certains troupeaux éprouvent plus de l'acidose et la boiterie en dépit d'être alimenté en rations correctement formulées

les climats secs provoquent un dessèchement et un durcissement de la corne qui se casse et se fissure, tandis qu'un climat chaud et humide ramollit la corne. La chaleur et l'humidité permettent à certains germes de vivre en saprophytes dans le sol ou de survivre pendant des périodes prolongées dans la litière ou le lisier (GREENOUGH 1983).

En Nouvelle-Zélande, le pic d'incidence des boiteries se produit en fin d'automne / hiver dans les troupeaux a velage d'automne et pendant la fin du printemps dans les troupeaux à vèlage de printemps- (TRANter et MORRIS, 1991). L'expérience pratique de la Nouvelle-Zélande et d'Australie nous dit que plus la boiterie se produit des saisons avec des fortes précipitations, et qu'une forte incidence de boiteries fait généralement suite à de longues périodes de fortes pluies. En outre, de nombreuses études ont montré une association entre les conditions météorologiques humides et l'apparition des boiteries. Les répercussions sur les pieds mouillés se traduiront par une augmentation de l'humidité des onglons d'où la corne devient plus molle (spécialement la sole) entraînant une plus grande usure et plus de chances de pénétration avec risques accrus de cas de maladies infectieuses causant la boiterie (nécrobacillose interdigitée par exemple,).

6.3. Alimentation

Le rôle de l'alimentation et de sa gestion dans le développement de boiteries ont reçu beaucoup d'attention. Malgré l'importance excessive qui y est accordée, il est cependant devenu clair que les intrants alimentaires peuvent être des facteurs de boiteries. Les régimes alimentation qui donnent lieu à une baisse importante et prolongé de pH du rumen se traduiront par une augmentation spectaculaire des boiteries boiterie. La fourbure est

considérée comme un facteur prédisposant de par les lésions aux onglons, telles que la maladie de la ligne blanche, ulcères de la sole et hémorragies de la sole. La fourbure étant une maladie, la nutrition est supposée être un facteur important dans son étiologie (**VERMUNT** et **GREENOUGH, 1994**). La compréhension de ses facteurs de causalité est encore à l'état embryonnaire. Il est connu qu'une circulation perturbée est essentielle au développement de la fourbure, mais son rôle exact est encore incertain.

6.3.1. Hydrates de carbone : Un défi majeur de la nutrition est le manque d'information, pour spécifier les seuils à partir desquels les glucides initient l'agression initiale que constitue l'acidose. Les hydrates de carbone constituent de 70 à 80 % des rations laitières. Le niveau et la disponibilité de plusieurs rations peuvent avoir un impact substantiel sur le métabolisme rumenal. La quantité d'hydrates de carbone nécessaire pour induire une acidose rumenale dépend: du procédé d'élaboration de la ration, des transitions alimentaires, du statut de la vache, et du volume et de la fréquence avec lesquels les hydrates de carbone sont distribués (**ISHLER *et al.*, 1999**)

Dans les élevages où l'acidose chronique est présente, la fréquence des pododermatites aseptiques diffuses est souvent plus élevée que dans les autres élevages. On estime qu'un élevage avec des problèmes de pieds où la prévalence des affections podales est supérieure à 10% est fortement suspect de présenter des troubles du rationnement responsables d'acidose ruminale chronique. Dans certains élevages, chez les génisses, une morbidité de 50% est possible. En 2004, **DONOVAN *et al.*** ont évalué les effets de la ration sur la fourbure. Les lésions podales sont notées à l'aide d'un score à 45 jours avant la mise bas, puis 28 et 70 jours post partum. Le rationnement est différent sur la composition en énergie et en fibres pendant les 3 semaines qui précèdent le part et durant les 3 semaines post partum. Ils concluent que les vaches nourries avec une ration faible en énergie et riche en fibres avant la mise bas, puis une ration avec beaucoup d'énergie et peu de fibres ont des scores lésionnels plus élevés par rapport aux autres groupes. A l'inverse, Peterson montrait en 1979 que les vaches nourries avec de grandes quantités de concentrés en pré partum avaient plus de lésions podales. Aucune corrélation n'est observée entre le pH ruminal et le nombre de lésions podales. Cependant il existe une faible corrélation entre le pH ruminal et les zones 3 et 4 du pied (**figure 14**) qui sont souvent les zones les plus touchées (**DONOVAN *et al.*, 2004**).

1. Ligne blanche
2. Ligne blanche abaxiale
3. jonction abaxiale avec la muraille du bulbe
4. Jonction sole-bulbe
5. Apex de la sole
6. Jonction sole-bulbe

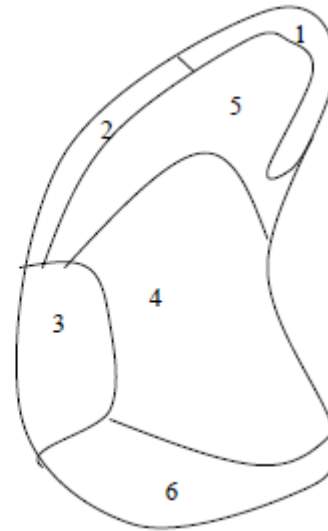


Figure 14. : Description des différentes régions du pied (Donovan *et al.* 2004)

Une anomalie de la sole reflète généralement une modification de l'alimentation ou un traumatisme qui est apparu 6 à 8 semaines avant l'observation de la lésion (VERMUNT et GREENOUGH, 1996). D'autres études montrent que le nombre de lésions de la sole est important entre 2 et 4 mois après la mise bas. La cause serait liée au changement de la ration pour des rations plus acidogènes (DONOVAN *et al.*, 2004). Il faut remarquer que l'incidence de la fourbure dans un élevage est supérieure à l'incidence de boiteries, la fourbure étant une anomalie podale qui ne provoque pas toujours de douleur et donc de boiterie (NORDLUND et GARRETT, 1995). Les mécanismes de la fourbure ne sont pas encore bien connus. Une des principales hypothèses est celle émise par NOCEK en 1997 : la diminution du pH ruminal permet la libération d'histamine et d'endotoxines dont les LPS d'origine bactérienne. Ces produits provoquent des dommages vasculaires (vasoconstriction, hypoxémie) sur la lamelle du pied, à l'origine d'une inflammation (pododermatite) (ENEMARK, 2008). En 2007, GOZHO *et al.* induisent une acidose subaiguë sur 4 vaches primipares fistulisées, avec du grain. Ils observent effectivement une augmentation de la concentration ruminale en LPS. Cependant, la concentration en LPS n'est pas détectable dans le sang périphérique entre l'induction et la fin de l'acidose, suggérant que ces produits microbiens ne peuvent pas atteindre le podomètre.

6.3.2. Fibres

Les vaches laitières ont besoin d'une quantité minimum de fibres et de fourrage dans leur régime alimentaire pour bonne mastication et activité rumenale, pour le bon fonctionnement du rumen, et le maintien du pH du rumen supérieur à 6,2. Ils ont besoin de mâcher (mastiquer et ruminer) 10 à 12 heures / jour pour maintenir le fonctionnement normal du rumen

(SHAVER, 1997). Les fibres effectives d'un fourrage sont directement liées à la durée de la mastication et, et par conséquent, la production de salive associée à cette alimentation particulière (ALLEN, 1997). Les régimes riches en fibres, par exemple foin et l'ensilage haché grossièrement, stimulent la rumination, qui à son tour augmente le flux de salive. La salive est riche en bicarbonate, qui agit comme un tampon de neutralisation de l'acide produit dans le rumen. Le hachage fin réduit la teneur en fibres effectives des fourrages. L'ajout de tampons aux rations contenant du fourrage finement haché peut aider si la production de salive est faible. L'ajout de tampons à 0,75% de la teneur totale en matière sèche est habituel avec le maïs (maïs) ration à base d'ensilage. Le bicarbonate de sodium ne doit pas être ajouté à des niveaux supérieurs à 1% de la ration sinon son appétence sera affectée.

6.3.3. Protéines

Il a été suggéré que l'excès de protéines dans l'alimentation des vaches laitières peut provoquer la fourbure (VERMUNT, 1992). Cependant, peu d'informations sont disponibles sur le niveau de protéines alimentaires concernées ainsi que le mode d'action que ces protéines pourraient jouer dans le processus de développement de la maladie.

Certains supposent que les produits de dégradation des protéines dans le rumen pourraient être à l'origine de boiteries. OFFER *et al* (1997) ont constaté que la source des protéines alimentaires en supplément dans le concentré de la 3^{ème} semaine à la 27^{ème} semaine de lactation n'a eu aucun effet sur la locomotion, la boiterie, la formation de lésions, ou tout autre effet sur l'onglon.

. Que la haute teneur en protéines des pâturages contribue ou non à l'augmentation de la boiterie chez les bovins au pâturage nécessite des recherches plus approfondies.

Il est connu que les acides aminés soufrés contribuent aux liaisons qui donnent au tissu de force et résistance nécessaires pour minimiser la boiterie. Cependant, des études dans lesquelles l'acide aminé L-méthionine a été introduit pour améliorer la flexibilité et la résistance de l'onglon, et ainsi réduire la boiterie n'ont nullement montré l'avantage de l'utilisation de telles protéines (LOGUE *et al*, 1989).

6.3.4. Ensilage L'ensilage de mauvaise qualité a été reconnu depuis longtemps comme un facteur de risque potentiel dans les boiteries. Une étude récente a examiné l'effet du type de fourrage sur les lésions de la corne des onglons chez les génisses laitières à partir de 3 mois d'âge jusqu'à 6 mois après le vêlage (OFFER *et al*, 2003). Les lésions tant de la ligne blanche que de la sole ont été significativement plus marquées les animaux qui ont été nourris avec

une alimentation humide à base d'ensilage d'herbe fermentée par rapport à ceux qui recevaient une alimentation à base de paille sèche non fermentée et de concentré.

6.3.5. Biotine

La biotine (vitamine B8 ou vitamine H) est une vitamine hydrosoluble e, essentielle pour la formation et l'intégrité des tissus kératinisés tels que la peau et la corne. La supplémentation en biotine conduit à des améliorations significatives de la qualité des onglons chez les porcs, la corne du sabot des chevaux, et le tissu épithélial du coussinet plantaire chez les volailles. Dans des conditions normales, le rumen est considéré comme capable de synthétiser des quantités suffisantes de biotine. Cependant, il a été suggéré que la synthèse de la biotine dans le rumen est non significative chez les bovins (FRIGG *et al*, 1994). Il existe des preuves que les conditions acides du rumen peuvent réduire la synthèse microbienne de biotine (DA COSTA *et al*, 1998). Par conséquent, les bovins fortement nourris en concentrés ou des régimes de pâturage de haute qualité, peuvent développer une carence subclinique en biotine. Les vaches souffrant de fourbure ont un taux sanguin de biotine bas et niveau élevé d'humidité de la corne de la sole (HIGUCHI et NAGAHATA, 2001). En outre, la demande de biotine est augmentée pendant les périodes de stress de plus chez les vaches boiteuses le taux sanguin en biotine est inférieur à la normale (SMART et CYMBALUK, 1997).

Récemment, la supplémentation en biotine dans l'amélioration de la santé des sabots des vaches laitières a reçu une attention particulière. Plusieurs études ont montré que la boiterie est significativement diminuée chez les vaches complémentées avec de la biotine (Rovimix H-2; Hoffmann-La Roche Ltd, Bâle, Suisse) à un taux de 20-40 mg de biotine actif / vache et par jour. MIDLA *et al* (1998) ont apporté des améliorations significatives dans la santé des sabots des vaches laitières primipares après la supplémentation en biotine, et le risque d'apparition de la maladie de la ligne blanche est diminué de moitié (HEDGES *et al*, 2001

Ces effets positifs de la supplémentation en biotine sur la maladie de la ligne blanche semblaient être plus conséquents chez les vaches que chez les génisses. FITZGERALD *et al* (2000) ont rapporté que la supplémentation en biotine se traduit par une réduction des lésions des onglons et par de meilleurs scores de locomotion. Une autre étude, a montré une amélioration significative de la qualité histologique de la corne des onglons chez les animaux traités avec de la biotine, indiquant que la biotine exerce une influence positive sur la guérison des ulcères de la sole (LISCHER *et al*, 2002a). La biotine joue aussi un rôle essentiel et unique dans le métabolisme des glucides, des graisses et des protéines (SEYMOUR, 1999). La vache laitière performante requiert un apport équilibré et considérable d'énergie et de nutriments

(protéine minéraux et vitamines). La biotine intervient dans le processus (métabolisme) d'utilisation et de production de ces nutriments essentiels pour une production laitière élevée. Pour imager ce point, plus une machine fonctionne à plein régime, plus les éléments qui nourrissent cette machine doivent être présents en quantités suffisantes pour répondre à la demande. C'est pourquoi des apports de biotine qui n'étaient pas nécessaires il y a quelques années, deviennent essentiels pour les niveaux de production atteints aujourd'hui. Puisqu'elle intervient dans la production de l'acide propionique au niveau du rumen et de sa transformation au niveau du foie en glucose (sucre servant à la production du sucre du lait, le lactose), elle a un impact important sur la production laitière. C'est ce que semblent démontrer les études portant sur l'ajout de biotine en production laitière. En raison de la rapidité de l'augmentation de lait suite à l'ajout de biotine aux rations expérimentales, on peut comprendre que l'augmentation de lait n'est pas seulement liée à une meilleure santé des onglons mais bien à un effet direct de la biotine sur les mécanismes de production du lait. Une hausse significative de 300 kg de lait a été observée pour le groupe de vaches de premier veau alimenté avec un apport de 20 mg de biotine par jour comparativement à celles qui n'en recevaient pas (GOHIER et FOURNIER, 2000).

Une expérience publiée dans le "Midwest Animal Science Meeting" du 13 mars 2000, démontre clairement que l'ajout de biotine à différentes concentrations accroît la production de lait de façon linéaire pour les vaches traitées (premiers 100 jours de lactation). L'auteur ajoute que la hausse de production de lait est probablement attribuable à une amélioration du métabolisme (énergétique et protéique) de la vache plutôt qu'à une amélioration de la santé des onglons en raison de la rapidité de la réponse en lait (ZIMMERLY et WEISS, 2000).

6.3.6. Oligo-éléments.

Les oligoéléments sont essentiels pour la production de la corne, un apport insuffisant peut compromettre la santé de l'onglon. Le Zinc et le cuivre sont les plus populaires», mais le cobalt (Co), le sélénium, le molybdène et le manganèse (Mn) sont également importants dans la formation de corne des onglons. Les déficients en Zn et Cu ont été impliqués dans les boiteries, et sont couramment utilisés en suppléments partout dans le monde. Les oligo-éléments ont été traditionnellement ajoutés aux régimes des ruminants sous forme de sels inorganiques. Cependant au cours des dernières années, il ya eu un intérêt considérable pour formes organiques des oligo-éléments, pour leur biodisponibilité supérieure (MILES et HENRY, 1999). Ces formes organiques, sont stables dans le tractus digestif et sont protégés

contre la formation de complexes avec d'autres composants alimentaires qui seraient autrement inhiberaient leur absorption (SPEARS, 1996)

L'amélioration de l'intégrité de l'onglon a été observée lorsque du Co-glucoheptonate et des complexes d'acides aminés spécifiques de Cu et Mn ont été ajoutés au régime alimentaire des vaches contenant déjà des complexes d'acides aminés spécifiques de Zn (NOCEK *et al.*, 2000).

Une étude américaine a trouvé que le remplacement de Zn, Mn, Cu et Co de sulfates avec des sources complexés (Disponi- 4) a diminué le pourcentage de vaches laitières atteintes de troubles des onglons à 75 jours après le vêlage (BALLANTINE *et al.*, 2002).

6.6. L'état corporel

Les vaches grasses peuvent manifester plus de boiteries à cause du stress mécanique accrue lié à l'excès de poids qu'elles portent. Par ailleurs, il a été observé une association positive entre la note d'état corporel et la boiterie, les vaches qui ont une note >4 (échelle 5 points) au tarissement sont 7 fois plus susceptibles de manifester des problèmes de pied au cours de la lactation suivante. Il n'est pas clair si cet effet est le résultat de la note de l'état corporel, ou que cette note est le résultat de l'excès d'alimentation (fourbure associée à l'alimentation excessive) (GEARHART *et al.*, 1990).

Les vaches qui ont un faible score de l'état d'embonpoint (note <3,0) au vêlage et au début de lactation ont plus de chance de souffrir de boiterie. Cependant, il n'est pas clair à partir de ces données, si c'est le faible score qui a causé la boiterie ou c'est la boiterie qui a causé une baisse du score à travers une absorption réduite de matière sèche (HOEDEMAKER *et al.*, 2009 ; ROCHE *et al.*, 2009).

6.7. Lactation

Les différences de comportement en début de lactation entre les vaches avec et sans lésions aux onglons suggèrent que le début de lactation a un effet au-delà de ce que peuvent occasionner les facteurs de stress physiques associés au logement. Ainsi une vache présentant une boiterie au cours d'une lactation a, en effet, une probabilité 7, fois plus élevée de souffrir d'un trouble métabolique du pied et 5,9 fois plus élevée d'avoir un problème podal infectieux, qu'une vache non boiteuse (FAYE *et al.* 1986 b) .

l'augmentation de la prévalence des lésions aux onglons des génisses dans la période de gestation indique que l'environnement est un élément important dans le développement de la lésion (CHAPLIN *et al.*, 2000). Ces auteurs ont rapporté que les lésions sévères de onglons

chez des génisses en début de lactation ont été associés à la réduction des périodes couchées, à un repos moindre, à l'augmentation de la station debout en stalles ainsi qu'une perturbation du comportement en position couchée.

La prévalence de la boiterie est le plus élevé au cours du 3^{ème} au 4^{ème} premiers mois de lactation, ce qui coïncide avec un niveau élevé d'apport énergétique et un bilan énergétique négatif. VAARST *et al* (1998) ont constaté une association fortement positive entre les 61 et 120 jours post-partum et la présence de troubles des onglons.

6.8. La biomécanique des membres et aplombs

La répartition du poids de la vache sur les pieds et sur les sabots est un facteur important, qui va influencer la façon dont les onglons poussent. La région supportant la majorité du poids est la partie extérieure de l'onglon extérieur. Cette région absorbe les plus hautes pressions durant les mouvements de déplacement (ISHLER *et al* 1999).

L'anatomie fonctionnelle confirme ce constat. La surface plantaire de l'os du pied est plus rugueuse sur l'onglon externe que sur l'onglon interne parce que les forces qu'il subit sont plus importantes. Cela s'accroît avec l'âge du bovin. L'onglon postéro-externe plus lourdement chargé subit des variations de charge plus importantes. La pression sur le tissu vivant est plus éprouvante. Il se produit un accroissement réactionnel de la production du tissu (hyperplasie) qui aboutit à une augmentation du volume de l'onglon postéro-externe (hyperplasie). Cet onglon sera plus haut et portera encore plus le poids du corps. Un "cercle vicieux" s'établit : plus l'onglon est gros, plus il est surchargé, plus il grandit et plus les contusions internes seront importantes. L'animal essaie par conséquent de compenser ce déséquilibre en modifiant ses aplombs postérieurs (jarrets serrés, pieds plus écartés, pieds panards). Malgré tout, la décharge de

l'onglon postérieur externe reste limitée (DELACROIX. 2008). La santé des aplombs et les boiteries qui en découlent sont des soucis majeurs auxquels les producteurs de lait font face à cause de leur apparition fréquente et des pertes économiques énormes engendrées. Une détection précoce et des traitements rapides peuvent minimiser les pertes, favoriser la guérison (ISHLER *et al* 1999). (voir tableau 1 et photos 13)

Tableau 1 : Note de synthèse sur les postures anormales des vaches (Bareille et Roussel, 2011)

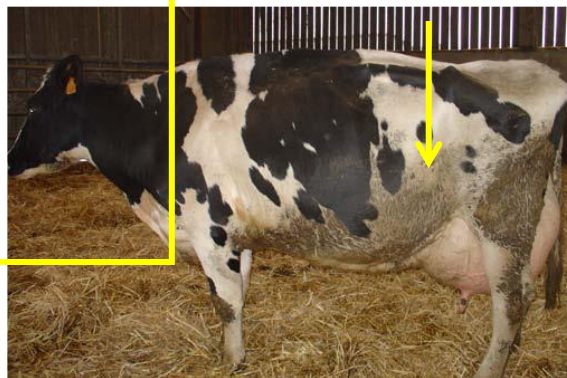
Note / dénomination	Soulagement du pied		Qualité des aplombs postérieurs		Ligne de dos
0 / saine	Aucun	ET	Membres droits et parallèles	ET	Droite
1 / atteinte modérée	Aucun	ET	Anomalie légère	ET / OU	Arquée
2 / atteinte sévère	Suppression d'appui ou appui en pince	OU	Rotation importante des pieds vers l'extérieur, jarrets serrés		



Note 0 : membres droits et parallèles et ligne du dos droite



Note 1 : rotation légère des pieds ou ligne du dos arquée



Note 2 : rotation importante

des pieds, suppression d'appui
ou appui en pince



Figure 15 : Note de synthèse sur les postures anormales des vaches (BAREILLE et ROUSSEL, 2011)



7. Impact économique des boiteries

Les boiteries constituent un problème majeur en élevage bovin laitier. Compte tenu de leurs répercussions négatives sur les performances de production laitière (FOURICHON *et al.*, 1999 ; GREEN *et al.*, 2002 ; ENTING *et al.*, 1997, WHAY *et al.*, 1997), de reproduction (FOURICHON *et al.*, 2000 ; MORRIS *et al.*, 2011), de longévité (BOOTH *et al.*, 2004), et d'une augmentation des frais vétérinaires (DESROCHERS, 2005), elles représentent le troisième trouble de santé en termes d'impact économique après les troubles de la reproduction et les mammites. Leur prévalence moyenne dans les troupeaux mesurée au cours d'une visite ponctuelle est estimée à 20-25% (WHAY *et al.*, 2003 ; BRULE *et al.*, 2010). Des études économiques ont démontré des pertes considérables associées aux boiteries. Sur une base individuelle, les pertes se chiffrent à environ 500-700 dollars par année pour chacun des animaux affectés (DESROCHERS, 2005).

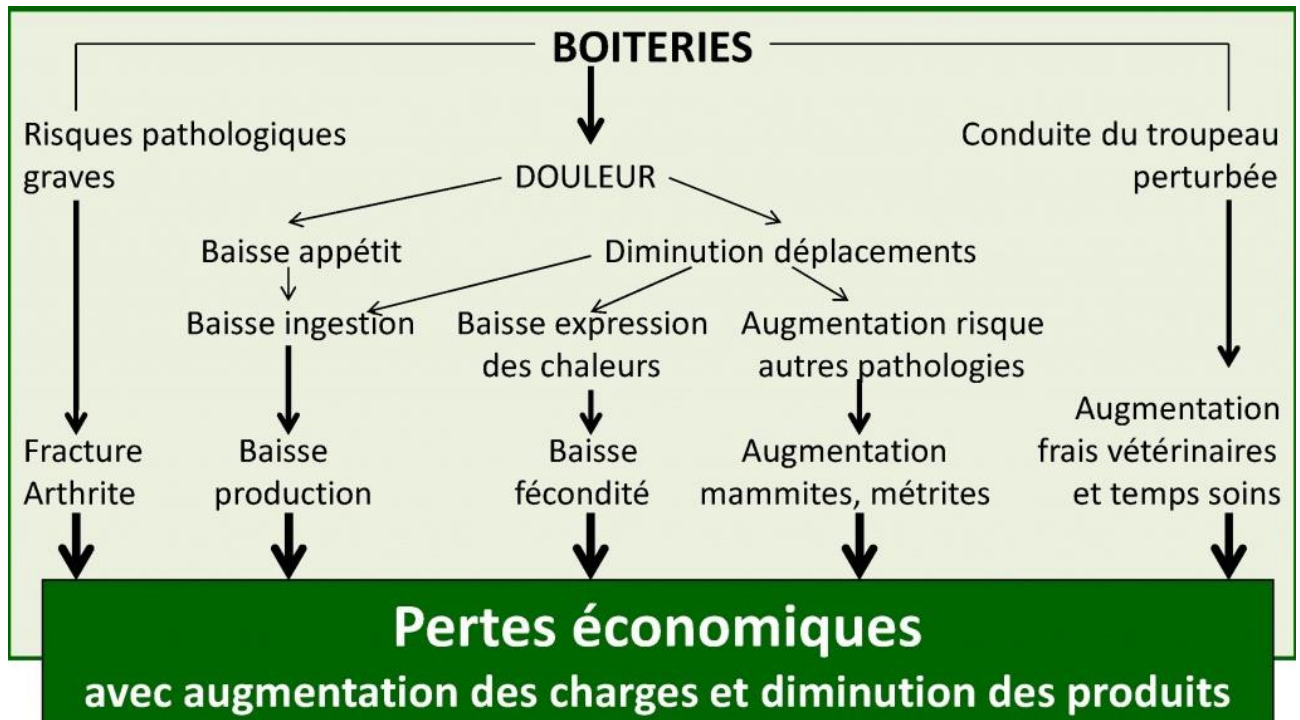


Figure 16 : pertes économiques liées aux boiteries (GDS Creuse, 2013)

Tableau 2 : Pertes et manques à gagner liés aux boiteries (ROUSSEL, 2009)

Type d'expression clinique	Baisse de production kg/an	Probabilité de réforme sur une année pour une vache atteinte (dont % d'euthanasie)	Reproduction Augmentation de l'intervalle vêlage-vêlage (en jours)
Boiteries non repérées et non soignées	100	0	3
Boiteries légères (boiteries dont la durée d'expression clinique est inférieure à 8 jours)	50	4% (2%)	6

Boiteries modérées (boiteries dont la durée d'expression clinique est comprise entre 8 jours et un mois)	250	8% (2%)	15
Boiteries sévères (boiteries dont la durée d'expression clinique dépasse un mois et implique notablement la réforme)	800	35% (10%)	30

7.1. Impact des boiteries sur la production laitière

Toutes les maladies podales touchant plusieurs animaux dans le troupeau (la dermatite digitale, le fourchet, la fourbure), et parfois enzootiques (panaris), provoquent au moins un inconfort ou bien des boiteries qui génèrent une baisse de production laitière individuelle, et une diminution du volume de lait vendu du fait des délais d'attente. 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).

Les vaches boiteuses passeront de plus en plus de temps couchées. Leur production de lait va baisser suite à une diminution de consommation d'aliments et d'eau (**HULSEN 2006, ROBINSON 2001**)

Au Royaume-Uni, on estime la perte de production laitière attribuable à la boiterie à 360 Kg sur 305 jours (Green *et al.* 2002). La production de lait peut chuter de 1,3 à 2 kg pendant le premier mois et de 0,2 à 0,4 kg durant le reste de la lactation (FOURICHON, 1999).

Certains types de boiterie peuvent avoir des effets encore plus marqués ; le piétin par exemple, peut entraîner une diminution de 10 % (environ 860 Kg sur 305 jours) de la production laitière (Hernandez *et al.* 2002). D'après GREEN *et al.* (2002), il ya une perte significative de 1,7 Kg/jour sur le mois suivant le diagnostic de la boiterie. BAREILLE *et al.* (2003) montrent une perte significative de 1,3 Kg/jour dans les semaines suivant le diagnostic. Bareille *et al.* (2003) présentent des résultats plus faibles sur 140 jours de lactation, de l'ordre de 80 kg de lait produit en moins pour une vache boiteuse comparée à une vache non atteinte. Une vache qui a de graves problème de pieds et membre peut perdre jusqu'à 36 % de sa production laitière et avoir 15,6 fois plus de chance d'être non gestante plus longtemps

(BOUICHOU 2008). Selon une étude faite en Tunisie par BOURAOUI *et al.* (2014), la production laitière moyenne varie selon le score. Il a été noté une perte significative de lait de 9,3 Kg /vache/jour causé par les boiteries, soit une perte de 35% de la production laitière. D'après BOUICHOU (2008) (Maroc), une vache qui a de graves problèmes de pieds et de membres peut perdre jusqu'à 36 % de sa production laitière.

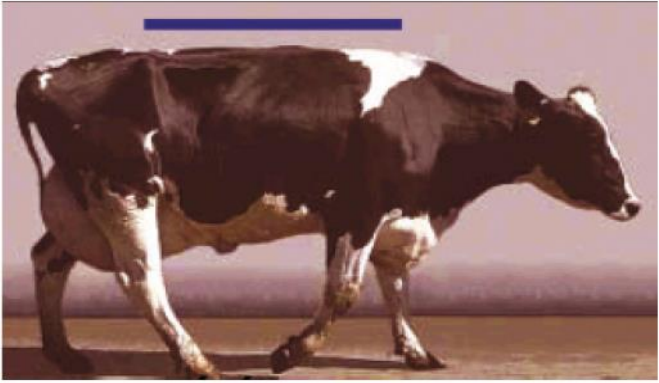
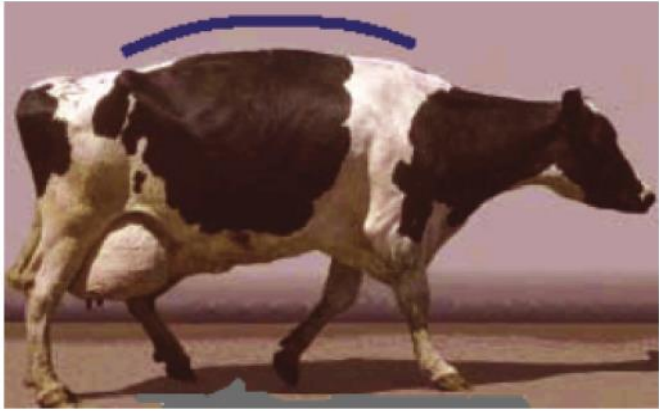


Stade	
<p>Référence</p> <p>Pas de boiterie</p>	
<p>Palier I</p> <p>Ingestion : - 3 % Production laitière : - 5 %</p>	
<p>Palier II</p> <p>Ingestion : - 7 % Production laitière : - 17 % Intervalle Vêlage Insémination 1 (IVI1) : + 25 jours</p>	
<p>Palier III</p> <p>Ingestion : - 16 % Production laitière : - 36 % Risque de réforme : x 5</p>	

Figure 17 : Impact de la boiterie sur l'ingestion et la production laitière est d'autant plus élevé que la boiterie est importante (ROBINSON, 2001).

7.2. Performance de reproduction. De nombreuses études ont démontré que la boiterie réduit les performances de la fertilité chez les vaches laitières. BARKEMA *et al.* (1994) ont constaté que la boiterie prolonge l'intervalle entre le vêlage et la première insémination ainsi que le taux de conception au premier service.

Les vaches qui boitent ont leur intervalle vêlage - insémination fécondante augmenté en moyenne de 12 jours par rapport à des vaches non boiteuses, avec de fortes variations de résultats selon les lésions et le stade de survenue (FOURICHON, 2000). De plus, leur production de lait peut chuter de 1,3 à 2 kg pendant le premier mois et de 0,2 à 0,4 kg durant le reste de la lactation (FOURICHON, 1999). Enfin, les vaches qui boitent ont plus de risque d'être réformées précocement (SPRECHER, 1997).

Certaines études américaines (SPRECHER *et al.*, 1997, HERNANDEZ *et al.*, 2001) ont également constaté que les vaches boiteuses avaient un plus long intervalle de vêlage et un plus grand nombre d'essais de reproduction avant la conception

Dans une étude réalisée aux États-Unis, LEE *et al.* (1989), ont constaté que le nombre de jours ouverts (intervalle entre le vêlage et l'insémination ou la saillie fécondante) chez la vache boiteuse était augmenté de 28 jours, par rapport à celle en une bonne santé.

La réduction de l'oestrus peut être provoquée par les limitations physiques de la boiterie elle-même, induire une fréquence réduite des comportements oestrus primaires et secondaires.

Certaines études ont suggéré que la boiterie pourrait réduire les activités de monte, ce qui a influencé négativement la détection des chaleurs (LUCEY *et al.*, 1986, COLLICK *et al.*, 1989).

La boiterie est classiquement associée à une réduction de l'intensité de l'oestrus chez les vaches laitières (COLLICK *et al.*, 1989; WALKER *et al.*, 2008b). Un facteur de stress chronique, comme la boiterie clinique, contribue à une réduction de la concentration de progestérone avant l'oestrus, accompagnée d'une réduction dans le comportement sexuel (WALKER *et al.*, 2008a).

D'autres études ont exploré l'aspect nutritionnel, la boiterie a diminuerait la condition physique, ce qui associé à un bilan énergétique négatif et abouti finalement à une performance de fertilité médiocre (MIETTINEN, 1991, TRANTER et MORRIS, 1991, RUEGG *et al.*, 1992)

La douleur ou le stress dû à la boiterie serait à l'origine de troubles hormonaux, ce qui augmente le taux de cortisol dans le sang inhibant ainsi la décharge de l'hormone lutéinisante

(ECHTERNKAMP, 1984, NANDA et DOBSON, 1990). Cependant, il a été récemment montré que chez les vaches boiteuses le follicule dominant croît à la même vitesse, dans le même diamètre maximal et ovule en même temps que chez les vaches saines (MORRIS *et al.*, 2009)

Certaines études ont montré que la boiterie clinique reporte jusqu'à 18 jours le début de la cyclicité de l'ovaire et de 24 jours le début de l'œstrus par rapport aux vaches non boiteuses (GARBARINO *et al.*, 2004; PETERSSON *et al.*, 2006). Des effets similaires ont été observés dans les cas de boiterie subclinique (WALKER *Et al.*, 2008a).

7.3. Impact de la boiterie sur la longévité (réforme, mortalité, abattage)

La majorité des travaux publiés sur l'association entre la boiterie et l'abattage suggère que les animaux qui souffrent de boiterie sont plus susceptibles d'être abattus.

Les données sur près de 40 milles vaches laitières Ayrshire réparties sur 2338 troupeaux en Finlande ont démontré que les vaches boiteuses ont beaucoup plus de chances d'être abattues (RAJALA-SCHULTZ et GROHN, 1999).

Des études menées sur un petit nombre de troupeaux aux États-Unis ont démontré que les vaches avec des lésions de la corne des onglons étaient 1,7 fois plus susceptibles de mourir ou d'être abattues (MACHADO *et al.*, 2010) et le ratio de risque pour l'abattage des vaches boiteuses diagnostiquées au premier semestre de lactation est deux fois supérieur à celui des vaches non-boiteuses (BOOTH *et al.*, 2004).

Dans une autre étude américaine beaucoup plus élargie, les données provenant de 953 exploitations agricoles dans 21 États ont démontré que le taux de mortalité avait beaucoup plus de probabilités d'être élevé dans les fermes classées comme ayant un niveau élevé et modéré de la boiterie (MC CONNEL *et al.*, 2008).

Dans une grande étude canadienne (6500 vaches dans 157 troupeaux), après modélisation des données, les rapports de risque d'abattage étaient significativement plus élevés pour les animaux diagnostiqués avec maladie de la ligne blanche (1,72), ulcère de la sole (1,26) et hémorragie de la sole (1,36); les lésions infectieuses de pied n'étaient pas associées à l'abattage (CRAMER *ET AL.*, 2009).

D'après les données provenant de 1800 vaches dans cinq troupeaux aux États-Unis, il a été conclu que d'être identifiées comme boiteuses dans les 70 premiers jours après le vêlage augmente le ratio de risque d'abattage ou de mort, pour les vaches boiteuses et sévèrement

boiteuses par 1,45 et 1,74 fois respectivement, par rapport aux vaches non boiteuses (BICALHO *ET AL.*, 2007B).

7.4. Impact économique global des boiteries

Alors qu'un certain nombre de documents ont estimé les coûts de divers aspects de pertes financières attribuables à la boiterie (NEW, 1991)), au cours des dernières années, seul un nombre relativement restreint publications ont tenté de calculer les coûts totaux. Les coûts totaux comprennent les pertes de production, les dépenses associées à l'abattage, les coûts de traitement, la gestion du temps supplémentaire et les coûts du lait jeté. Les articles publiés ont tous estimé que les conséquences financières de la boiterie sur la production laitière, l'infertilité et l'abattage ont été les plus importants. Un journal britannique publié en 1997 sur la base de prix de 1995, a calculé le coût total moyen par vache atteinte était de 273 £ (~ € 345).

un cas de boiterie digitée, de boiterie interdigitée et d'ulcère de la sole a été estimée à 273 £, 113 et 392 respectivement, et a augmenté à 240£, 131 et 425 £ si calculé comme le coût total moyen par vache touchée (KOSSAIBATI et ESSLEMONT, 1997). Selon un modèle de budgétisation partielle s'appuyant sur des données provenant de 21 fermes néerlandais a publié en 1997 ; les coûts totaux calculés se sont traduits par 104 € par vache atteinte et 50 € par animal dans le troupeau (incidence moyenne de 21%) (ENTING *et al.*, 1997).

La perte économique est principalement due au problème d'aplombs en lui-même, pas au coût des traitements. Les pertes sont toujours subtiles, cependant dépendantes de la sévérité, les composants suivants peuvent être identifiés : perte de poids corporel et baisse de la production laitière, de la matière sèche ingérée, de la longévité du troupeau, et de l'efficacité de reproduction. Les implications économiques associées avec les problèmes d'aplombs peuvent être au minimum de 90 à 100 U.S.D environ par cas. Selon la gravité du problème, et sa sévérité, ce coût peut être plus élevé (ISHLER *et al.*, 1999)

Une des causes de la non-réussite des plans de maîtrise des maladies multifactorielles mis en place dans les exploitations bovines laitières serait la difficulté des éleveurs à percevoir les répercussions économiques d'une maîtrise insuffisante, et le rapport coût / bénéfice d'un plan de maîtrise mis en place. Dans ce contexte, une démarche appuyée sur un outil logiciel concernant les mammites et boiteries, à destination des intervenants, a été développée et évaluée en partenariat entre chercheurs et acteurs. Un logiciel novateur « économie des plans de maîtrise des mammites et des boiteries », complet et opérationnel a été développé, utilisant comme base le logiciel « estimation des pertes économiques dues aux maladies en troupeau

bovin laitier » de l'ENV de Nantes. Ce nouveau programme à destination des conseillers en santé animale permet d'évaluer pour une exploitation donnée :

- Le manque à gagner résultant de l'effet des maladies sur les animaux atteints par simulation,
- Les coûts ou dépenses de maîtrise inhérentes à la prise en charge de ces troubles de santé (coûts des mesures de prévention, traitements, ...) observés,
- Les bénéfices attendus pour l'éleveur de la mise en place d'un plan de maîtrise dans son exploitation (**ROUSSEL *et al.*, 2009**).

Récemment, aux Pays-Bas, en utilisant un modèle de simulation dynamique, les coûts totaux en raison de problèmes des pieds chez les vaches laitières a été estimée à 53€ par vache et par an (BRUIJNIS *et al.*, 2012). Le coût moyen d'un cas clinique a été estimé à 76 € et un cas subclinique à 14 € (BRUIJNIS *et al.*, 2010).

MATÉRIEL & MÉTHODES

MATERIEL ET METHODES

I. REGION D'ETUDE :

1. Situation

La wilaya de Tiaret (figure 19) est située à l'ouest de l'Algérie, elle est délimitée :

- au nord, par les wilayas de Tissemsilt et de Relizane ;
- au sud, par les wilayas de Laghouat et d'El Bayadh ;
- à l'ouest, par les wilayas de Mascara et de Saïda ;
- à l'est, par la wilaya de Djelfa.

La wilaya instituée en tant que telle en 1962 est composée de 14 Dairas, regroupant 42 communes, et occupe une superficie de 2 067 300 ha (20 673 km).

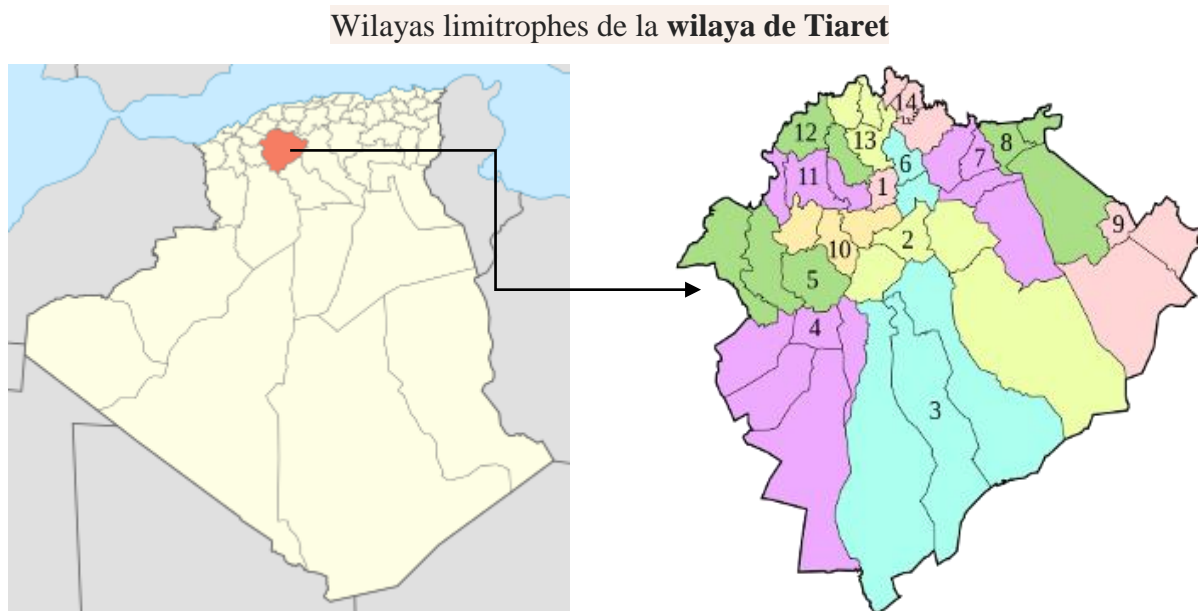


Figure 19 : Localisation de la Wilaya de Tiaret

La wilaya de Tiaret présente sur le plan physique trois grandes zones distinctes :

- Au nord : une zone montagneuse de l'Atlas tellien ;
- Au centre : les hauts plateaux ;
- Au sud : des espaces semi arides.

La wilaya se caractérise par un climat continental, dont l'hiver est rigoureux et l'été est chaud et sec ; elle reçoit 300 à 400 mm de pluies en moyenne par an.

La longueur du réseau hydrographique de la wilaya est de 1 938 km. Les principaux cours d'eau sont : Oued Touil, Oued Mina et Nahr Ouassel.

Le nombre moyen des journées pluvieuses est de 75 journées par an.

Tableau 3 : Situation et effectifs des élevages

Troupeau	Effectifs	Région	Situation géographique
A	220	Sougueur	Sud
B	72	Tiaret	Centre de la région d'étude
C	40	Ain Bouchekif	Sud-Est
D	33	Rahouia	Nord-Ouest
E	123	Ain-Kermès	Sud-Ouest
TOTAL	488		

2. Alimentation

L'alimentation fournie est basée essentiellement sur le concentré, le troupeau reçoit une ration principalement énergétique (65 % de concentré). Pour le fourrage vert, les rations administrées ne dépendent pas des besoins des animaux, mais au contraire de la quantité de fourrages dont dispose l'éleveur.

Il est à noter que si la composition de la ration diffère fondamentalement d'un éleveur à un autre, il n'en demeure pas moins qu'elle est constituée du vert, du foin, parfois d'ensilage et du concentré.

Dans ce cas précis, il faut souligner que la production laitière est influencée indirectement par l'excès d'énergie, alors que l'excès des PDI dans la ration est noté principalement au printemps, où les fourrages verts sont abondants.

Par ailleurs, les exploitations modestes utilisent beaucoup plus du foin des céréales, et du son d'orge, alors que les grandes exploitations utilisent le foin de la vesce avoine et l'ensilage de sorgho dans leur rationnement.

II. METHODES DE MESURE UTILISEES :

1- Evaluation des boiteries :

Effectuée selon la méthode de **Sprecher *et al.* (1997)** : c'est une méthode universellement répandue pour détecter précocement les troubles de la locomotion, les infections des pieds et pour ainsi contrôler la fréquence des boiteries.

C'est aussi un outil de comparaison de l'incidence et de la gravité des boiteries entre troupeaux. Elle est basée sur une échelle allant de 1 à 5, pour évaluer une boiterie.

Cette notation est basée également sur l'observation des vaches debout, à l'arrêt et en marchant, mais avec une attention particulière portée sur la ligne de leur dos (relaté en synthèse bibliographique)

1. 1. Questionnaire

Reprenant toutes les informations récoltées, il a été dressé pour chaque élevage (tableau 4).

Tableau 4 : Questionnaire utilisé

Troupeau	Réponse	Observations
Situation géographique de l'élevage		
Nombre total de bovins dans l'élevage		
Nombre de vaches laitières		
Début de la boiterie		
Types de plancher (ciment ou terre)		
Intensité de la boiterie		
Traitement de la boiterie :		

Oui / non			La méthode de Sprecher <i>et al.</i> (1997)
Traitement utilisé			
Parage effectué : Oui / Non			
Si oui, Fréquence des parages			
Intensité des boiteries : 1, 2, 3,4 ou 5			
Types de boiteries : Panaris, Fourchet, Arthrite, Fourbure, Ulcère de la sole, Dermatite, Digitée, Boiteries chroniques			
Intervalle vèlage-vêlage (si possible)			

que nous avons utilisée pour la notation de la boiterie, vient du fait que c'est une méthode universellement répandue pour détecter précocement les troubles de la locomotion, les infections des pieds et contrôler la fréquence des boiteries.

C'est aussi un outil de comparaison de l'incidence et de la gravité des boiteries entre troupeaux. Elle est basée sur une échelle allant de 1 à 5 pour évaluer une boiterie. Cette notation est basée également sur l'observation des vaches debout, à l'arrêt et marchant, mais avec une attention particulière portée sur la ligne de leur dos :

1 = «Saine» : la vache ne souffrant pas de boiterie, affiche une démarche harmonieuse, son dos est droit et supporte son poids. Sa démarche n'est jamais inégale ou maladroite.

2 = «Démarche anormale» : la vache affiche une démarche légèrement inégale et une légère raideur dans les articulations. La boiterie n'entre pas encore en ligne de compte.

3 = « Boiterie légère » : la vache affiche un dos arqué lorsqu'elle marche et un mouvement de va-et-vient dans les membres postérieurs vers l'intérieur et l'extérieur. Elle peut également boiter légèrement.

4 = « Boiterie modérée » : une vache souffrant d'une boiterie modérée ménage une patte par rapport aux autres et elle boite. Elle a également le dos arqué, tant debout qu'en mouvement, donne des coups de tête saccadés et souffre de raideur articulaire.

5 = « Boiterie grave » : la vache a beaucoup de difficulté à se lever et à marcher. Son dos est extrêmement arqué. Elle donne des coups de tête saccadés, souffre de raideur articulaire et affiche une perte de poids appréciable.

4. Evaluation de l'impact des boiteries sur la production laitière

L'évaluation de la production laitière s'est faite suite à la moyenne journalière de lait produite, et ce pour 10 mois de lactation. Les mesures ont été faites suite à des visites hebdomadaires. Les mesures de la quantité de lait s'est faite au seau et en litre, vu l'absence de balance pour une estimation pondérale.

Les pertes en nature en lait ont été estimées avant et après l'instauration d'un traitement précoce, sur une base de 48 DA par litre de lait.

5. Evaluation de l'impact des boiteries sur la fertilité

L'étude de la fertilité a été réalisée au sein de l'exploitation « A, B et C » uniquement.

Vu la non disponibilité des archives et des informations relatives à la gestion de l'exploitation des animaux, il nous a été difficile d'étendre cette enquête aux autres fermes, et ce par manque, voire absence d'informations précises.

En ce qui concerne l'intervalle vêlage-vêlage où l'enquête a été faite par nos soins. Cependant, nous n'avons pu obtenir tous les résultats, vu l'absence des registres d'enregistrement des naissances.

6. Définitions des termes utilisés

Boiterie ; Irrégularité dans la démarche ; Diminution d'appui sur un membre ; Associées à de la douleur

Boiterie chronique :

Panaris interdigité (Phlegmon interdigité) : Blessure entre les onglons et enflure de la patte au dessus des onglons. Empêche les onglons de se refermer

Dermatite interdigitée (Fourchet) : inflammation superficielle de la région interdigitée, sans perte d'intégrité de la peau, contrairement au phlegmon interdigité. Peut être à l'origine des crevasses aux talons, en diminuant la qualité de la corne produite dans cette région de l'onglon.

Arthrite :

Fourbure : l'animal aura de la difficulté à se déplacer, et restera couché (degré 2 à 3); les animaux atteints de fourbure chronique ont un sabot déformé avec des sillons horizontaux prononcés;

Ulcère de la sole :

Dermatite digitée :

Pour évaluer l'impact des boiteries sur la production laitière et la fertilité, notre étude a porté sur cinq exploitations situées au niveau de la wilaya de Tiaret. Cette étude a finalement porté sur 488 vaches composées essentiellement des bovins de race « Prim' Holstein », dont 222 en lactation et ce à partir de l'année 2009.

Les vaches souffrant déjà de boiteries chroniques, ainsi que les vaches souffrant de déformation des onglons n'ont pas été incluses dans cette étude.

Les observations ont été effectuées par différents médecins vétérinaires étatiques et privés.

7- L'évaluation de la production laitière : Elle a été calculée en se basant sur la moyenne journalière de lait perdue, et ce pour 10 mois de lactation. Quoique la perte en lait est différente selon les élevages et les vaches, elle a permis de donner une estimation réaliste et financière sur la manque à gagner pour ce paramètre. Dans ce sens, le prix de référence de 48 DA a été utilisé.

Les pertes en nature en lait ont été estimées avant et après l'instauration d'un traitement.

Traitement statistique

Le traitement statistique a été effectué sous Excell 7. Nous avons recherché l'association entre différents paramètres au moyen du coefficient de corrélation (r). Ce coefficient renseigne sur l'intensité d'association entre deux paramètres, sans indiquer obligatoirement une dépendance quelconque. L'écart type été utilisé pour estimer la dispersion des résultats au niveau des élevages.



RÉSULTATS

I. Résultats

Nous avons essayé d'évaluer les boiteries selon les estimations faites par les éleveurs et les gardiens des troupeaux : pour ce faire, nous avons posé un certain nombre de questions dont nous avons changé l'ordre et la tournure afin d'obtenir des réponses pertinentes.

En effet, il n'y a pas de traditions de rapporter par écrit les différents événements au niveau de l'élevage (les réponses basées seulement sur la mémoire, peuvent être assez subjectives). Sans oublier que les vachers sont illettrés et très mal formés au métier d'élevage, ce qui influence négativement les performances des exploitations.

Ceci explique que les réponses étaient parfois contradictoires entre les gardiens d'un même troupeau et même pour le même gardien d'un jour à l'autre, sauf en ce qui concerne les boiteries les plus apparentes.

Tableau 5 : Taux de prévalence des boiteries (%)

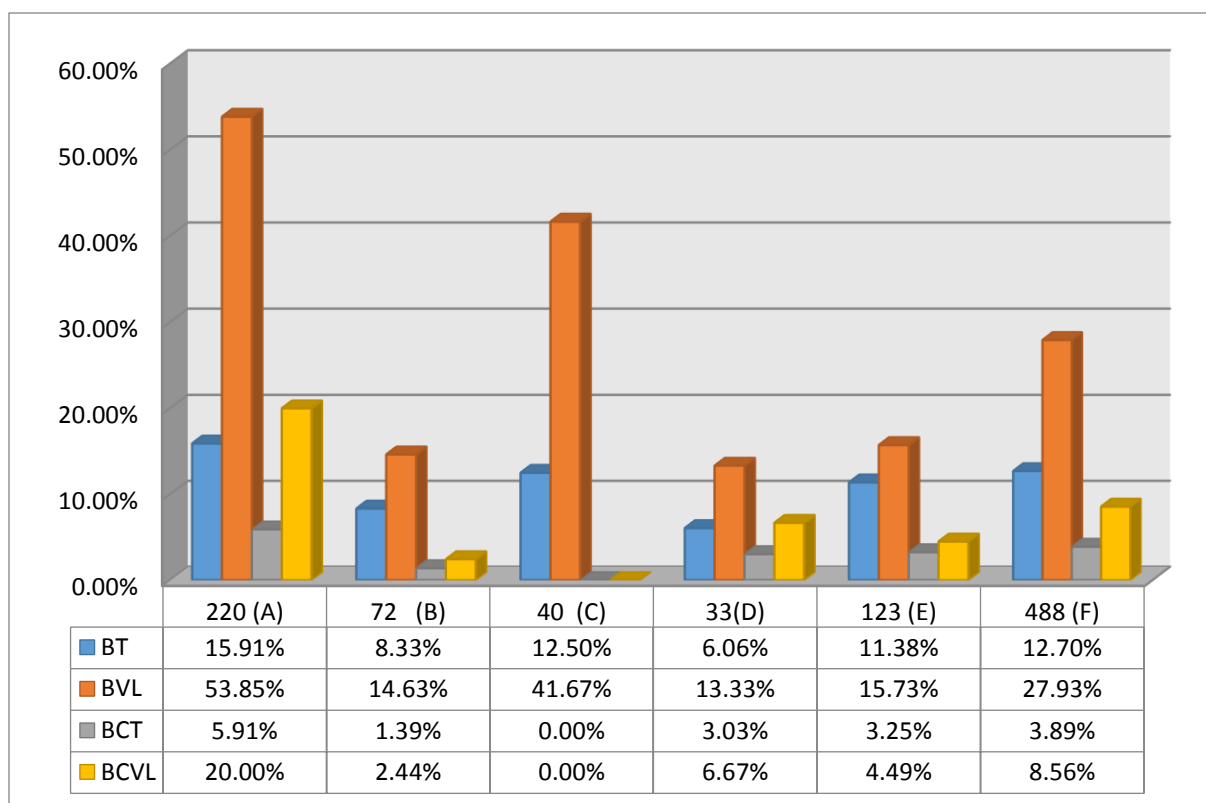
Troupeau	BT	BVL	BCT	BCVL
220 (A)	15,91	53,85	5,91	20,00
72 (B)	8,33	14,63	1,39	2,44
40 (C)	12,50	41,67	0,00	0,00
33(D)	6,06	13,33	3,03	6.67
123 (E)	11,38	15,73	3,25	4.49%
488	12,70	27,93	3,89	8,56

BT : Boiteries au niveau du troupeau ; BVL : Boiteries des vaches laitières ;

BCT : Boiteries chroniques au niveau du troupeau ; BCVL : Boiteries chroniques des vaches laitières.

La taille du troupeau n'influence pas assez le pourcentage des boiteries au sein du même troupeau ($r=0,5$), alors qu'une association encore plus faible est observée entre taille du troupeau et le taux des boiteries au niveau des vaches laitières ($r=0,23$).

Un coefficient de corrélation de 0,86 a été observé entre pourcentage des vaches boiteuses dans le troupeau et vaches laitières ; ainsi, plus les boiteries du troupeau sont élevés plus les vaches laitières sont boiteuses et l'inverse est vrai.



BT : Boiteries au niveau du troupeau ; BVL : Boiteries des vaches laitières ;
 BCT : Boiteries chroniques au niveau du troupeau ; BCVL : Boiteries chroniques des vaches laitières.

Figure 5 : Variabilité de prévalence des boiteries (%)

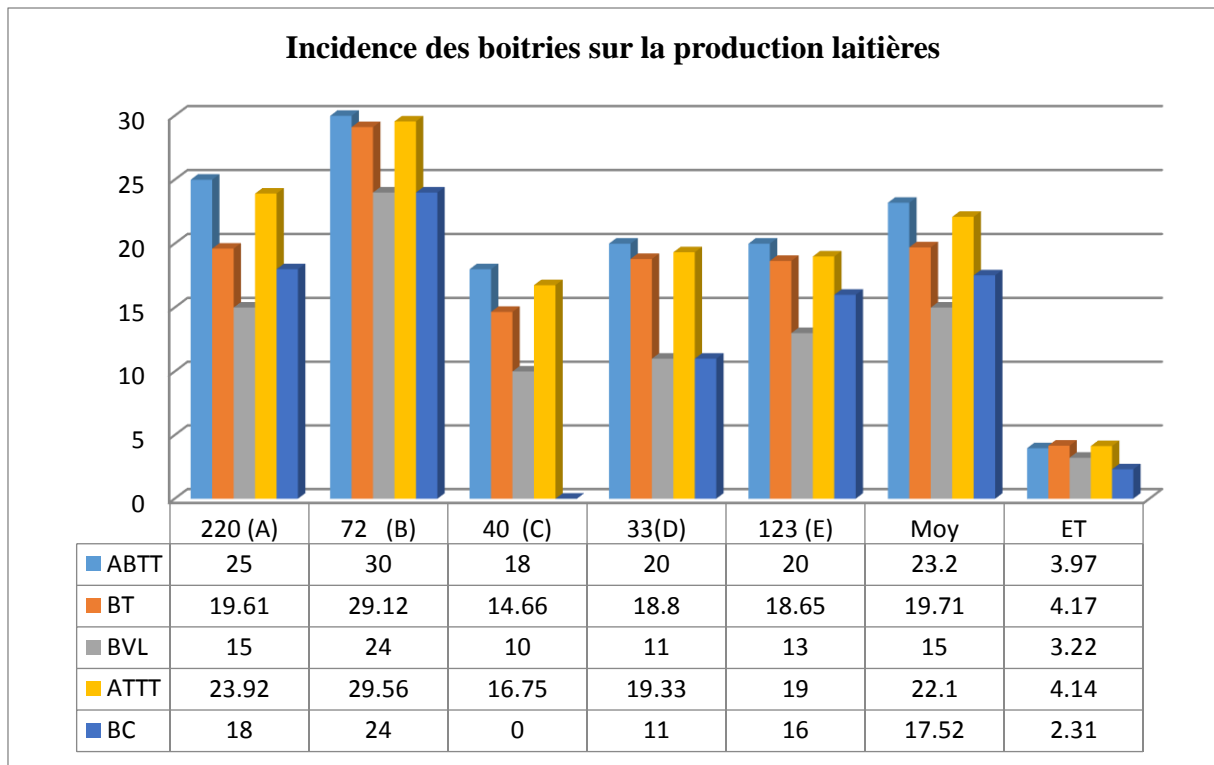
Cependant, l'examen des boiteries par troupeau a montré que c'est l'élevage « A » qui présente le plus de problèmes en relation avec les boiteries, même après traitement.

La prévalence des boiteries dans le troupeau varie de 6,06% à 15,91%, avec une moyenne de 12,70%. Cette prévalence est élevée dans l'élevage « A ». Comme indiqué dans le tableau N° 5, cette prévalence a été très élevée chez les vaches en lactation.

Cependant, si nous faisons une comparaison entre le cheptel « E » (n = 123 têtes : dont la prévalence de boiteries a été de 11,38% pour l'ensemble du troupeau, et une prévalence en boiterie de 15,73% pour les vaches laitières) ; et le cheptel « C » (n = 40 têtes : dont la prévalence de boiteries a été de 12,50% pour l'ensemble du troupeau, et une prévalence boiterie de 41,67% pour les vaches laitières), nous pouvons voir la différence importante, surtout en ce qui concerne la prévalence des boiteries pour les vaches laitières, et qui a été beaucoup plus importante dans le troupeau « C » par rapport au troupeau « E ».

Tableau 6 : Incidence des boiteries sur la production laitière (L/j)

Troupeau	Production lait troupeau (avant boiteries)	Production lait troupeau (boiteries)	Production lait des vaches laitières boiteuses	Après traitement Total troupeau	Production lait vaches avec boiteries chroniques
220 (A)	25	19,61	15	23,92	18,00
72 (B)	30	29,12	24	29.56	24,00
40 (C)	18	14,66	10	16,75	0,00
33(D)	20	18,80	11	19.33	11,00
123 (E)	20	18,65	13	19.00	16,00
Moyenne	23,20	19,71	15	22.10	17,52
ET	3.97	4.17	3,22	4.14	2,31



ABTT : Avant boiteries Total troupeau ; **BT** : Boiteries troupeau ; **BVL** : Boiteries vaches en lactation ; **ATTT** : Après traitement Total troupeau ; **BC** : Boiteries chroniques.

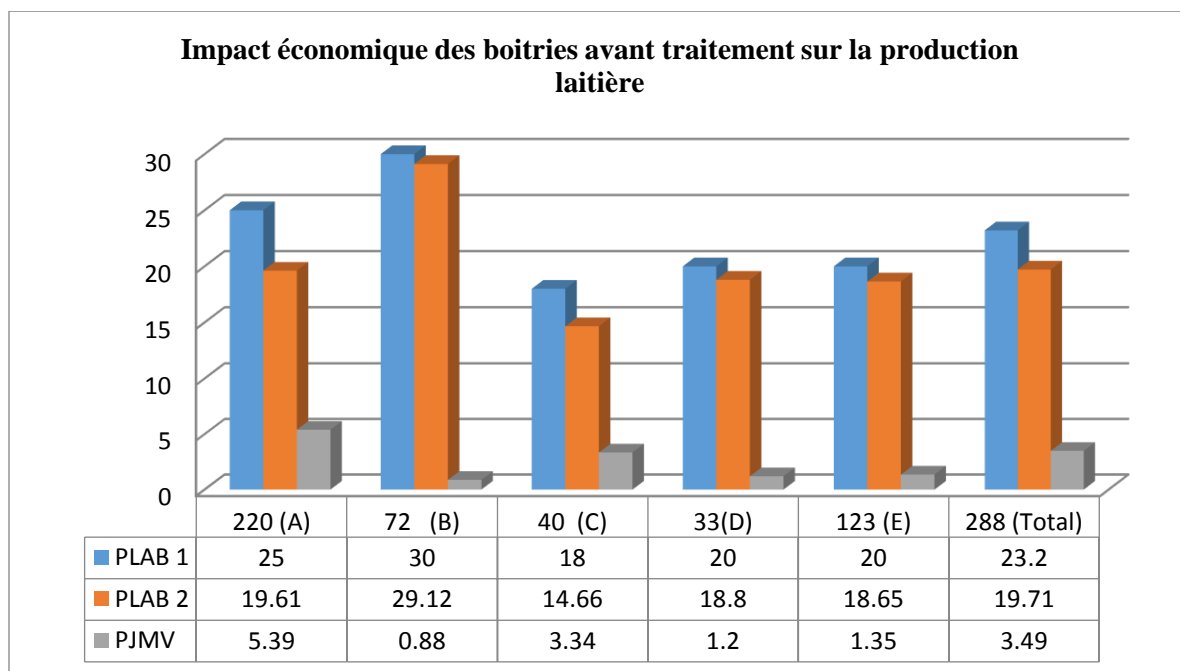
Figure 6 : Variabilité de prévalence des boiteries (%)

Selon les résultats obtenus, nous avons remarqué que l'impact des boiteries sur la production laitière est loin d'être négligeable.

Tableau 07 : Impact économique des boiteries avant traitement, sur la production laitière

Troupeau	Prod. Moy. lait avant boiterie	Prod. lait lors boiterie	Perte/j / moy/vache
(A) 220	25	19,61	5,39
(B) 72	30	29,12	0,88
(C) 40	18	14,66	3,34
(D) 33	20	18,80	1,20
123 (E)	20	18,65	1,35

Total : 488	23,20	19,71	3,49
--------------------	-------	-------	------



Le nombre de vaches en lactation pris en considération a été de 222, étant donné que nous n'avons pas pris en compte les génisses et les vaches tarées ou encore en lactation pendant les deux derniers mois, car généralement le tarissement est tardif, voire même très tardif.

La perte en lait s'inscrit dans une fourchette allant de 0,88 litres de lait /vache/jour à 5.39 litres de lait /vache/jour, avec une moyenne de 3,49 litres de lait / vache/par jour (tableau 07).

Donc, les pertes en lait pour une lactation se résument comme suit :

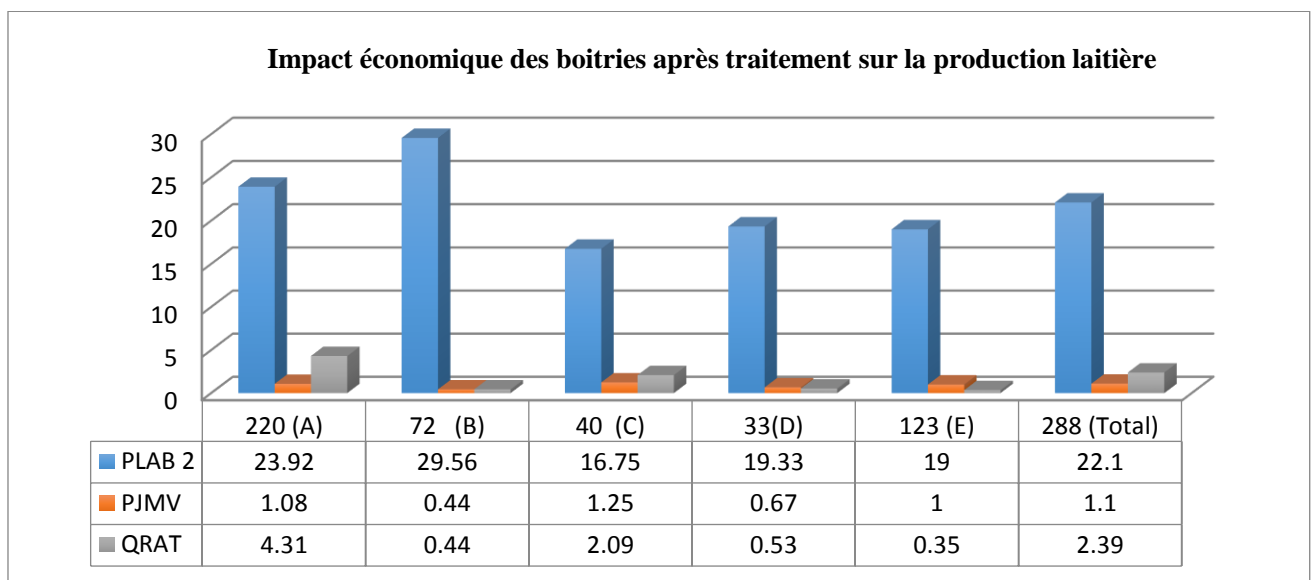
$3,49$ (moyenne production / jour/ vache) \times 222 (nombre de vaches en lactation) \times 210 (10 mois de lactation) = $232\ 434$ litres de lait pour 10 mois).

Avec un manque à gagner pour les quatre exploitations de : $232\ 434 \times 48 = 11\ 156\ 832$ DA (pour 10 mois).

Sot un manque à gagner de plus de onze millions (11 millions) de dinars algériens !

II.4. Impact économique des boitreries après traitement sur la production laitière

Troupeau	Prod. lait Après trait	Perte moy /j /vache	Quantité récupérée Après traitement
220 (A)	23,92	1,08	4,31
72 (B)	29,56	0,44	0,44
40 (C)	16,75	1,25	2,09
33(D)	19,33	0,67	0,53
123 (E)	19,00	1,00	0,35
488	22,10	1,10	2,39



Le traitement précoce des boiteries permet de minimiser leur impact sur la production laitière : $2,39 \times 222 \times 300 = 159\,174$ (quantité récupérée après traitement).

Toutes les étables que nous avons visitées étaient dotées d'un sol en béton, les surfaces en étaient mouillées en permanence ; cette humidité était entretenue par la présence de bouse mêlée d'urine, car les surfaces n'étaient pas suffisamment grattées.

II.5. Nature des affections

Troupeau	Boiteries troupeau	Panaris (Phlegmon interdigité)	Dermatite interdigitée (Fourchet)	Arthrite	fourbure	Ulcère de la sole	Dermatite digitée	Boiteries chroniques
A	35	12	09	04	02	01	01	06
%	15,9%							
B	6	01	02	01	01	0	0	01
%	8,33 %							
C	5	02	01	1	0	0	1	00
%	12,50%							
D	2	0	01	0	0	01	0	00
%	6,06%							
E	14	04	02	02	02	0	0	04
%	11,38%							
TOTAL	62	19	15	8	5	2	2	11
%	12,70							

Au total, 62 cas de boiteries ont été relevés dans notre échantillon : Panaris interdigité (19 cas), dermatite interdigité (15 cas), arthrites (8 cas), fourbure (5 cas), ulcère de la sole (2 cas), dermatite digitée (2 cas) du pied représentent les symptômes ou lésions les plus observés.

Les boiteries chroniques, réfractaires à tout traitement, au nombre de 11 cas au niveau des 5 élevages représentent quand même 17,74 % de l'ensemble observé.

Impact des boiteries sur la fertilité

Il faut noter que, dans tous les élevages étudiés, la pratique de l'insémination artificielle est totalement absente, quoiqu'elle ait été pratiquée pendant un laps de temps très court.

Ce qui est le cas un peu partout à travers le territoire. La reproduction est menée en lutte libre, le(s) taureau(x) sont maintenus en permanence avec le troupeau, que ce soit au niveau des pâturages ou au niveau de l'aire de promenade.

Pour cette raison, il nous a été impossible de déterminer l'intervalle entre le vêlage et la première saillie fécondante. Donc, les allongements entre vêlages peuvent avoir plusieurs raisons. Le signe principal des chaleurs étant l'acceptation du chevauchement, les boiteries affectent négativement la détection des chaleurs par l'éleveur. Les chaleurs étant mal détectées, l'animal n'est pas mis à l'insémination.

Donc, cette lutte libre pourrait constituer un moindre mal, vu le système de gestion des élevages dans notre pays.

Dans notre étude, pour l'élevage A, 40% des vaches ont présenté une moyenne d'intervalles entre vêlages de 465 jours, dont 31% de vaches boiteuses. Il est à noter que c'est l'élevage présentant le plus de cas de panaris interdigité inhérent aux mauvaises conditions d'hygiène.

11% des vaches laitières de l'élevage B ont présenté des intervalles vêlage-vêlage de 435 jours, dont 8% de vaches boiteuses. Pour l'élevage C, 18% des vaches ont présenté des intervalles vêlage-vêlage supérieurs à 418 jours, dont 11% de vaches boiteuses, soit une moyenne totale de 432 jours.

DISCUSSION

DISCUSSION

Influence du climat :

Les facteurs climatiques agissent plutôt négativement sur les bovins des races importées, et influent ainsi sur leur production laitière. Il en est ainsi pour le climat saharien et sub saharien qui agit en privant les animaux d'une alimentation en quantité, du fait de l'absence des pâturages de qualité. Il ne faut aussi, surtout pas oublier la chaleur caniculaire en été, et qui dépasse souvent la moyenne de 34°C, ce qui occasionne chez les vaches un stress thermique important, pouvant engendrer une baisse notable de leur production laitière, de même que de leur fertilité.

Selon Senoussin (2006), la productivité des animaux baisse considérablement au-delà des intervalles thermiques (+27°C - +30°C).

L'absence d'une tradition d'élevage intensif, malgré quelques efforts accomplis, rend impossible l'exploitation du potentiel génétique des vaches laitières des races surtout d'importation. Aussi, il est à noter qu'il y'a une nette absence de vulgarisation en matière d'élevage bovin et une non maîtrise de la conduite d'élevage qui se caractérise par l'insuffisance de qualification et de spécialisation de la main-d'œuvre.

L'absence d'une tradition d'élevage intensif, au sens plein du terme, rend difficile l'exploitation du potentiel génétique des vaches laitières, et se résume en un manque de maîtrise de la conduite d'élevage, et qui se reflète elle-même par le manque de qualification et de spécialisation de la main-d'œuvre, ainsi que par l'absence de la vulgarisation en matière d'élevage bovin.

Certains éleveurs ne tiennent pas compte de la qualité des aliments, ils recourent à un mode de rationnement rudimentaire ; ils s'approvisionnent de toutes espèces appréciées par le bovin, sans prendre en considération leur valeur nutritive.

Le peu de surfaces destinées à la production fourragère d'une part et le manque d'eau d'irrigation d'autre part contraignent les éleveurs à s'approvisionner en aliment sec depuis le marché ;

La rareté et la cherté des aliments surtout pendant l'hiver, notamment le vert, conduit les éleveurs à distribuer une alimentation strictement concentrée, sans oublier les contraintes liées aux milieux écologique et sociologique, de même que la cherté des aliments concentrés (Son, Maïs, ...etc.).

Problèmes sanitaires

Les bovins laitiers modernes sont à la fois sensibles à certaines maladies et exigeants à l'égard des conditions d'élevage (alimentation, hygiène de l'animal et du milieu). Notre expérience de terrain ainsi que les renseignements récoltés auprès des services vétérinaires révèlent l'existence continue de problèmes pathologiques, comme les mammites, les météorisations, et aussi le problème d'infertilité des vaches, qui parfois se surajoutent aux boiteries.

Ainsi, et en l'absence d'un plan prophylactique adéquat et de mesures hygiéniques systématiques, on a remarqué plusieurs cas d'avortements qui se déclarent généralement vers la deuxième moitié de la gestation.

Localisé dans les plaines littorales et les régions montagneuses du Nord, ce système utilise un cheptel importé, des animaux de races améliorées, mais nés localement et à moindre degré les produits de croisement avec la race locale. Même si le caractère laitier est affiché par les éleveurs, car il ouvre le plus souvent la porte aux subventions de l'Etat, la conduite montre clairement la tendance mixte de ces élevages. En effet, les jeunes sont dans la majorité des cas gardés jusqu'à 2 ans et au-delà, le sevrage est tardif, l'insémination artificielle n'est pas une pratique courante et les performances de production et de reproduction sont loin des aptitudes du matériel génétique utilisé. Les troupeaux sont généralement d'effectifs moyens à réduits (autour de 20 têtes) et entretenus par une main d'œuvre familiale. L'alimentation est à base de foin et de paille achetés. Un complément concentré est régulièrement apporté. Les fourrages verts sont assez rarement disponibles, car dans la majorité des élevages bovins, l'exploitation ne dispose pas ou dispose de très peu de terre (Rapport National sur les Ressources Génétiques Animales : Algérie, octobre 2003)

Les problèmes de boiteries ont des répercussions en cascade sur la prise alimentaire, la qualité de la rumination, l'état corporel, la fertilité et la production laitière, d'où l'importance de surveiller la qualité de la locomotion. La démarche et le maintien des animaux constituent des indicateurs précieux de l'état de santé de leurs pieds : dos tenu voûté, balancement de la tête et de l'encolure, raideur articulaire et locomotion à petites foulées. Plus l'animal présente des signes visibles de boiterie, plus le stade pathologique du pied est avancé. La notation de motricité est basée sur l'observation des vaches debout, à l'arrêt et pendant la marche, avec

une attention particulière portée à la ligne du dos. C'est donc un moyen visuel facile à apprendre et à appliquer sur un troupeau. L'utilisation du système de notation est utile pour détecter précocement les troubles de la locomotion, les infections des pieds, contrôler la fréquence des boiteries. C'est aussi un outil de comparaison de l'incidence et de la gravité des boiteries entre troupeaux. Enfin, cette méthode permet d'identifier les vaches ayant des problèmes d'onglons (Sprecher, 1997). La méthode élaborée par Sprecher *et al.* (1997) est probablement la plus connue et la plus citée (Fabian, 2012). Elle est fondée sur une évaluation subjective de la courbe du dos, de la longueur des enjambées (courtes), du fait que la vache préfère utiliser un membre au détriment des autres et de la réticence à supporter du poids. Cette méthode a été utilisée pour évaluer la prévalence de la boiterie, les résultats obtenus ont été relativement fiables (différents observateurs ont tiré les mêmes conclusions) (Espejo *et al.*, 2006). Afin d'utiliser le taux de prévalence de la boiterie comme norme de bien-être animal fondée sur les résultats, il importe d'utiliser des mesures fiables et valables pouvant être appliquées à la ferme.

La méthode élaborée par Sprecher *et al.* (1997) est par conséquent, facile à apprendre et à mettre en œuvre pour la notation de la locomotion, la détection précoce des troubles des sabots et la surveillance de la prévalence dans la boiterie (Rodriguez, 2008).

Pour les diverses raisons énoncées ci-dessus, cette méthode a été utilisée dans notre étude.

Toutes les vaches qui ont présentés un score de 3 et plus ont donc été considérées comme boiteuses.

Cependant, quelque soit le système utilisé, la notation de la mobilité permet d'identifier significativement plus de vaches boiteuses que les estimations faites par l'éleveur. Wells *et al.* (1993) lors d'un suivi des boiteries dans 17 troupeaux dans le Minnesota et le Wisconsin (USA), en utilisant un système à 5 points similaire à celui de Sprecher, ont détecté une prévalence des boiteries, 2,5 fois plus élevée que la prévalence estimée par les questionnaires des troupeaux.

Dans une étude ultérieure, Espejo *et al.* (2006), en utilisant le système de notation élaboré par Sprecher *et al.* (1997), ont constaté que la prévalence de la boiterie était de 24,6%, soit 3,1 fois plus élevé que les estimations des agriculteurs. Au Royaume-Uni, Whay *et al.* (2003), ont rapporté un taux de prévalence de la boiterie de 22,1%, soit presque quatre fois plus élevé que les estimations des agriculteurs qui étaient de 5,7%.

Plus récemment, en république tchèque, Sarova *et al.* (2011) en utilisant une échelle à trois points (0, non boiteux ; 1 modérément boiteuse ; 2, boiterie grave), ont signalé que cette méthode de notation a permis de détecter une prévalence de la boiterie de 31%, alors que celle

estimée par les gestionnaires des fermes était de 6%, soit 5 fois moindre. Cependant, ces études ont été entreprises chez des animaux en stabulation et non dans les systèmes en pâturage libre, comme ceux qui prédominent en Nouvelle-Zélande. Il se peut que la perception de la boiterie dans de tels systèmes soit meilleure que chez les bovins en stabulation. Tout d'abord, la prévalence de la boiterie est beaucoup plus faible en Nouvelle-Zélande que dans la plupart des systèmes de stabulation (Mason *et al.*, 2012). En outre, des pâturage à la salle de traite, les bovins couvrent des distances importantes, donnant au personnel de la ferme l'occasion d'évaluer la locomotion des vaches et d'identifier celles qui sont boiteuses, au moins une fois et habituellement deux fois par jour (Driessen, 2007).

Il pourrait y avoir de 3 à 10 fois plus de vaches souffrant de boiterie modérée dans un troupeau que de vaches souffrant de boiterie grave, compte tenu des critères permettant d'établir si une vache est modérément boiteuse ou non. Cependant, bien qu'il semble que tous s'accordent facilement sur le fait qu'une vache soit gravement boiteuse ou non, il semble que le taux d'entente entre les différents observateurs diminue lorsque vient le temps d'établir si une vache est modérément boiteuse : les observateurs s'entendent facilement sur le taux de prévalence des vaches gravement boiteuses, mais les évaluations du taux de prévalence pour l'ensemble des cas de boiterie varient (Agriculture and Agri –Food Canada, 2009 ;Cook 2003 ; Espejo *et al.*, 2006).

Pendant la période de notre étude en utilisant le système de notation élaboré par Sprecher *et al.* (1997), la prévalence de la boiterie dans l'ensemble des troupeaux (catégories et sexes confondus) a varié de 6,06% (D = 33) à 15,91 % (A = 220), alors que chez les vaches laitières elle était de 13,33% (D) à 53, 85% (A) (vs troupeau).

D'après Kaouche *et al.*(2012), suite à une étude qui a porté sur 70 exploitations totalisant 1454 bovins dont 822 vaches laitières au niveau de la wilaya de Médéa, les maladies fréquentes dans les élevages enquêtés sont surtout représentées par les boiteries avec près de 78,5 % des cas, devant les mammites avec 42,8 %, les maladies respiratoires et digestives 35,7 % et enfin les infections uro-génitales comme les métrites avec 14,3 %. La majorité des éleveurs possédant des bâtiments en dur pour abriter leurs troupeaux. 7 % d'entre eux pratiquent la stabulation libre et dans 93% des unités, les animaux se trouvent en stabulation entravée. A signaler que cette stabulation favorise les problèmes de l'appareil locomoteur (boiteries), et accentue la nervosité des vaches, surtout pour celles qui se trouvent dans un local étroit, mal aéré et sans aucune aire d'exercice (Kaouche *et al.*, 2012).

Dans une autre étude effectuée sur le bien être des bovins laitiers ayant touché 100 fermes de l'algérois, Benatallah *et al.* (2015) ont constaté un pourcentage de boiteries de 33,8%,

pratiquement équivalent à celui des mammites 33,6%. Ces boiteries ont été classées en sévères 15,8% et modérées 18,2%. Pour 53 fermes, ces boiteries étaient en relation avec un système de stabulation entravée, et avec un sol glissant en béton sans litière. Pour l'ensemble des fermes, la variabilité des boiteries s'inscrivait dans une fourchette allant de 0 à 50 %.

La prévalence des boiteries varie considérablement entre les exploitations, les régions et les systèmes de logement, mais elle est généralement plus élevée dans les étables à stabulation libre, par rapport à celles à stabulation entravée (Cook, 2003; Sogstad *et al.*, 2005b), les litières entassées, et les systèmes de pâturage (Hernández-Mendo *et al.*, 2007) (Haskell *et al.*, 2006).

Les aménagements structurels pour les bovins laitiers devraient fournir une zone relativement sèche, pour permettre aux animaux de se coucher et d'être à l'aise pour autant d'heures de la journée qu'ils le désirent (Cook *et al.*, 2005). Des travaux indiquent que le flux sanguin vers la mamelle, qui est liée au niveau de la production laitière, est sensiblement plus élevé (28%) quand une vache est étendue que quand une vache est debout (Metcalf *et al.*, 1992).

La gravité des lésions de la corne des onglons est influencée par le temps passé debout chaque jour, ce qui entraîne une augmentation de la charge de l'onglon et une augmentation de la compression des tissus en dessous de la troisième phalange (Cook et Nordlund, 2009).

Le ciment ne constitue pas la meilleure surface de marche, d'une part parce qu'il est dur (Rushen et Passillé, 2006), et d'autre part, parce qu'il n'offre pas suffisamment d'adhérence (Van der Tol *et al.*, 2005). Cela se manifeste par la lenteur de la marche des vaches, et par une tendance accrue à glisser et à tomber. Une rugosité accrue des planchers de ciment peut aider à accroître l'adhérence, mais cela ne modifie pas la vitesse de marche des vaches (Phillips et Morris 2001), et peut également conduire à l'usure accrue des onglons, en raison de la nature plus abrasive du ciment, de sorte que les parties les plus tendres des onglons doivent supporter plus de poids (Telezhenko *et al.*, 2008). La pression accrue exercée sur le sabot augmente le risque de blessure (Franck et De Belie 2006, Franck *et al.*, 2008).

Les lésions infectieuses des onglons, comme la dermatite digitée, la dermatite interdigitale et l'érosion de la corne du talon semblent être associées avec un sol humide (Wells *et al.*, 1999) ou à l'accumulation de matières fécales et des urines (Somers *et al.*, 2005a, Somers *et al.*, 2005b). Borderas *et al.* (2004) ont constaté que la corne des onglons exposée à l'humidité est ramollie et plus souple, d'où une augmentation de l'érosion de la corne du talon. Plusieurs études épidémiologiques ont permis d'établir des corrélations entre le type de plancher et la boiterie et divers troubles des sabots.

Les planchers en ciment provoquent une augmentation des occurrences de lésions causées par des problèmes dans la corne de l'onglon (par exemple : hémorragie de la sole, plaies de pression, maladie de la ligne blanche) comparativement aux surfaces paillées (Frankena et coll. 1992, Somers et coll. 2003), tandis qu'une étude de Faye et Lescourret (1989) a révélé une hausse de l'occurrence des troubles variés du sabot, sur les planchers de ciment comparativement aux surfaces de terre.

Toutefois, les surfaces où les vaches se reposaient pouvaient également être différentes (cet aspect de la question n'était pas décrit en détail dans les études), de sorte que la différence était peut-être attribuable aux aires de repos, plutôt qu'au plancher proprement dit.

Une étude de Cramer (2007) a montré qu'il n'y avait pas de différence entre les planchers en ciment et les planchers en caoutchouc, pour ce qui est du nombre d'occurrences des lésions aux sabots. Le fait que le plancher en ciment soit latté ou uni ne semblait rien changer au nombre de problèmes aux onglons (Somers *et al.*, 2003). Toutefois, les propriétés physiques propres aux planchers en ciment ont leur importance : les cas de boiterie sont plus fréquents lorsque le plancher est lisse ou glissant (Faull *et al.*, 1996, Dembele *et al.*, 2006). L'entretien des planchers en ciment a un effet sur l'occurrence des lésions aux sabots, Bell (2004) a trouvé que le nombre d'imperfections majeures dans le plancher (larges crevasses, trous dans le ciment) pouvait compter pour 15 % des différences dans le nombre de vaches souffrant de lésions au talon du sabot dans des élevages laitiers de la vallée du Fraser, en Colombie-Britannique (Canada).

En raison des caractéristiques de la croissance de la corne et du mode d'élevage, le pied des bovins en bâtiment va subir un allongement de la paroi en région antéro-abaxiale, et un affaissement en région postéro-axiale. Cela va charger davantage la zone vulnérable de la sole. Si cet impact reste mineur dans la majorité des cas, il peut aussi devenir un problème majeur avec boiterie, lorsque des conditions défavorables sont exercées sans répit, toute l'année. Ce qui est le cas dans une conduite en « 0 pâturage » (Raven, 1992).

Donc, un sol en ciment est non amortissant. Ce sont alors les onglons qui supportent tout le poids de l'animal, sur une surface réduite puisque le sol n'épouse pas la forme de la sole (Van Der Tol, 2002). L'enfoncement dans un sol plutôt mou, diminue la part d'amortissement encaissé par le pied. La terre entraîne peu d'usure des sabots, ce qui sollicite peu la production de corne (Hulsen, 2006). De plus, l'herbe exerce une action mécanique de nettoyage entre les onglons.

Il est intéressant de noter que le cheptel D est celui dont l'effectif est le moindre, et il est le cheptel le plus fourni. On serait tenté de dire que plus le cheptel n'est grand, et plus les boiteries ne sont difficiles à maîtriser (corrélation assez significative).

Cependant, si on fait une comparaison entre le cheptel E et le cheptel C du point de vue boiteries, cela tiendrait plutôt de la conduite d'élevage. L'étable C dispose d'une aire d'exercice très vaste, avec un sol sableux donc, assez mou et dépourvu de pierres ou de gravillons. Pour toutes les autres étables, les vaches sont lâchées dans des pâturages pierreux et argileux, donc assez dures et non amortissant.

L'enfoncement des pieds dans un sol plutôt mou diminue la part d'amortissement encaissé par le pied. La terre entraîne peu d'usure des sabots, ce qui sollicite peu la production de corne (1 à 2 mm/semaine (Hulsen , 2006).

- **Pertes en lait**

même si tous les élevages étudiés étaient composés en totalité de vaches de races laitières (prim'holstein) leurs productions laitières n'en étaient pas moins très variables.

Nous avons enregistré une assez forte disparité dans la moyenne de production journalière par vache, entre les différents élevages. Cependant, même pour les vaches boiteuses, cette production reste supérieure à celles enregistrées par Nedjraoui (2002) dans 80 exploitations (12,22 kg de lait/vache traite/jour), ainsi que par Belhadia *et al.* (2009) (12,13 kg) dans les plaines du Cheliff. Cette supériorité peut s'expliquer par les types de races bovines et par la conduite d'élevage.

Au vu de ces résultats, les pertes en lait ont été assez conséquentes, surtout pour la production nationale, car en l'absence d'un traitement, un ensemble de 22 vaches peut entraîner jusqu'à près d'un quart de million de litres de lait de perte par an. Le traitement minimise de beaucoup cette perte, mais il semble qu'il ne soit instauré qu'après que la boiterie se soit manifestée et même chronique. Malheureusement, de nombreux producteurs laitiers ne sont pas conscients du nombre de vaches boiteuses dans leur troupeau et, s'ils le constatent, ils ne disposent souvent pas d'assez de temps pour les traiter (Leach *et al.*, 2013).

Nature des affections

La comparaison des résultats avec des chiffres relevés par d'autres auteurs paraît difficile, compte-tenu des nombreuses erreurs de diagnostic. Cependant, le phlegmon interdigité (panaris), symptôme facilement identifiable, paraît être le plus fréquent dans notre échantillon (30,64 % des cas).

Le panaris é été déjà confirmé comme intervenant directement dans la chute de production laitière (Berry, 2009).

Plusieurs facteurs de risques d'apparition de boiteries chez les bovins sont connus (Flower and Weary, 2009). L'état du sol, mais aussi le système d'approvisionnement ont un impact sur la note de locomotion ou sur la proportion des boiteries cliniques (Olmos et al, 2009). Dans notre étude, nous avons remarqués des sols très durs et le non respect des règles d'hygiène.

D'autres études en Algérie ont révélé des boiteries avec des prévalences de 78.5 % et 4.6 % respectivement (Kaouche et al, 2012; Ghozlane et al, 2010).

Cette étude a en outre montré des niveaux moyens de lactation supérieurs chez les vaches qui sont affectées par la boiterie durant la lactation par rapport aux autres qui ne le sont pas durant cette période comme postulé par Lucey et al. (1986) et Barkema et al. (1994).

La disparité des boiteries dans les élevages laitiers a été indiquée dans plusieurs études: 3.5% in Ethiopie, 7% au Danemark, 11% au Kenya, 18% en Hollande, 28.5% au Canada et 36.8% en Angleterre comme reporté par Mishamo et Abebe, 2012, Alban, 1995, Mohamadnia, 2005, Clarkson et al, 1996, Ito et al, 2010, Barker et al, 2010 respectivement.

Il est probable que ces résultats sont associés avec la difficulté de définir la boiterie clinique (Clarkson et al., 1996)

Cependant des chiffres légèrement inférieurs (Green et al, 2002, Espejo et al, 2006) et d'autres plus élevés (Bicalho et al, 2008) des moyennes quotidiennes de production laitière ont aussi été enregistrées après le début des boiteries. Cette variation dans la quantité de lait perdue peut être attribuée à la différence dans la productivité des vaches ainsi que le type et la sévérité des lésions. Les vaches ayant des abcès ou du piétin ont tendance à avoir de grands baisse dans la production du lait (Warnick et al, 2001).

Le risque croissant peut survenir aussi parce que leurs besoins nutritionnels ne sont pas satisfaits. Même quand l'aliment est adéquat du point de vue qualité et quantité, les vaches à haut de niveau de production laitière restent longtemps debout pour s'alimenter et, ceci peut augmenter le risque de boiteries. Cependant, ceci peut être aussi du au fait que les bovins sont exposés au risque inné ; des études génétiques indiquent que la haute production laitière est corrélé négativement avec la faible incidence de boiteries (Hansen et al., 1979).

Pour réduire l'impact de l'hygiène sur les boiteries, les pédiluves peuvent être d'une certaine utilité cependant ils sont davantage préconisés de manière curative que préventive et en grande majorité pour lutter contre la dermatite digitée, puis contre la dermatite interdigitée (Thibault, 2012).

Impact des boiteries sur l'intervalle vêlage - vêlage

L'Intervalle entre vêlages est le critère technico-économique le plus intéressant en production laitière (Gilbert 2005) ; ce dernier donne une mesure des plus proches quant à la fertilité du troupeau, et représente le nombre de jours séparant deux mises bas successives. Il faut néanmoins signaler que son appréciation est toujours tardive, et de ce fait ne peut être considéré seul.

Selon Denis (1978), il ne prend pas en compte les problèmes de fertilité qui apparaissent avant une éventuelle décision de réforme, et de plus, ne permet pas à lui seul d'orienter une analyse étiologique, du fait qu'il cumule d'une part l'influence de la conduite de l'éleveur et d'autre part la fécondité imputable à l'animal.

De ce fait, on lui préfère l'intervalle vêlage- fécondation avec lequel il est fortement corrélé (Badinand, 1983). L'intervalle vêlage - fécondation, est le plus couramment utilisé pour caractériser la fécondité d'un individu ou d'un troupeau ; il explique 90% des variations de l'intervalle vêlage – vêlage. Sa valeur dépend de l'intervalle vêlage- première insémination, ou délai de mise à la reproduction, et de l'intervalle première insémination –insémination fécondante, caractérisant la fertilité.

L'étude des problèmes de reproduction est basée sur la recherche, parmi les éléments qui composent cet intervalle, de ceux qui sont responsables de son allongement anormal (INRAP, 1989).

Les interrelations entre la santé en général et la reproduction sont très complexes. Le stress de la maladie a un impact négatif sur la reproduction. Cependant, l'exemple des problèmes locomoteurs est très éloquent (Ariane Bonneville-Héber, 2009).

L'impact des boiteries sur le taux de réussite à la première insémination artificielle, ou encore sur les l'intervalles vêlage - première ovulation, Intervalle vêlage - première insémination artificielle, Intervalle vêlage insémination artificielle fécondante ou Intervalle vêlage-vêlage a été décrit dans plusieurs travaux (Barkema *et al.*, 1994 ; Collick *et al.*, 1989 ; Garbarino *et al.*, 2004 ; Harman *et al.*, 1996 ; Hultgren *et al.*, 2004 ; Lee *et al.*, 1989 ; Lucey *et al.*, 2006 ;

Melendez *et al.*, 2003 ; Sood et Nanda, 2006 ; Steffan et Humblot, 1985 ; Suriyasathaporn *et al.*, 1998).

L'effet des boiteries varie selon le moment où elles surviennent durant la lactation (Collick *et al.*, 1989). Celles survenant tôt dans la lactation semblent montrer les effets les plus marqués sur l'IV-IF (Lucey *et al.*, 2006; Suriyasathaporn *et al.*, 1998). L'effet des boiteries varie également avec le type de lésion (Collick *et al.*, 1989; Lucey *et al.*, 2006).

Les boiteries peuvent agir sur les performances de reproduction de plusieurs façons, en diminuant l'intensité des signes d'agitation (chevauchement), en raison des appuis douloureux (Sood et Nanda, 2006), en favorisant la dissémination d'agents infectieux, ou en aggravant la mobilisation des réserves corporelles et le déficit énergétique du post partum (Hultgren *et al.*, 2004). Une étude démontre que les vaches qui développent des problèmes de boiteries dans les 30 premiers jours de la lactation, ont plus de chance de présenter des kystes ovariens et ont des performances reproductrices inférieures aux vaches indemnes de cette condition (Melendez *et al.*, 2003). Boiteries et infertilité pourraient également avoir une cause commune et être la conséquence de la circulation d'endotoxines bactériennes (Hultgren *et al.*, 2004).

Les conséquences des boiteries peuvent s'expliquer par une ration mal adaptée. Lors d'acidose sub-clinique, des endotoxines sont rejetées par lyse des bactéries Gram-. Celles-ci auraient de plus une influence sur la croissance des follicules ovariens, et favoriseraient ainsi la formation des kystes ovariens (Melendez *et al.*, 2003).

L'allongement de l'IV-V peut s'expliquer par une mauvaise extériorisation des chaleurs, mais également par un taux d'ovulation plus faible. En faisant abstraction des autres maladies intercurrentes, les vaches présentant des problèmes de boiteries ont un taux d'ovulation inférieur à celui des vaches saines (MORRIS *et al.*, 2009). Dans tous les élevages étudiés ou visités, nous n'avons noté aucun usage de la table de rationnement ; les prix très volatiles des fourrages sur le marché, entraîne parfois une réduction drastique dans la quantité de foin fourni aux animaux (moins de foin).

Il est généralement admis, que l'intervalle entre vêlage est proche d'une année, des intervalles trop courts (< 330 jours) sont à éliminer, toutefois selon Denis (1979), des intervalles dépassant 400 jours sont franchement anormaux.

Nos résultats (465 jours de vêlage à vêlage) s'inscrivent dans la fourchette constatée par Messiod (2003), qui donne des moyennes de 472 jours et 411 jours observées dans des élevages situés dans la wilaya de Guelma. Bouzebda *et al.* (2006), dans une exploitation située dans la même région d'étude, constatent des intervalles moyens compris entre 422 et

464 jours, soit une moyenne sur l'ensemble de trois campagnes considérées de 449 jours. Dans une étude similaire, Bouzebda *et al.* (2003), ont constaté des valeurs moyennes dans deux élevages de la région de l'ordre de 434,66 jours et 461 jours ; de plus, il a été constaté que 60,39% des animaux expriment des intervalles de plus de 400 jours. Ghoribi (1999-2000) a admis dans son étude réalisée dans deux fermes (sur deux années) et dans la même région, des intervalles moyens de 427 jours et 442,50 jours.

Hamza et Khadri (1996-97) ont constaté dans la localité d'El-Tarf, des intervalles moyens sur deux campagnes de l'ordre de 439,93 jours et 436 jours, représentant respectivement 48,88% et 44% des vaches mises à la reproduction. Cependant, Fetni (2007), dans une étude critique réalisée dans une région de cette même localité, a observé des intervalles entre vêlages moyens de l'ordre de 387,88 jours. Senoussi (2004) dans la région d'Annaba et Madani et Far (2002), dans la région de Sétif ont observé des intervalles moyens entre vêlages de 384,68 jours pour le premier, contre des intervalles compris entre 375 et 397 jours pour les seconds, ce qui est très proche des normes acceptables. Dans notre présente étude, les boiteries interviennent pour une large part dans les troubles de la fertilité, mais comme indiqué, il ne sont pas les seuls.

Vouloir améliorer la fertilité suppose d'en connaître les facteurs de risque, leurs mécanismes d'action, les moments où il convient de les maîtriser pour améliorer les résultats. Les troubles de la reproduction sont parmi les plus difficiles à analyser et à maîtriser, de part leur origine multifactorielle et le délai souvent important entre les causes et leurs effets.

Cependant, un fait qui est rarement pris en compte et est fréquemment occulté, est que la fertilité des vaches Holstein, est définie comme la capacité de la vache à être fécondée et à mener à terme une gestation, se dégrade depuis 20 à 30 ans au niveau mondial (pour revues : Lucy *et al.*, 2001; Royal *et al.*, 2000 ; Lopez-Gatius *et al.*, 2003 ; Rajala-Schultz et Frazer, 2003 ; Rodriguez-Martinez *et al.*, 2008 ; Norman *et al.*, 2009 ; Barbat *et al.*, 2010).

La « Holsteinisation » de la race frisonne a donné la Prim'Holstein. Depuis 1990, l'intervalle entre vêlages (IVV) des vaches françaises de race Prim'Holstein s'allonge régulièrement passant ainsi de 382 jours à plus de 410 jours (Piquemal, 2009). L'objectif « un veau par vache et par an » n'est donc pas atteint dans un nombre croissant de troupeaux laitiers.

Par contre selon Gröhn (2000), il n'est pas toujours économiquement avantageux d'avoir des vaches gestantes dès que possible, et il n'y a pas une valeur optimale pour la longueur de l'intervalle vêlage pour toutes les vaches dans un troupeau. Il convient également de réévaluer

la situation actuelle qui vise à réduire l'intervalle vêlage. En général, la réflexion a été que l'intervalle vêlage doit être court pour une meilleure rentabilité.

Toutefois, si nous nous rappelons que le principal produit de la vache laitière est le lait et qu'un court intervalle entre vêlages est très difficile en l'absence de problèmes de reproduction, donc un long intervalle de vêlage peut être plus judicieux et plus rentable (Kadokawa *et al.*, 2006).

CONCLUSION

CONCLUSION

La boiterie affectant les vaches laitières est largement reconnue comme la plus sérieuse (et la plus coûteuse) problématique du bien-être des vaches en période de lactation. Afin de contrôler les cas de boiterie à la ferme, de nombreux aspects du logement et de la régie du troupeau nécessitent une gestion appropriée. Chose qui fait entièrement défaut dans la quasi-totalité de nos élevage, car le bien être de l'animal se répercute inévitablement sur sa production.

Récemment, certaines normes applicables aux troupeaux laitiers ont intégré des mesures du taux de prévalence de la boiterie (Whay et coll. 2007). Il est autorisé pour les fermes laitières un taux de prévalence de la boiterie inférieur à 10 % (Grandin 2007 ; CCPA) Pour que le taux de prévalence de 10 % soit utile, il faut déceler précisément les cas de boiterie. D'après nos résultats, il est clair que nous sommes très loin de cette norme.

Toutefois, les recherches effectuées aux États-Unis et au Royaume-Uni indiquent que les producteurs laitiers sous-estiment considérablement la prévalence de la boiterie dans leurs troupeaux (Wells *et al.*, 1995, Whay *et al.*, 2003, Espejo *et al.*, 2006).

Lors de notre étude, nous avons constaté que l'éleveur ne remarque que les cas de boiterie très prononcées, et ne semble nullement faire la relation avec la chute de la production laitière ou la baisse de la fertilité. Il à suffit de leur inculquer quelques notions de notation de la boiterie pour qu'ils arrivent à un résultat de beaucoup meilleur. Cela démontre donc l'importance d'améliorer la formation liée au dépistage de la boiterie.

Le panaris interdigité qui est classé en dernière position dans la plupart des revues bibliographiques consultés semble encore tenir une large part chez nous, ce qui dénote un très sérieux manque d'hygiène. Les intervalles entre vêlage sont assez conséquents, et cela tient probablement à la mauvaise conduite de l'élevage, et des facteurs favorisant les boiteries. Mais cela pourrait encore être due à l'importation quasi dirigée uniquement vers la Prim'Holstein, qui de l'avis de nombreux chercheurs, et en perte de vitesse quant à la fertilité. L'absence de parages des onglons, vu le manque de pareurs, aggrave encore le cas. L'absence de pédiluve, ou s'ils sont présent sont toujours vides et même si rempli, la solution n'est pas changée souvent, ce qui risque d'avoir l'effet inverse du résultat escompté.

RÉFÉRENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Alban L. 1995. Lameness in Danish dairy cows: frequency and possible risk factors. *Preventive Veterinary Medicine*. 22: 213-225.
2. Allen MS .1997. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. *Journal of Dairy Science* 80:1447-62 *Anim. Practice*, **17**, 143-158.
3. Annelies Van Nuffel , Ingrid Zwertvaegher , Liesbet Pluym , Stephanie Van Weyenberg , Vivi M. Thorup Matti Pastell , Bart Sonck ,and Wouter Saeys. 2015. Lameness Detection in Dairy Cows: Part 1. How to Distinguish between Non-Lame and Lame Cows Based on Differences in Locomotion or Behavior. *Animals*. 5:838-860
4. Ballantine HT (2002). Effect of feeding complexed zinc, manganese, copper and cobalt to late gestation and lactating dairy cows on claw integrity, reproduction and lactation performance. *The Professional Animal Scientist*. 18:211-8
5. Bareille N, Beaudeau F, Billon S, Robert A,Faverdin P.2003. Effects of health disorders on feed intake and milk production in dairy cows. *Livest Prod Sci* 83: 53-62.
6. Bareille N, Roussel Ph. 2011. Guide d'intervention pour la maîtrise des boiteries en troupeaux de vaches laitières UMT. *Maitrise de la Santé des troupeaux bovins*.
7. Barkema, H., J. Westrik, K. Van Keulen, Y. Schukken, and A. Brand. 1994. The effects of lameness on reproductive performance, milk production and culling in Dutch dairy farms. *Prev. Vet. Med.* 20(4):249-259.
8. Barker Z.E., Leach K.A., Whay H.R., N.J. Bell and D.C.J. Main, 2010. Assessment of lameness prevalence and associated risk factors in dairy herds in England and Wales. *J. Dairy Sci.* 93: 932-941.
9. Bell, E. 2004. Description of claw horn lesions and associated risk factors in dairy cattle in the lower Fraser Valley, British Columbia. Masters Thesis. Vancouver, BC: The University of British Columbia.

10. Bergsten C. 2003. Causes, Risk Factors, and Prevention of Laminitis and Related Claw Lesions. *Acta vet. scand.*, Suppl. 98:157-166.
11. Bergsten C. 1997. Infectious Diseases of the Digits. In : Greenough, P.R., Weaver,D. Lameness in cattle. 3rd Ed by Saunders, England, 336p
12. Berry S.L. 2009. Update on infectious claw diseases of cattle. CanWest Conference. 17p
13. Bicalho R. C., F. Vokey, H. N. Erb and C. L. Guard. 2007. Visual locomotion scoring in the first seventy days in milk: Impact on pregnancy and survival. *J. Dairy Sci.* 90:4586-4591.
14. Bicalho, R.C., L.D. Warnick and C.L. Guard, 2008. Strategies to analyze milk losses caused by diseases with potential incidence throughout the lactation: A lameness example. *J. Dairy Sci.*, 91: 2653-2661.
15. Bicalho, R. C., S. H. Cheong, G. Cramer and C. L. Guard. 2007. Association between a visual and an automated locomotion score in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 90(7):3294-3300.
16. Blowey R , Scholey R, Carter S .2011. Genetic loci associated with digital dermatitis in UK Holsteins. . European Buiatrics Forum.p :75 dairy cattle using animal-based measurements: Direct observations and investigation of farm records. *Veterinary Record*, 153: 197-202.
17. Blowey RW .2008. Lameness in the foot in :*Bovine Medicine*. 2008. Diseases and Husbandry of Cattle published by A. H. Andrews,R. W. Blowey, H. Boyd,R. G. Eddy (2 nd edition). John Wiley & Sons. 1232 p.
18. Blowey RW, Evans NJ, Carter S. 201 - The involvement of digital dermatitis Treponemes in non – healing bovine hoof lesions. *Proc International Ruminant Digit Symposium*, Rotorua New Zealand.
19. Bonnefoy J-M. 2002. La fourbure chez les bovins. In : Journées nationales des GTV
20. Booth, C. J., Warnick, L. D., Gröhn, Y. T., Maizon, D. O., Guard, C. L., Janssen, D., 2004. *J. Dairy Sci.* 87: 4115-4122
21. Booth, C.J., Warnick, L.D., Gröhn, Y.T., Maizon, D.O., Guard, C.L., Janssen, D. 2004. Effect of lameness on culling in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87: 4115-4122.

22. Borderas, T. F. Pawluczuk B., de Passillé, A. M. and Rushen, J. 2004. Claw hardness of dairy cows: Relationship to water content and claw lesions. *Journal of Dairy Science*. 87 :2085-2093.
23. Bouichou E L .2008. Etude de cas : Troubles locomoteurs et Comportements nutritionnels des bovins, février 2008.Grand Casablanca. http://www.memoireonline.com/03/12/5502/m_tude-de-castroubles-locomoteurs-d-origine-alimentaire-chez-les-bovins-et-solutions-proposees0.html
24. Bouraoui R B, Jemmali N, M'hamdi C, Ben Mehrez B, Rekik. 2014. Etude de l'incidence des boiteries et de leurs impacts sur la production laitière des vaches laitières dans le subhumide tunisien. *Journal of New Sciences*. 9(2) :7-17.
25. Bradley HK, Shannon D, Neilson DR. 1989. Subclinical laminitis in dairy heifers. *Vet. Rec*. 125: 177-179.
26. Britt, J. S., S. L. Berry, J. Shearer, T. Hemling, B. J. Steevens, and M. Dreher. 1999. A uniform protocol for evaluating response to treatment of papillomatous digital dermatitis lesions. *Bovine Pr*. 33(2):149-154.
27. Broom DM, Corke MJ. 2002. Effects of disease on farm animal welfare. *Acta Veterinaria Brno* 71, 133–136.
28. Bruijnis, M., Beerda, B., Hogeveen, H. and Stassen, E. 2012. Foot disorders in dairy cattle: impact on cow and dairy farmer. *Animal Welfare*, 21(1): .33-40.
29. Bruijnis, M.R.N., Hogeveen, H., Stassen, E.N. 2010. Assessing economic consequences of foot disorders in dairy cattle using a dynamic stochastic simulation model. *J. Dairy Sci.*(93):2419–2432.
30. Brulé, A., Toczé, C., Mouniax, B. 2010. Les boiteries chez les vaches laitières : fréquence d'observation et facteurs de risque dans deux systèmes de logement. *Renc. Rech. Rum*. 17.
31. Capión, N., S. M. Thamsborg, and C. Enevoldsen. 2009. Prevalence and severity of foot lesions in Danish Holstein heifers through first lactation. *Vet. J*. 182(1):50-58.

32. Chaplin SJ, Ternent HE, Offer JE, Logue DN, Knight CH .2000. A comparison of hoof lesions and behaviour in pregnant and early lactation heifers at housing. *Veterinary Journal* 159: 147–15
33. Cheli, R. and C. Mortellaro. 1974. Digital dermatitis in cattle. La dermatite digitale del bovino. VIII International meeting on diseases of cattle. Piacenza; Italy. 208-213
34. Choi BK. 1997. Spirochetes from digital dermatitis lesions in cattle are closely related to treponemes associated with human periodontitis. *International Journal of Systematic Bacteriology*. 47:175- 81.
35. Clarkson, M.J., D.Y. Downham, W.B. Faull, J.W. Hughes, F.J. Manson, J.B. Merritt, R.D. Murray, W.B. Russell, J.E. Sutherst and W.R. Ward, 1996. Incidence and prevalence of lameness in dairy cattle. *Veterinary Record*. 138: 563-567.
36. Clément Blais .2005. Pieds et membres. L'alimentation : démystifier son rôle. Symposium sur les bovins laitiers. De bons pieds vers l'avenir. Centre de références en agriculture et agroalimentaire du quebec (CRAAQ)dairy cattle: clinical and gross pathologic findings. *J. Vet. Diagn. Invest*. 10(1):67-76.
37. Collick, D., W. Ward, and H. Dobson. 1989. Associations between types of lameness and fertility. *Veterinary Record* 125(5):103-106.
38. Cook NB, Mentink RL, Bennett TB, Burgi K .2007.The effect of heat stress and lameness on time budgets of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 90: 1674–1682.
39. Cook, N. B. (2003). Prevalence of lameness among dairy cattle in Wisconsin as a function of housing type and stall surface. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 223, 1324-1328.
40. Cook, N. B. (2003). Prevalence of lameness among dairy cattle in Wisconsin as a function of housing type and stall surface. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 223, 1324-1328.
41. Cook, N. B., and K. V. Nordlund. 2009. The influence of the environment on dairy cow behavior, claw health and herd lameness dynamics. *Vet. J*. 179:360–369.

42. Cook, N. B., T. B. Bennett, and K. V. Nordlund. 2005. Monitoring indices of cow comfort in free-stall-housed dairy herds. *J. Dairy Sci.* 88:3876–3885.
43. Cornelisse, J. L., Peterse, D.J., Toussaint-Raven, E. (1981) A digital disorder in dairy cattle. *Dermatitis digitalis Tijdschr. Diergeneeskd.* 106: p452–455
44. Cramer G, Lissemore K D, Guard C L, Leslie K E, and Kelton D F (2009) The association between foot lesions and culling risk in Ontario Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 92:2572–2579
45. Cramer, G. (2007). Quantification of foot lesions and an evaluation of early detection methods for lameness in Ontario dairy farms. DVSc Thesis. Guelph, ON: The University of Guelph.
46. Da Costa GC, *et al* (1998). Effect of varying hay/barley proportions on microbial biotin metabolism in the rumen simulating fermenter (Rusitec). *Proceedings of the Society of Nutrition and Physiology.* 7:30
47. Daniel, V. (2011) Digital Dermatitis and Inter-Digital Dermatitis infection risks increase as Inter-Digital cleft in Holstein Decrease. *Proceedings of the 16th Symposium and the 8th Conference Lameness in Ruminants.* Rotorua, New Zealand. 212 p.
48. Delacroix M (2007) *Le Panaris* In : Institut de l'Élevage, *Les Maladies de bovins*, 4eme édition, La France Agricole, Paris, 282-283
49. Delacroix, M. (2008) *Maladies de l'appareil locomoteur.* In : Gourreau, J.M., Bendali, F., *Maladies des bovins.* 4th Ed. France Agricole. Paris : 797p
50. Dembele, I., Spinka, M., Stehulová, I., Panamá, J., & Firla, P. (2006). Factors contributing to the incidence and prevalence of lameness on Czech dairy farms. *Czech Journal of Animal Science*, 51, 102-109.
51. Dippel S, Dolezal M, Brenninkmeyer C, Brinkmann J, March S, Knierim U, Wincler C (2009): Risk factors for lameness in freestall-housed dairy cows across two breeds, farming systems, and countries. *Journal of Dairy Science* 92, 5476–5486.
52. Donovan G.A., Risco C.A., DeChant Temple G.M., *et al.*, Influence of transition diets on occurrence of subclinical laminitis in holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 2004, 87 : 73-84

53. Döpfer, D., A. Koopmans, F. A. Meijer, I. Szakall, Y. H. Schukken, W. Klee, R. B. Bosma, J. Green, L. E., J. Borkert, G. Monti, and N. Tadich. 2010. Associations between lesion-specific lameness and the milk yield of 1,635 dairy cows from seven herds in the Xth region of Chile and implications for management of lame dairy cows worldwide. *Animal Welfare* 19(4):419-427.
54. Echtenkamp, S. 1984. Relationship between LH and cortisol in acutely stressed beef cows. *Theriogenology* 22(3):305-311.
55. Edmondson, A.J. Interdigital Necrobacillosis (Footrot) of Cattle. Smith, B.P., ed. *Large Animal Internal Medicine*. 2nd ed., St. Louis, MO. Mosby, 1996: p 1314.
56. Enemark J.M.D., The monitoring, prevention and treatment of subacute ruminal acidosis (SARA) : a review. *The veterinary Journal*, 2008, **176** : 32-43
57. English, A.M.; Ullrich, E.; Bergfeld, U.; Fleisher, J.; Roesler, U.; Mueller, K.E. Animal suitability index and lameness in dairy farms in Saxony, Germany. In *Proceedings of the 17th International Symposium and 9th International Conference on Lameness in Ruminants*, Bristol, UK, 11–14 August 2013; pp. 109–110.
58. Enting, H., Kooij, D., Dijkhuizen, A. A., Huirne, R. B. M., Noordhuizen-Stassen, E. N. 1997. *Livest. Prod. Sci.* 49, 259-267
59. Enting, H.; Kooij, D.; Dijkhuizen, A.A.; Huirne, R.B.M.; Noordhuizen-Stassen, E.N. Economic losses due to clinical lameness in dairy cattle. *Livest. Prod. Sci.* 1997, 49, 259–267.
60. Espejo, L. A., Endres, M. I., & Salfer, J. A. (2006). Prevalence of lameness in high-producing Holstein cows housed in freestall barns in Minnesota. *Journal of Dairy Science*, 89, 3052-3058.
61. Espejo, L.A., Endres, M.I., and Salfer, J.A., 2006. Prevalence of lameness in high-producing Holstein cows housed in freestall barns in Minnesota. *Journal of Dairy Science*, 89, 3052-3058.
62. Evans NJ *et al.* - Three unique groups of spirochetes isolated from digital dermatitis lesions in UK cattle. *Vet Microbiol*, 2008, 130:141-150
63. Evans NJ *et al.* - Three unique groups of spirochetes isolated from digital dermatitis lesions in UK cattle. *Vet Microbiol*, 2008, 130:141-150.

64. Faull, W. B., Hughes, J. W., Clarkson, M. J., Downham, D. Y., Manson, F. J., Merritt, J. B., *et al.* (1996). Epidemiology of lameness in dairy cattle: The influence of cubicles and indoor and outdoor walking surfaces. *Veterinary Record*, 139, 130-136.
65. Faye B, Fayet JC, Brochart M, Barnouin J et Pac Card P (1986b). Enquête Eco-Pathologique Continue : 5. Mise en évidence des associations pathologiques en élevage bovin laitier : données individuelles. *Ann. Rech. Vét.*, 17(3), 265-286
66. Faye, B., & Lescourret, F. 1989. Environmental factors associated with lameness in dairy cattle. *Preventative Veterinary Medicine*, 7, 267-287
67. Faye, B., Lescourret, F. (1989) Environmental factors associated with lameness in dairy cattle. *Prev. Vet. Med.* 7:267–287.
68. Fitzgerald T, *et al* (2000). The influence of long-term supplementation with biotin on the prevention of lameness in pasture fed dairy cows. *Journal of Dairy Science* 83:338-44
69. Flower, F. C., & Weary, D. M. (2006). Effect of hoof pathologies on subjective assessments of dairy cow gait. *Journal of Dairy Science*, 89, 139-146.
70. Flower, F. C., de Passillé, A. M., Weary, D. M., Sanderson, D. J., & Rushen, J. (2007). Softer, higher-friction flooring improves gait of cows with and without sole ulcers. *Journal of Dairy Science*, 90, 1235-1242.
71. Flower, F.C. and Weary, D.M. Gait assessment in dairy cattle. *Animal*. 2009. 3(1): 87-95.
72. Fourichon, C., Seegers, H., Bareille, N., Beaudeau, F. 1999. *Prev. Vet. Med.* 41, 1-35
73. Fourichon, C., Seegers, H., Malher, X. 2000. *Theriogenology*. 53, 1729-1759
74. Franck, A., & de Belie, N. (2006). Concrete floor-bovine claw contact pressures related to floor roughness and deformation of the claw. *Journal of Dairy Science*, 89, 2952-2964.
75. Franck, A., Verheghe, B., & de Belie, N. (2008). The effect of concrete floor roughness on bovine claws using finite element analysis. *Journal of Dairy Science*, 91, 182-192.

76. Frandson RD, Spurgeon TL, (1992) Anatomy and physiology of Farm Animals, 5th ed., Philadelphia; Lea & Febiger, 209-211
77. Frankena, K., van Keulen, K. A. S., Noordhuizen, J. P., Noordhuizen-Stassen, E. N., Gundelach, J., de Jong, D. J., & Saedt, I. (1992). A cross-sectional study into prevalence and risk factors of digital haemorrhages in female dairy calves. Preventive Veterinary Medicine, 14, 1-12.
78. Fregonesi JA, Leaver JD (2001): Behaviour, performance and health indicators of welfare for dairy cows housed in straw yard or cubicle systems. Livestock Production Science 68, 205–216
79. Frigg M, *et al* (1994). Biotin kinetics in serum of cattle after intravenous and oral dosing. International Journal of Vitamin and Nutritional Research 64:36-40
80. Garbarino EJ, Hernandez JA, Shearer JK, Risco CA, Thatcher WW (2004): Effect of lameness on ovarian activity in postpartum Holstein cows. Journal of Dairy. Science 87, 4123–4131
81. Gearhart M A, Curtis C. R., Erb H. N., Smith R. D., Sniffen C. J., Chase L. E., and Cooper M. D. (1990). Relationship of Changes in Condition Score to Cow Health in Holsteins. J. Dairy Sci 73:3132-3140.
82. Ghozlane M. K., Atia A., Miles D., Khellef D. 2010. Insémination artificielle en Algérie: Etude de quelques facteurs d'influence chez la vache laitière. Livestock Research for Rural Development 22 (2)
83. Gourreau JM, Scott DW, Rousseau JF, (1992). La dermatite digitée des bovins. Point vétérinaire, 24, (143), 49-57
84. Gozho G.N., Krause D.O., Plaizier J.C., Ruminant lipopolysaccharide concentration and inflammatory response during grain-induced subacute ruminal acidosis in dairy cows. Journal of Dairy Science, 2007, **90** : 856-866
85. Grasmuck N, (2010) Les affections de la peau et du tissu sous cutané des doigts Point vétérinaire, (305), 35-42.

86. Grasmuck Nora (2005) diagnostic différentiel des maladies podales des bovins.thèse. École Nationale Veterinaire D'Alfort
87. Green L E, Hedges V J, Schukken Y H, Blowey R W, Packington A J (2002) The Impact of Clinical Lameness on the Milk Yield of Dairy Cows. *J Dairy Sci* 2002 (85): 2250-2256.
88. Greenough PR, Mac Callum F, Weaver A. Les boiteries des bovins. Le point Vétérinaire, deuxième édition, 1983.
89. Greenough PR, MAC Callum FJ, Weaver AD, (1995) *Les boiteries des bovins*. 2nd
90. Greenough PR, Weaver AD, (1997) *Lameness in cattle*. 3rd ed., Philadelphia ; W.B.
91. Greenough, P. R., C. K. W. Muelling, D. Döpfer, and D. J. Tomlinson. 2008. International atlas of lesions of cattle feet. Nomenclature and atlas update. Page 40 in Proc. 15th Intern. Symp. 7th Conf. Lameness Ruminants. Niemi, J., Kuopio, Finland.
92. Gröhn, Y.T.; Rajala-Schultz, P.J.; Allore, H.G.; DeLorenzo, M.A.; Hertl, J.A.; Galligan, D.T. Optimizing replacement of dairy cows: Modeling the effects of diseases. *Prev. Vet. Med.* 2003, 61, 27–43.
93. Guatteo R., Bareille N. , LehebeL A. (2011) Assessment of the curative and preventive effectiveness of different practical modalities of collective treatment of digital dermatitis in dairy herds. European Buiatrics Forum.p :67.<http://www.canwestconference.ca/proceedings/Bovine-Hoof-Health-Symposium/Digital-ermatitis.pdf> ; <http://www.hoofhealth.ca/Dopfer.pdf>
94. Haley Lynne Aquino (2009) Lameness and Locomotion Scoring of Dairy Cows.Thesis. Dairy Science Department College of Agriculture, Food and Environmental Sciences California Polytechnic State University San Luis Obispo. <http://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1018&context=dscisp>
95. Haley, D. B., de Passillé, A. M., & Rushen, J. (2001). Assessing cow comfort: Effects of two floor types and two tie stall designs on the behaviour of lactating dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 71, 105-117.

96. Hansen, L. B., C. W. Young, K. P. Miller, and R. W. Touchberry. 1979. Health care requirements of dairy cattle. 1. Response to milk yield selection. *J. Dairy Sci.* 62:1922–1931.
97. Hassall SA, Ward WR, Murray RD (1993): Effects of lameness on the behaviour of cows during the summer. *Veterinary Record* 132, 578–580.
98. Hedges J. (2001). A longitudinal field trial of the effect of biotin on lameness in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 84:1969-75
99. Hernandez J, Shearer J K, Webb D W (2002) Effect of lameness on milk yield in dairy cows. *J Am vet med ass* 220: 640-644.
100. Hernandez, J., J. K. Shearer, and D. W. Webb. 2001. Effect of lameness on the calving-to-conception interval in dairy cows. *J. AM. Vet. Med. Assoc.* 218(10):1611-1614.
101. Hernandez-Mendo O, von Keyserlingk MAG, Veira DM, Weary DM (2007): Effects of pasture on lameness in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 90, 1209–1214.
102. Higuchi H, Nagahata H (2001). Relationship between serum biotin concentration and moisture content of the sole horn in cows with clinical laminitis or sound hooves. *Veterinary Record* 148:209-10
103. Hoedemaker, M, Prange D., and Gundelach Y. (2009). Body condition change ante and postpartum, health and reproductive performance in German Holstein cows. *Reprod Domest Anim.* 44(2):167-173.
104. Hulsen J (2006) Signes de pied. Guide pratique pour des onglons en bonne santé. Roodbont editions, Zutphen (ND), 40p.
105. Huxley, J.N. Impact of lameness and claw lesions in cows on health and production. *Livest. Sci.* 2013, 156, 64–70.
106. IDF (2013 (International Dairy Federation). *World Dairy Situation 2013*; IDF: Brussels, Belgium, 2013.
107. Institut de l'élevage, 2008. *Maladies des bovins*. Ed France Agricole (4^{eme} ed). 797 p

108. Ishler V, Wolfgang D, and Griswold D (1999)Prévention et Contrôle des Problèmes d'aplombs Chez les Vaches Laitières . DAS 99-20 and VSE 99-1
109. Ito K, Weary DM, von Keyserlingk MAG (2009): Lying behavior: assessing within- and between-herd variation in free-stall-housed dairy cows. *Journal of Dairy Science* 92, 4412–4420.
110. Ito K., M.A.G. von Keyserlingk S.J. LeBlanc, Weary D.M. 2010. Lying behavior as an indicator of lameness in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 93: 3553-3560.
111. Jessica Fabian 2012 prevalence of lameness on New Zealand dairy farms: A comparison of farmer perception and mobility scoring.. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 202, 78-82.
112. Kaouche S., Boudina M., Ghezali S. 2012. Evaluation des contraintes zootechniques de développement de l'élevage bovin laitier en Algérie : cas de la wilaya de Médéa. *Nature & Technologie*. 06, 85-92.
113. Kossaibati MA, Esslemont RJ (1997) The costs of production diseases in dairy herds in England. *Vet J.* 1997 Jul;154(1):41-51.
114. L. Cornelisse, A. J. van Asten, and A. A. ter Huurne. 1997. Histological and bacteriological evaluation of digital dermatitis in cattle, with special reference to spirochaetes and *Campylobacter faecalis*. *Vet. Rec.* 140(24):620-623.
115. Laven, R.A. Lameness on New Zealand dairy farms: Perception and reality. In *Proceedings of the 17th International Symposium and 9th International Conference on Lameness in Ruminants*, Bristol, UK, 11–14 August 2013; pp. 25–27.
116. Leach, K.A.; Paul, E.S.; Whay, H.R.; Barker, Z.E.; Maggs, C.M.; Sedgwick, A.K.; Main, D.C.J. Reducing lameness in dairy herds—Overcoming some barriers. *Res. Vet. Sci.* 2013, 94, 820–825.
117. Lee, L. A., J. D. Ferguson, and D. T. Galligan. 1989. Effect of disease on days open assessed by survival analysis. *J. Dairy Sci.* 72(4):1020-1026.

118. Lischer CJ, *et al* (2002a). Effect of therapeutic dietary biotin on the healing of uncomplicated sole ulcers in dairy cattle - a double blinded controlled study. *The Veterinary Journal* 163:51-60
119. Logue DN *et al* (1993). Lameness in dairy cattle. *Irish Veterinary Journal* 46:47-58
120. Lucey, S., G. Rowlands, and A. Russell. 1986. The association between lameness and fertility in dairy cows. *Vet. Rec.* 118(23):628-631
121. Machado V. S. , Caixeta L. S., McArt J. A. A. , and Bicalho R. C.. The effect of claw horn disruption lesions and body condition score at dry-off on survivability, reproductive performance, and milk production in the subsequent lactation. *J. Dairy Sci.* 93 :4071–4078.
122. Manske T., Hultgren J.n Bergsten C. (2002) Topical treatment of digital dermatitis associated with severe heel horn erosion in a Swedish dairy herd. *Prev. Vet. Med* 53(3): p215-231
123. Mc Connel C S, Lombard J E, Wagner B A., and Garry F B (2008). Evaluation of Factors Associated with Increased Dairy Cow Mortality on United States Dairy Operations. *J. Dairy Sci.* 91:1423–1432
124. Metcalf, J. A., S. J. Roberts, and J. D. Sutton. 1992. Variations in blood flow to and from the bovine mammary gland measured using transit time ultrasound and dye dilution. *Res. Vet. Sci.* 53:59–63.
125. Midla LT, *et al* (1998). Supplemental dietary biotin for prevention of lesions associated with aseptic subclinical laminitis (pododermatitis aseptica diffusa) in primiparous cows. *American Journal of Veterinary Research* 59:733-738.
126. Miettinen, P. V. 1991. Correlation between energy balance and fertility in Finnish dairy cows. *Acta. Vet. Scand.* 32(2):189-196.
127. Miles RD, Henry PR (1999). Relative trace mineral bioavailability. *Proceedings of the California Animal Nutrition Conference, Fresno (California).* 1-24.
128. Mishamo Sulayeman and Abebe Fromsa, 2012. Lameness in Dairy Cattle: Prevalence, Risk Factors and Impact on Milk Production. *Global Veterinaria* 8 (1): 01-07, 2012.

129. Mohamadnia, A.R., 2005. Lameness an increased risk in dairy farms. In the Proceedings of the 14th Iranian National Veterinary Congress, Tehran, Iran.138-150.
130. Morris MJ, Walker SL, Jones DN, Routly JE, Smith RF, Dobson H (2009): Influence of somatic cell count, body condition and lameness on follicular growth and ovulation in dairy cows. *Theriogenology* 71, 801–806.
131. Morris, M. J., Kaneko, K.; Walker, S. L., Jones, N. D., Routly, J. E., Smith, R. F., Dobson, H. 2011. *Theriogenology*. 76, 658-668
132. Mounier L., Marie M., Lensin B.J. (2007) Facteurs déterminants du bien-être des ruminants en élevage. *INRA Prod. Anim.*, 2007, 20 (1), 65-72
133. Mumba, T., D. Döpfer, C. Kruitwagen, M. Dreher, W. Gaastra, and B. A. van der Zeijst. (1999). Detection of spirochetes by polymerase chain reaction and its relation to the course of digital dermatitis after local antibiotic treatment in dairy cattle. *J. Vet. Med. Ser. B* 46(2):117-126.
134. Nanda, A. and H. Dobson. 1990. Relationship between an increase in plasma cortisol during transport-induced stress and failure of oestradiol to induce a luteinising hormone surge in dairy cows. *Res.Vet. Sci.* 49(1):25-28.
135. New JC Jr (1991) Costs of veterinary services and vaccines/drugs used for prevention and treatment of diseases in 60 Tennessee cow-calf operations (1987-1988). *J Am Vet Med Assoc.* 15;198(8):1334-40
136. Nielsen, L.R., Pedersen, A.R., Herskin, M.S, Munksgaard, L., 2010. Quantifying walking and standing behaviour of dairy cows using a moving average based on output from an accelerometer. *Applied Animal Behaviour Science*, 127, 12-19.
137. Nocek J. Bovine acidosis: implication on laminitis, *J Dairy Sci.*, 1997, 80, 1005-1028.
138. Nocek JE, *et al* (2000). Digital characteristics in commercial dairy herds fed metal-specific amino-acid complexes. *Journal of Dairy Science* 83:1553-9
139. Nordlund K.V, Garrett R.O., Herd-based rumenocentesis: a clinical approach to the diagnosis of subacute rumen acidosis. *Compendium Contin Educ Pract Vet.*, 1995, **17**, **8** : S48-56.

140. Nordlund. Herd-based rumenocentesis : a clinical approach to the diagnosis of subacute rumen acidosis. *The Compendium*, 1995, 48-56.
141. Norring M, Manninen E, de Passille AM, Rushen J, Munksgaard L, Saloniemi H (2008): Effects of sand and straw bedding on the lying behavior, cleanliness, and hoof and hock injuries of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 91, 570–576.
142. O’Callaghan K (2002): Lameness and associated pain in cattle – challenging traditional perceptions. *Practice* 24, 212–218.
143. O’Callaghan K (2002): Lameness and associated pain in cattle – challenging traditional perceptions. *Practice* 24, 212–218.
144. Offer J. (2003). Effect of forage type on claw horn lesion development in dairy heifers. *The Veterinary Journal*. 165:221-227
145. Offer JE. (1997). The effect of protein source on lameness and sole or lesion formation in dairy cattle. *Animal Science* 65:143-9
146. Olmos, G, Boyle, L., Horan, B., Berry, D.P, O’Connor P., Mee J., Hanlon, A. 2009. Effect of genetic group and feed system on locomotion score, clinical lameness and hoof disorders of pasture-based Holstein Friesian cows. *Animal*. 3(1): 96-107.
147. Ontario ; Ministère de l’agriculture et de l’alimentation de l’Ontario, 128.
148. Pastell, M., Kujala, M., Aisla, A., Hautala, M., Poikalainen, V., Praks, J., Veermäe, I., Ahokas, J., 2008. Detecting cow's lameness using force sensors. *Computers and Electronics in Agriculture*, 64, 34-38.
149. Peterse, D.J., (1985) Laminitis and interdigital dermatitis and heel-horn erosion. A European perspective ? In : *Vet.Clin.North Am.Food Anim. Pract.* 1. p83-91
150. Petersson KJ, Strandberg E, Gustafsson H, Berglund B (2006): Environmental effects on progesterone profile measures of dairy cow fertility. *Animal Reproduction. Science* 91, 201–214.

151. Philippe R (2009).L'impact économique des mammites et des boiteries .Cap Elevage n° 37 2p l'institut de l'élevage - ISBN : 978-2-36343-118-9 http://www.charente-maritime.chambagri.fr/fil_eadmin/publication/ CA17/19_Production_Animales/ Documents/ 2011_Depenses_sanitaires_PC_Boiteries.pdf
152. Phillips, C. J. C., & Morris, I. D. (2001). The locomotion of dairy cows on floor surfaces with different frictional properties. *Journal of Dairy Science*, 84, 623-628
153. Postic C (2011).Contribution a l'étude des plaies chez les bovins et conduite a tenir en pratique rurale. Présentée à l'Universite Claude-Bernard - Lyon I (Médecine - Pharmacie). VETAGRO SUP Campus Veterinaire de Lyon. <file:///C:/Users/acer/Desktop/Chansons/Downloads/2011lyon061.pdf>
154. Pradines L (2011). Les lésions des onglons des vaches laitières : enquête de prévalence et de facteurs de risques dans la région rhône-alpes.thèse. vetagro sup campus veterinaire de lyon. [file:///C:/Users/acer/Desktop/Chansons/Downloads/2011lyon035%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/acer/Desktop/Chansons/Downloads/2011lyon035%20(4).pdf)
155. Radostits O, Gay C, Blood D, Hinchcliff K. Laminitis In: *Vet. Med., A Textbook of the Diseases of Cattle, Sheep, Pigs, Goats and Horses*. 9th ed. : WB Saunders, 2000, 1805-1810
156. Rajala-Schultz, P. J., Gröhn, Y. T. 1999: Culling of dairy cows. Part I. Effects of diseases on culling in Finnish Ayrshire cows.*Prev. Vet. Med.* 41, 195-208.
157. Read DH & Walker RL - Experimental transmission of papillomatous digital dermatitis (Footwarts) in cattle. *Vet Pathol*, 1996, 33:607.
158. Read, D. H. and R. L. Walker. 1998. Papillomatous digital dermatitis (footwarts) in California Robinson P (2001) Locomotion scoring cows.*California Dairy* 92.20-51
159. Roche J, Friggens NC, Kay J. K., Fisher M. W., Stafford K. J., and Berry D. P. (2009). Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *J. Dairy Sci.* 92:5769–5801.
160. Roussel P, Bareille N, Serieys F. , Michenot B, Monnerie C., Seegers H. ,Evaluation a priori de la rentabilité des plans de maîtrise des mammites et des boiteries dans les interventions de conseil en exploitations laitières.*Renc. Rech. Ruminants*, 2009, 16. P261-264
161. Ruegg, P. L., W. Goodger, C. Holmberg, L. Weaver, and E. Huffman. 1992. Relation among body condition score, serum urea nitrogen and cholesterol concentrations, and reproductive performance in high-producing Holstein dairy cows in early lactation. *Am. J. Vet. Res. Res.* 53(1):10.

162. Rushen J., de Passillé A. M. B., 2006. Effects of roughness and compressibility of flooring on cows' locomotion. *J. Dairy Sci.* 89, 2965- 2972.
163. Rushen, J., & de Passillé, A. M. (2006). Effects of roughness and compressibility of flooring on cow locomotion. *Journal of Dairy Science*, 89, 2965-2972.
164. Rushen, J., de Passillé, A. M., von Keyserlingk, M. A. G., & Weary, D. M. (2008). The welfare of cattle. *Animal Welfare Vol. 5*. Berlin: Springer Verlag.
165. Rushen, J., Haley, D., & de Passillé, A. M. (2007). Effect of softer flooring in tie stalls on resting behavior and leg injuries of lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 90, 3647-3651.
166. Sárová, R., Stéhulová, I., Kratinová, P., Firla, P., Špínka, M., 2011. Farm managers underestimate lameness prevalence in Czech dairy herds. *Animal Welfare*, 20, 2, 201-204. Saunders Compagny, 336.
167. Seymour M. S. 1999. Supplemental biotin for dairy cattle. Proceedings of Tri-State Dairy Nutrition Conference. <http://www.dairyweb.ca/Resources/3SDNC2006/Weiss.pdf>
168. Shaver RD (1997). Nutrition. In: Lameness in Cattle, 3rd edition. W.B. Saunders Company, Philadelphia. Pp 293-7
169. Shearer, J.K. (2009) Food Animal Practice. 5th Ed. Ed by Anderson, E., Michaelrings, D. USA, Philadelphia. 738p
170. Shearer, J.K., and S. Van Amstel. "Lameness in Dairy Cattle." Kentucky Dairy Conference, 2000. Web. Nov. 2009.
171. Smart M, Cymbaluk NF (1997). Role of nutritional supplements in bovine lameness - Review of nutritional toxicities. In: Lameness in Cattle, 3rd edition. W.B. Saunders Company, Philadelphia. Pp 149-61
172. Somers, J. G. C. J., Frankena, K., Noordhuizen-Stassen, E. N., & Metz, J. H. M. (2005a). Risk factors for interdigital dermatitis and heel erosion in dairy cows kept in cubicle houses in The Netherlands. *Preventive Veterinary Medicine*, 71, 23-34.
173. Somers, J. G. C. J., Frankena, K., Noordhuizen-Stassen, E. N., & Metz, J. H. M. (2005b). Risk factors for digital dermatitis in dairy cows kept in cubicle houses in The Netherlands. *Preventive Veterinary Medicine*, 71, 11-21.

174. Somers, J. G. C. J., Frankena, K., Noordhuizen-Stassen, E. N., & Metz, J. H. M. (2003). Prevalence of claw disorders in dutch dairy cows exposed to several floor systems. *Journal of Dairy Science*, 86, 2082-2093.
175. Somers, J.G., Frankena, K., Noordhuizen-Srassen, E.N., Metz, J.H (2005) Risk factors for interdigital dermatitis and heel erosion in dairy cows kept in cubicle houses in The Netherlands. *Prev Vet Med* 71, p11-21
176. Somers, J.G., Schouten, W.G., Frankena, K., Noordhuizen-Srassen, E.N., Metz, J.H (2005b) Development of claw traits and claw lesions in dairy cows kept on different floor systems. *J Dairy Sci* 88, p110-120
177. Spears JW (1996). Organic trace minerals in ruminant nutrition. *Animal Feed Science and Technology* 58:151-63
178. Spencer E (2001). Heat stress and lameness. *Newsletter of the Hoof Trimmers Association Inc.* Pp 8-9
179. Stéphane Blondaux (2006). LA fourbure bovine. actualites. These Pour le doctorat veterinaire. École Nationale Veterinaire d'Alfort. <http://theses.vet-alfort.fr/telecharger.php?id=847>
180. Tadich, N., E. Flor, and L. Green. 2009. Associations between hoof lesions and locomotion score in 1098 unsound dairy cows. *Vet. J.* 184(1):60-65.
181. Teixeira, A.G.V., Machado, V.S., Caixeta, L.S., Pereira, R.V., Bicalho, R.C. (2010) Efficacy of formalin, copper sulfate, and a commercial footbath product in the control of digital dermatitis. *J Dairy Sci* 93, p3628-3634
182. Teixeira, A.G.V., Machado, V.S., Caixeta, L.S., Pereira, R.V., Bicalho, R.C. (2010) Efficacy of formalin, copper sulfate, and a commercial footbath product in the control of digital dermatitis. *J Dairy Sci* 93, p3628-3634
183. Telezhenko E., Bergsten C., 2005. Influence of floor type on the locomotion of dairy cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 93, 183-197.
184. Telezhenko, E., Bergsten, C., Magnusson, M., Ventorp, M., & Nilsson, C. (2008). Effect of different flooring systems on weight and pressure distribution on claws of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91, 1874-1884.

185. Thibaud A (2012). Intérêt actuel des pédiluves dans le traitement des maladies podales infectieuses enzootiques chez les bovins : enquête auprès des praticiens vétérinaires ruraux et des fabricants de produits biocides. thèse de doctorat. école nationale vétérinaire d'Alfort. 153 p.
186. Toussaint Raven E, (1992). Soins des onglons des bovins. Parage fonctionnel. 1ère édition Collège de technologie Agricole *et* alimentaire d'Alfred, Alfred, Ontario, 128p.
187. Toussaint-Raven E. (1992) Soins des onglons des bovins. Parage fonctionnel. 1st ed.,
188. Trace Minerals Supplementation." San Luis Obispo. 30 Jan. 2008. Lecture.
189. Tranter WP, Morris RS (1991). A case study of lameness in three dairy herds. New Zealand Veterinary Journal 39:88-96
190. Tranter, W. and R. Morris. 1991. A case study of lameness in three dairy herds. New Zeal. Vet. J. 39(3):88-96.
191. Tucker C. B., Weary D. M., de Passillé A. M. B., Campbell B., Rushen J., 2006. Type of flooring in front of the feedbunk affects feeding behaviour and use of freestalls by dairy cows. J. Dairy Sci. 89, 2065-2071.
192. Tuytens FAM (2005): The importance of straw for pig and cattle welfare: a review. Applied Animal Behaviour Science 92, 261–282.
193. Vaarst M, *et al* (1998). Sole disorders in conventionally managed and organic dairy herds using different housing systems. Journal of Dairy Research 65:175-186
194. Van Amstel S, Shearer J, (2006) Manual of Treatment and Control of Lameness in Cattle. 1st edition. Blackwell Publishing, Oxford, 212p.
195. Van Amstel, S.V., Shearer, J. (2006) Manual for Treatment and Control of Lameness in Cattle. 1st Ed. Blackwell Publishing, USA, Iowa. 212p
196. Van der Straeten, B.; Deuninck, J.; Van Gijsegem, D. De melkproductie in Vlaanderen na 2015; beleidsdomein Landbouw en Visserij, afdeling Monitoring en Studie: Brussel, Belgium, 2012.
197. Van Der Tol PPJ, Metz JMH, Noordhuisen-STassen EN, Back W, Braam CR, Weijts WA, (2002). The Pressure Distribution Under the Bovine Claw During Square Standing on a Flat Substrate .J. Dairy Sci. 85 (6), 1476-1481.

198. Van der Tol, P. P. J., Metz, J. H. M., Noordhuizen-Stassen, E. N., Back, W., Braam, C. R., & Weijs, W. A. (2005). Frictional forces required for unrestrained locomotion in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 88, 615-624.
199. Vermunt J (2004) Herd lameness - A review, major causal factors, and guidelines for prevention and control Proceedings of the 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants Proceedings of the 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants . Maribor, Slovenija. http://www.ivis.org/proceedings/rumlameness/2004/session1/session1.pdf?origin=publication_detail
200. Vermunt J.J. and Greenough P.R., "Sole hemorrhages in dairy heifers managed under different underfoot and environmental-conditions", *British Veterinary Journal*, 152(1), 1996, pp. 57-73
201. Vermunt JJ (1992). "Subclinical" laminitis in dairy cattle. *New Zealand Veterinary Journal* 40:133-8.
202. Vermunt JJ (1999). Regular claw trimming for the control of lameness - good or bad? *The Veterinary Journal* 157:109-10
203. Vermunt JJ, Greenough PR (1994). Predisposing factors of laminitis in cattle. *British Veterinary Journal* 150:151-64
204. Villemin M., (1969) *Les affections des doigts chez les bovins*. 1 st ed. Paris ; Vigot Frères, 103.
205. Von Keyserlingk MAG, Rushen J, de Passille AM, Weary DM (2009): Invited review: The welfare of dairy cattle – key concepts and the role of science. *Journal of Dairy Science* 92, 4101–4111.
206. Walker SL, Smith RF, Jones DN, Routly JE, Dobson H (2008a): Chronic stress, hormone profiles and estrus intensity in dairy cattle. *Hormones and Behavior* 53,493–501.
207. Walker SL, Smith RF, Routly JE, Jones DN, Morris MJ, Dobson H (2008b): Lameness, activity time-budgets and estrus expression in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 91, 4552–4559.

208. Walker, R.D., Berry, S.L., Rodriguez-Lainz, A. Et Read, D. (2002) Prospective study on foot conformation characteristics predisposing to the development of papillomatous Digital Dermatitis. Proceedings of the 12th Internationale Symposium on Lameness in Ruminants. Orlando, Florida, USA. p370
209. Warnick L. D., Janssen D., Guard C. L., Grohn Y. T. 2001. The Effect of Lameness on Milk Production in Dairy Cows. J. Dairy Sci. 84:1988–1997
210. Weary DM, Huzzey JM, von Keyserlingk MAG (2009): Board-invited review: using behavior to predict and identify ill health in animals. Journal of Animal Science 87, 770–777.
211. Weary DM, Niel L, Flower FC, Fraser D (2006): Identifying and preventing pain in animals. Applied Animal Behaviour Science 100, 64–76
212. Weaver, A.D. (1974) Lameness in cattle: the interdigital space. Vet rec 1974 Aug 10; 85(6): 115-20.
213. Wechsler B, Schaub J, Friedli K, Hauser R (2000): Behaviour and leg injuries in dairy cows kept in cubicle systems with straw bedding or soft lying mats. Applied Animal Behaviour Science 69, 189–197.
214. Welfare Quality®, 2009. Welfare Quality® assessment protocol for cattle., Lelystad., the Netherlands. <http://www.welfarequality.net/network/45846/7/0/40>
215. Wells SJ, *et al* (1995). Some risk factors associated with clinical lameness in dairy herds in Minnesota and Wisconsin. Veterinary Record 136:537-40.
216. Wells, S. J., Garber, L. P., & Wagner, B. A. (1999). Papillomatous digital dermatitis and associated risk factors in US dairy herds. Preventive Veterinary Medicine, 38, 11-24.
217. Westwood CT, *et al* (2003). Review of the relationship between nutrition and lameness in pasture-fed dairy cattle. New Zealand Veterinary Journal 51:208-18
218. Whay HR, Waterman AE, Webster AJF (1997): Association between locomotion, claw lesions and nociceptive threshold in dairy heifers during the peri-partum period. Veterinary Journal 154, 155–161.
219. Whay, H. R., Main, D. C. J., Green, L. E., Webster, A. J. F. 2003. Vet. Rec. 153, 197-202.

220. Whay, H. R., Main, D.C., Green, L.E., Webster, A.J., 2003. Assessment of the welfare of
Whay HR, Main DCJ, Green LE, Webster AJF (2003): Assessment of the welfare of dairy
cattle using animal-based measurements: direct observations and investigation of farm
records. *Veterinary Record* 153, 197–202
221. Yves Gohier, Alain Fournier (2000) La biotine, une vitamine essentielle pour la santé des
onglons. AgriReseau. <https://www.agrireseau.net/bovinslaitiers/Documents/bov8.pdf>
222. Zemljic, B. (2002) Digital dermatitis, Where we are after 30 years ? Proceeding of the 12th
International Symposium on Lameness in Ruminants. 9th-13th Jan. 2002. Orlando, FL, USA.
p377-380
223. Zimmerly C A., et W. P. Weiss. 2000. Effects of supplemental biotin on performance of
Holstein cows in early lactation. Midwest Animal Science Meeting. p.73 (Abstract no. 296)