VETAGRO SUP
CAMPUS VETERINAIRE DE LYON

Année 2018 - Thèse n°026

ÉTUDE DE LA CORRÉLATION ENTRE DEUX MÉTHODES D'ÉVALUATION DES BOITERIES CHEZ LES VACHES LAITIÈRES

THESE

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I
(Médecine - Pharmacie)
et soutenue publiquement le 7 septembre 2018
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

POULAIN Valentin

VETAGRO SUP
CAMPUS VETERINAIRE DE LYON

Année 2018 - Thèse n°026

ÉTUDE DE LA CORRÉLATION ENTRE DEUX MÉTHODES D'ÉVALUATION DES BOITERIES CHEZ LES VACHES LAITIÈRES

THESE

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I
(Médecine - Pharmacie)
et soutenue publiquement le 7 septembre 2018
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

POULAIN Valentin

Liste des Enseignants du Campus Vétérinaire de Lyon (1er mars 2018)

Nom	Prénom	Département	Grade
ABITBOL	Marie	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
ALVES-DE-OLIVEIRA	Laurent	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
ARCANGIOLI	Marie-Anne	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
AYRAL	Florence	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
BECKER	Claire	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
BELLUCO	Sara	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
BENAMOU-SMITH	Agnès	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
BENOIT	Etienne	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BERNY	Philippe	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BONNET-GARIN	Jeanne-Marie	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BOULOCHER	Caroline	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
BOURDOISEAU	Gilles	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
BOURGOIN	Gilles	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
BRUYERE	Pierre	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
BUFF	Samuel	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
BURONFOSSE	Thierry	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
CACHON	Thibaut	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
CADORÉ	Jean-Luc	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
CALLAIT-CARDINAL	Marie-Pierre	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
CAROZZO	Claude	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
CHABANNE	Luc	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
CHALVET-MONFRAY	Karine	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
DE BOYER DES ROCHES	Alice	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
DELIGNETTE-MULLER	Marie-Laure	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
DEMONT	Pierre	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
DJELOUADJI	Zorée	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
ESCRIOU	Catherine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
FRIKHA	Mohamed-Ridha	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
GALIA	Wessam	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences Stagiaire
GILOT-FROMONT	Emmanuelle	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
GONTHIER	Alain	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
GRANCHER	Denis	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
GREZEL	Delphine	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
HUGONNARD	Marine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
JANKOWIAK	Bernard	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences Contractuel
JAUSSAUD	Philippe	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
JEANNIN	Anne	DEPT-ELEVAGE-SPV	Inspecteur en santé publique vétérinaire (ISPV)
JOSSON-SCHRAMME	Anne	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences Contractuel
JUNOT	Stéphane	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
KODJO	Angeli	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
KRAFFT	Emilie	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
LAABERKI	Maria-Halima	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
LAMBERT	Véronique	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
LE GRAND	Dominique	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
LEBLOND	Agnès	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
LEDOUX	Dorothée	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences Stagiaire
LEFEBVRE	Sébastien	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences Stagiaire
LEFRANC-POHL	Anne-Cécile	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
LEPAGE	Olivier	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
LOUZIER	Vanessa	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
MARCHAL	Thierry	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
MATEOS	Stevana	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences Contractuel
MOISSONNIER	Pierre	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
MOUNIER	Luc	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
PEPIN	Michel	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
PIN	Didier	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
PONCE	Frédérique	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
PORTIER	Karine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
POUZOT-NEVORET	Céline	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
PROUILLAC	Caroline	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
REMY	Denise	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
RENE MARTELLET	Magalie	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
RIVES	Germain	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences Contractuel
ROGER	Thierry	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
SABATIER	Philippe	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
SAWAYA	Serge	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
SCHRAMME	Michael	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
SERGENTET	Delphine	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
THIEBAULT	Jean-Jacques	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
THOMAS-CANCIAN	Aurélie	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences Contractuel
TORTEREAU	Antonin	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
VIGUIER	Eric	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
VIRIEUX-WATRELOT	Dorothée	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences Contractuel
ZENNER	Lionel	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur

REMERCIEMENTS

A Monsieur Jerome HONNORAT

Professeur à la Faculté de Médecine de Lyon

Pour nous avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse.

Sincères remerciements

A Madame Dorothée LEDOUX

Maître de conférences en zootechnie, bien-être animal et médecine des populations à Vetagro Sup

Pour m'avoir proposé ce sujet, pour m'avoir encadré pendant ce travail, pour votre engagement et votre disponibilité et pour la confiance que vous avez su m'accorder.

Sincères remerciements

A Madame Marie-Laure DELIGNETTE-MULLER

Maître de conférences en bio statistique à Vetagro Sup

Pour votre travail et votre disponibilité, pour l'intérêt montré envers mon sujet de thèse.

Sincères remerciements

A Monsieur Luc MOUNIER

Maître de conférences en zootechnie, bien-être animal et médecine des populations à Vetagro Sup

Pour m'avoir encadré et pour le regard que vous avez porté sur mon sujet de thèse.

Sincères remerciements

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES ANNEXES **13**
TABLE DES FIGURES **15**
TABLE DES TABLEAUX **17**
TABLE DES ABRÉVIATIONS **19**
INTRODUCTION **21**
I.Importance des boiteries dans les élevages bovins laitiers **23**
A. Les boiteries : une dominante pathologique en élevage laitier. 23
1. Prévalence et incidence des boiteries en élevage bovin 23
2. Facteurs de risque 24
a. Facteurs extrinsèques 24
i. Risque lié à l'habitat 24
ii. Risque lié à l'alimentation 26
iii. Risque lié à la conduite des animaux 26
iv. Saisonnalité 27
b. Facteurs intrinsèques 27
i. Production laitière 27
ii. Génétique 28
iii. Maladies du *péri-partum* 29
c. Bilan 30
B. Importance économique des boiteries en élevage laitier 31
1. Influence des boiteries sur la production laitière 31
2. Influence des boiteries sur la reproduction 32
3. Les coûts liés aux traitements 33
4. Bilan 34
C. Importance pour le bien-être des animaux 36
1. Ne pas souffrir de la faim ou de la soif 36
2. Ne pas souffrir d'inconfort 36
3. Ne pas souffrir de douleurs, blessures ou maladies 37
4. Pouvoir exprimer les comportements naturels propres à l'espèce 37
5. Ne pas éprouver de peur ou de détresse 37
6. Bilan 38
D. Conclusion 39
II.Comment évaluer les boiteries en élevage laitier **40**
A. Différencier les vaches boiteuses des non boiteuses 40
1. Rappel de l'anatomie externe du pied des bovins 40
2. La démarche et les postures normales des vaches 40
3. Les facteurs modifiant la démarche et la posture normale des vaches 41
B. Observation directe des lésions 42
1. Description des principales maladies des pieds des bovins et des lésions associées 44
a. Les maladies d'origine infectieuse 44
i. Dermatite digitée 44
ii. Dermatite interdigitée 45
iii. Phlegmon interdigité 46
iv. Arthrite septique 47

b. Les maladies d'origine non infectieuse et leurs lésions associées 48
i. Fourbure 48
ii. Seime longitudinale 49
c. Les lésions d'origine mixte 50
i. Bleime 50
ii. Ulcère de la sole et cerise 51
2. Les grilles de notation des lésions 51
3. Avantages et limites 52
C. Observation de la locomotion des animaux 53
1. Les systèmes de notation manuelle (SNM) en locomotion 53
a. Les critères utilisés dans les SNM 53
b. Les différents SNM décrits 54
c. Description du SNM le plus utilisé 56
d. Avantages et limites 58
2. Les systèmes de notation automatique (SNA) 58
a. Les critères évalués dans les SNA 58
b. Les différents SNA 60
i. Les méthodes cinétiques 60
ii. Les méthodes cinématiques 61
iii. Les méthodes indirectes 62
c. Avantages et limites 64
D. Observation des animaux en statique 64
1. Les critères utilisés dans les Systèmes de Notation Statique (SNS) 64
2. Les différents SNS 66
3. Présentation d'un SNS 66
d. Avantages et limites 68
E. Conclusion 69
III. Choix de la méthode d'évaluation des boiteries 72
A. Méthode de référence 72
B. Critères de choix d'une méthode d'évaluation 72
1. Performance de la méthode 72
a. Sélectivité et pertinence 72
b. Justesse 74
c. Précision 74
d. Robustesse 75
e. Cas particulier des SNM en locomotion 75
2. Praticité de la méthode : contrainte rencontrée dans un contexte d'élevage 76
C. Bilan 77
D. Problématiques 78
IV. Étude expérimentale : Comparaison de deux méthodes d'évaluation des boiteries chez les bovins. 80
A. Matériels et méthodes 80
1. Présentation de la population d'étude 80
a. Caractéristiques des élevages 80
b. Constitution de l'échantillon 81
2. Plan expérimental 81
a. Outils de notation 81

i. Score de locomotion 81
ii. Score statique 81
b. Déroulement des notations 84
i. Entrainement préalable 84
ii. Notation en locomotion et en statique 84
c. Analyses statistiques 85
B. Résultats 89
1. Comparaison de l'évaluation des boiteries entre le score statique de Bareille et Roussel (2014) et le score de locomotion de Sprecher et al (1997). 89
a. Distribution des niveaux du score en fonction du système de notation utilisée 89
b. Fréquences des boiteries 90
c. Corrélation et force de l'association entre le score statique et le score de locomotion 91
i. Concordances et discordances des niveaux de score 91
ii. Combinaison des postures et score de boiterie 92
d. Sensibilité et spécificité du score statique 93
2. Modification du score statique de Bareille et Roussel (2014) 93
a. Description des nouvelles postures du score statique modifié 93
b. Évaluation du score statique modifiée 95
i. Distribution des scores en fonction de la grille de notation utilisée 95
ii. Fréquences des boiteries 96
iii. Corrélation et force de l'association entre le score statique modifié et le score de locomotion 96
a) Concordance et discordance des niveaux de score 96
b) Combinaisons des postures et score de boiterie 97
iv. Sensibilité et spécificité du score statique modifié 98
c. Comparaison des performances du score statique modifié avec celles du score statique de Bareille et Roussel (2014) 98
i. Fréquence des boiteries 98
ii. Corrélation des scores statiques avec le score de locomotion 98
iii. Sensibilité et spécificité dans la détection des boiteries 99
3. Sensibilité et spécificité des postures au cornadis dans la détection des boiteries 99
a. Fréquence des postures en fonction du score de locomotion 99
b. Sensibilité et spécificité des postures dans la détection des boiteries 100
DISCUSSION **102**
CONCLUSION Erreur ! Signet non défini.
BIBLIOGRAPHIE **110**
ANNEXES **120**

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 : Grille d'évaluation des lésions podales d'après (Bareille and Roussel 2014) 120
Annexe 2 : Capture d'écran de la compilation des données recueillis pour le score de locomotion sur EXCEL. 122
Annexe 3 : Capture d'écran de la compilation des données recueillis pour le score statique sur EXCEL. 122
Annexe 4 : Script R. 123
Annexe 5 : Feuille d'agrément du comité d'éthique 125

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Vaches préférant marcher sur un tapis en caoutchouc de 1,5m de largeur plutôt que sur le béton (d'après Blowey 2005) 25
Figure 2 : Représentation graphique de la prévalence des boiteries en fonction du nombre de lactation (d'après Espejo, Endres, et Salfer 2006) 28
Figure 3 : Représentation de la probabilité pour une vache d'être boiteuse, d'avoir des maladies podales ou d'avoir des maladies podales excepté la dermatite digitée, en fonction du nombre de lactation (d'après Weber et al. 2013). 28
Figure 4 : Représentation graphique de la production de lait des vaches en fonction du score de locomotion d'après (Bouraoui et al. 2014) 31
Figure 5 : Représentation graphique du nombre de cellules somatiques dans le lait en fonction du score de locomotion d'après (Bouraoui et al. 2014) 32
Figure 6 : Part des différentes pertes économiques rencontrées lors de boiteries d'après (Kossaibati and Esslemont 1997) 34
Figure 7 : Schéma bilan sur les pertes économiques dues aux boiteries en élevage laitier 39
Figure 8 : A. illustration de l'anatomie externe du pied en vue latérale : (1) la muraille ; (2) le talon abaxial ; (3) la couronne ; (4) l'ergot latéral ;
B. illustration de l'anatomie du pied vue du dessous : (1) le talon ; (2) la sole ; (3) l'espace interdigité ; (4) la ligne blanche ; (5) la muraille. (D'après Desrochers 2005) ... 40
Figure 9 : A. illustration du dos plat observé chez une vache saine ; B. Illustration du positionnement des postérieurs chez une vache saine. (Clichés personnels) 41
Figure 10 : Pourcentage indicatif des boiteries en fonction de leur localisation d'après (Delacroix 2008) 42
Figure 11 : Présentation des différentes lésions podales rencontrées chez les vaches et leur origine adaptée de (Delacroix 2008) ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 12 : Lésions d'ulcération granuleuse de dermatite digitée (d'après Döpfer et al. 2015) 45
Figure 13 : Lésions d'inflammation de la peau interdigitée lors de dermatite interdigitée (d'après Döpfer et al. 2015) 45
Figure 14 : Lésions d'érosion de la corne du talon (d'après Döpfer et al. 2015) 46
Figure 15 : Lésion de tyloma (d'après Döpfer et al. 2015) 46
Figure 16 : Lésions de panaris (d'après Döpfer et al. 2015) 47
Figure 17 : Lésions d'arthrite septique (d'après Döpfer et al. 2015) 47
Figure 18 : Lésions de maladie de la ligne blanche (d'après Döpfer et al. 2015) 48
Figure 19 : Lésion de décollement de la sole (d'après Döpfer et al. 2015) 49
Figure 20 : Lésion de seime cerclée (d'après Döpfer et al. 2015) 49
Figure 21 : Lésion de seime longitudinale (d'après Döpfer et al. 2015) 50
Figure 22 : Lésions de bleimes (d'après Döpfer et al. 2015) 50
Figure 23 : Lésions d'ulcères de la sole (d'après Döpfer et al. 2015) 51
Figure 24 : Méthode cinématique utilisant des marqueurs positionnés sur les articulations (cliché personnel) 61
Figure 25 : Données obtenues lors de l'analyse de la marche d'une vache (d'après la méthode cinématique de Maertens et al. 2011). 61
Figure 26 : Postures observées pour un score statique de 0 (d'après Bareille and Roussel 2014) 66

Figure 27 : Postures observées pour un score statique de 1 (d'après Bareille and Roussel 2014)..... 67
Figure 28 : Postures observées pour un score statique de 2 (d'après Bareille and Roussel 2014)..... 67
Figure 29 : Représentation graphique de la sensibilité en fonction du taux de faux positif pour divers seuils de définition de boiterie pour deux observateurs différents d'après (Hoffman et al. 2014) 74
Figure 30 : Contraintes liées à l'utilisation des Systèmes de Notation Manuels et Automatiques en élevage (Schéma personnel) 76
Figure 31 : Les sous-scores pouvant être obtenus par évaluation de la courbure du dos d'après (Bareille and Roussel 2014 ; clichés personnels)..... 82
Figure 32 : Les sous-scores pouvant être obtenus par évaluation de la qualité des aplombs (d'après Bareille and Roussel 2014 ; clichés personnels)..... 83
Figure 33 : Les sous-scores pouvant être obtenus par évaluation de l'appui des postérieurs d'après (Bareille and Roussel 2014) 83
Figure 34 : Les diverses associations de postures (accompagné du sous score statique correspondant) et leur score de synthèse associé d'après (Bareille and Roussel 2014). 84
Figure 35 : Nombre de vaches observées pour chaque niveau du score de locomotion (n=513) 89
Figure 36: Nombre de vache observée pour chaque niveau du score de statique (n=513).... 90
Figure 37 : Présentation des sous-scores possibles pour l'évaluation de la courbure du dos dans le score statique modifié (clichés personnels). 94
Figure 38 : Présentation des sous-scores possibles pour l'évaluation de la qualité des aplombs dans le score statique modifié (clichés personnels). 94
Figure 39 : Illustration des combinaisons possibles entre les postures et score statique modifié correspondant..... 95
Figure 40 : Nombre de vaches observées pour chaque niveau du score statique modifié (n=513). 95
Figure 41 : représentation graphique du nombre de vaches présentant les modifications de postures suivantes : anomalie légère des aplombs (en vert), rotation interne des jarrets (en bleu), suppression d'appui (en orange) et dos courbé (en jaune) ; en fonction du score de locomotion. 99

TABLE DES TABLEAUX

Tableau I : Présentation des prévalences des boiteries rencontrées dans diverses études ... 23
Tableau II : Tableau récapitulatif des facteurs de risques de boiterie chez la vache laitière .. 30
Tableau III : Résumé de l'influence des boiteries sur les paramètres de reproduction 33
Tableau IV : Présentation des 5 libertés à respecter pour assurer le bien-être des animaux d'élevages et des dispositions pour y parvenir (d'après Whay and Shearer 2017)..... 36
Tableau V : Les principales lésions rencontrées sur les pieds des bovins (adapté à partir de Delacroix 2008)..... 44
Tableau VI : Tableau récapitulatif des avantages et des limites de l'observation directe des lésions dans l'évaluation des boiteries..... 52
Tableau VII : Les critères évaluant la démarche utilisée dans les SNM (d'après Schlageter-Tello et al. 2014)..... 53
Tableau VIII : Les critères de la posture utilisés dans les SNM (d'après Schlageter-Tello et al. 2014)..... 54
Tableau IX : Les autres critères utilisés dans les SNM (d'après Schlageter-Tello et al. 2014) . 54
Tableau X : Les principaux Systèmes de Notation Manuelle d'après (Schlageter-Tello et al. 2014)..... 55
Tableau XI : Description des différents scores de locomotion (d'après Sprecher, Hostetler, and Kaneene 1997) 57
Tableau XII : Avantages et limites des SNM dans l'évaluation des boiteries (d'après Flower and Weary 2009). 58
Tableau XIII : Les différents critères analysés dans les SNA (d'après Schlageter-Tello et al. 2014)..... 59
Tableau XIV : Les principaux Systèmes de Notation Automatique rencontrés (d'après Schlageter-Tello et al. 2014)..... 63
Tableau XV : Avantages et limites des SNA dans l'évaluation des boiteries (d'après Ceballos et al. 2004 ; Bobbert et al. 2007), Goldhawk et al. 2009 ; DeVries et al. 2011 ; Van De Gucht et al. 2017). 64
Tableau XVI : Les critères utilisés dans les SNS rencontrés dans la littérature..... 65
Tableau XVII : Les Systèmes de Notation en Statique rencontrés dans la littérature. / définitions des postures dans le Tableau XVI..... 66
Tableau XVIII : Les diverses combinaisons de posture et leur score de synthèse associé (d'après Bareille and Roussel 2014) 68
Tableau XIX : Grille de notation des boiteries en statique (d'après Bareille and Roussel 2014) 68
Tableau XX : Avantages et limites des systèmes de notation statique. 68
Tableau XXI : Sensibilité et Spécificité de différents critères dans la détection des boiteries d'après (Hoffman et al. 2014) 73
Tableau XXII : Caractéristiques des exploitations de l'expérience..... 80
Tableau XXIII : Définitions des différentes postures observables dans le score statique 82
Tableau XXIV : Table de concordance entre le score statique et le score de locomotion..... 86
Tableau XXV : Table de contingence entre le score statique (ou statique modifié) et le score de locomotion. 87

Tableau XXVI : Tableau indiquant pour chaque élevage le nombre de vache total, le nombre de vache évalué, la fréquence des boiteries en locomotion et en statique des vaches de l'échantillon. 90
Tableau XXVII : Tableau de concordance entre le score statique et le score de locomotion.. 91
Tableau XXVIII : Tableau de concordance détaillé, indiquant le pourcentage (%) de chaque score de locomotion pour chacune des associations de postures du score statique de Bareille et Roussel (2014). 92
Tableau XXIX : Tableau indiquant pour chaque élevage le nombre de vache évalué, la fréquence des boiteries en locomotion et en statique modifié 96
Tableau XXX : Tableau de concordance entre le score statique modifié et le score de locomotion. 97
Tableau XXXI : Tableau de concordance détaillé, indiquant le pourcentage (%) de chaque score de locomotion pour chacune des associations de postures du score statique modifié. 97
Tableau XXXII : Comparaison de la fréquence des boiteries, de la sensibilité, de la spécificité et du τ de Kendall obtenus avec le score statique de Bareille et Roussel (2014) et le score statique modifié. 99
Tableau XXXIII : Sensibilité, spécificité, valeur prédictive positive (VPP) et valeur prédictive négative (VPN), dans la détection des boiteries, des différentes postures observées. 100
Tableau XXXIV : Comparaison de la sensibilité et la spécificité, dans la détection des boiteries, de la posture dos courbé à celles décrites dans la littérature. 105

TABLE DES ABRÉVIATIONS

ASR : Acidose Subaigue du Rumen
IA : Insémination Artificielle
IAF : Insémination Fécondante
IA1 : Première insémination post-partum
IC : Intervalle de Confiance
IntVa : Intervalle de Variation
IV : Intervalle Vêlage
L1 : Score de locomotion de 1
L2 : Score de locomotion de 2
L3 : Score de locomotion de 3
L4 : Score de locomotion de 4
L5 : Score de locomotion de 5
S0 : Score statique de 0
S1 : Score statique de 1
S2 : Score statique de 2
SNA : Système de Notation Automatique
SNM : Système de Notation Manuel
SNS : Système de Notation Statique
Sm0 : Score statique modifié de 0
Sm1 : Score statique modifié de 1
Sm2 : Score statique modifié de 2

INTRODUCTION

Une boiterie est une démarche anormale résultant d'une blessure, d'une maladie ou d'un inconfort d'un ou plusieurs pieds et/ou membres. En élevage de bovins laitiers, les boiteries sont une dominante pathologique importante. Elles constituent la 3e affection derrière les mammites (1er) et les troubles de la reproduction (2e) (Enting et al. 1997). En plus de leurs répercussions économiques, les boiteries sont, *per se* une atteinte au bien-être de par la douleur et l'inconfort engendrés (Whay and Shearer 2017).

L'évaluation des boiteries au sein des élevages laitiers est un enjeu important pour le vétérinaire car elles peuvent révéler ou engendrer un dysfonctionnement dans l'élevage. Généralement les boiteries sont détectées, par l'éleveur, le pareur ou le vétérinaire, par observation d'une modification de la démarche, de la posture, du comportement de la vache ou directement de lésions podales. Pour prendre en charge efficacement le problème de boiteries, le vétérinaire doit connaître leur nombre et leur sévérité dans le troupeau. Certaines méthodes ont ainsi été développées dans le but de détecter les vaches boiteuses. Dans un premier temps les scores de locomotion ont été développés puis ils ont été très largement utilisés dans les travaux de recherche, à l'image du score de Sprecher et al (1997). Dans un second temps, des méthodes d'évaluation automatiques (nécessitant du matériel couteux) et des scores statiques basés sur l'observation des postures des vaches au cornadis se sont développés, à l'image du score statique de Bareille et Roussel (2014). Les scores statiques sont davantage utilisés par le praticien que les scores de locomotion mais peu d'études se penchent sur la validité et les performances de ce type de méthode.

L'objectif de ce travail est d'évaluer la corrélation entre le score de locomotion de Sprecher et al (1997) et le score statique de Bareille et Roussel (2014) afin de déterminer si ce score est assez performant pour être utilisé par le vétérinaire praticien.

Dans un premier temps, nous nous intéresserons à l'importance de l'évaluation des boiteries en élevage laitier par le vétérinaire. Ensuite, nous étudierons les méthodes d'évaluation des boiteries. Puis, nous mettrons en évidence les méthodes utilisables sur le terrain. Enfin, à travers une étude expérimentale nous étudierons la corrélation entre le système d'évaluation manuel de Sprecher et al (1997) et le système d'évaluation statique de Bareille et Roussel (2014) et nous proposerons une amélioration du score statique : le score statique modifié.

I. Importance des boiteries dans les élevages bovins laitiers

A. Les boiteries : une dominante pathologique en élevage laitier.

1. Prévalence et incidence des boiteries en élevage bovin

Les prévalences rencontrées au sein de diverses études sont variables. Cependant à méthode de détection et seuil de détection comparables les prévalences moyennes ont tendance à converger vers l'intervalle 20-30% (Tableau I).

Tableau I : Présentation des prévalences des boiteries rencontrées dans diverses études

Étude	Définition de la boiterie	Prévalence % (IntVa%)	Nombre élevages (Caractéristiques)	Nombre de bovins
Espejo et al (2006)	**Score >2** (Sprecher, Hostetler, and Kaneene 1997)	**24,6** (3,3-57,3)	**50** (<150 vaches)	5 626
Flor et al (2008)	**Score >1** (Sprecher, Hostetler, and Kaneene 1997)	**32** (17,2-56) **28** (0-70)	**34** (299+/- 57 vaches) **57** (28+/- 19 vaches)	9 101 1 598
Flor et al (2008)	**Score >2** (Sprecher, Hostetler, and Kaneene 1997)	**16,7** **13,3**	**34** (299+/- 57 vaches) **57** (28+/- 19 vaches)	9 101 1 598
Sarova et al (2011)	**Score >0** (Welfare Quality® 2010)	**31** (9-64)		807

Pour confirmer l'existence d'un problème de boiterie dans un élevage bovin, la prévalence annuelle ne suffit pas. Il faut aussi considérer la vitesse de progression des cas de boiterie dans l'élevage. On considère qu'une augmentation de 5% en un mois nécessite une intervention dans l'élevage. Par exemple : une flambée de dermatite digitée peut masquer une fourbure subclinique en cours dans un élevage laitier (Greenough et Weaver 1997).

L'estimation de l'incidence annuelle des boiteries dans les études varie de 7% (Alban, Lawson, and Agger 1995), 22% (Whay 2002), 38% (Esslemont et Kossaibati 1997) 55% (Clarkson et al. 1996) à 69% (Hedges et al. 2001). Une incidence annuelle de 10% des animaux de l'élevage montrant des signes de boiterie, quelle que soit la cause, est le niveau maximum économiquement toléré (Greenough and Weaver 1997).

Les facteurs de variation de la prévalence et de l'incidence des boiteries rencontrées dans les études sont les suivants :

- La méthode de détection des boiteries employée
- Le seuil de détection des boiteries
- La race des vaches observées
- La taille des élevages
- La présence ou l'absence des facteurs de risques de boiteries

2. Facteurs de risque

Les facteurs de risque des boiteries (Tableau II) peuvent avoir une origine extrinsèque : l'habitat, la conduite du troupeau, l'humidité, l'hygiène, la production, l'alimentation, la saisonnalité ; ou une origine intrinsèque : la génétique et les pathologies du *peri-partum*. La bonne santé des pieds est un reflet précis de conditions d'élevage maitrisées. C'est pourquoi l'attention portée aux pieds doit faire partie du travail quotidien de l'éleveur.

a. Facteurs extrinsèques

i. Risque lié à l'habitat

➢ *Confort de l'habitat*

Les défauts de confort du logement ont une influence sur la santé des pieds des bovins car il est essentiel que les vaches passent *a minima* entre 12h/j et 14h/j couchées. Or une couche inconfortable entrainera une prolongation de la station debout qui à son tour diminuera l'efficience de la rumination, fatiguera les vaches et augmentera les lésions des pieds et les boiteries (Grant and Albright 2000). Les temps de couchage sont plus longs en aires paillées qu'en logettes, en logettes avec sols moelleux qu'avec sols durs, en logettes avec matelas qu'avec tapis et sciure. Les blessures des membres sont nettement moins importantes en logettes paillées qu'en logettes avec tapis sans paille. Les vaches privilégient le confort de la couche par rapport aux dimensions de la logette. Le nombre de places couchées doit être supérieur au nombre de vaches, sinon la compétition est telle que les dominées et les primipares passeront moins de temps couchées (Delacroix 2008).
Les problèmes de boiteries augmentent avec les sols durs. L'amortissement à la pose du pied y est nul. Les pressions sur les onglons augmentent, lesquelles stimulent la production de corne qui accroit la grosseur et l'épaisseur des onglons, en particulier de l'onglon postéro-externe. Le cercle vicieux pression/production est alors activé (Delacroix 2008). Les vaches montrent une nette préférence pour les sols souples (type caoutchouc) comme le montrent les travaux de Blowey (Figure 1) : une bande de tapis en caoutchouc de 1,5m de largeur a été positionnée au centre d'un couloir d'accès à la salle de traite en béton. Bien que toutes les vaches pouvaient se déplacer librement dans tout le couloir, elles ont toutes préféré se déplacer sur le tapis en caoutchouc. En effet, l'enfoncement dans un sol mou diminue les forces encaissées par le pied (Blowey 2005).

Figure 1 : Vaches préférant marcher sur un tapis en caoutchouc de 1,5m de largeur plutôt que sur le béton (d'après Blowey 2005)

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

- Des sols trop lisses sont glissants et les vaches s'y déplacent avec prudence, et risquent des traumatismes. Le rainurage des bétons tente d'y remédier, mais le passage quotidien des racleurs tend à diminuer à terme son effet.
- Si les surfaces sont trop abrasives, elles usent exagérément la corne. Les bétons neufs peuvent être dangereux de ce point de vue.
- Les surfaces trop inégales, mal entretenues, présentant des cavités plus ou moins importantes, font trébucher les vaches et contribuent à léser la ligne blanche.
- Les sols couverts de gravillons rendent la marche très inconfortable. Les gravillons pénètrent dans la corne, en particulier au niveau de la ligne blanche et créent des abcès (Delacroix 2008).

➢ *Hygiène et humidité de l'habitat*

Le manque d'hygiène et l'humidité de l'habitat sont des facteurs de risque majeurs pour les boiteries d'origine infectieuse, en particulier la dermatite digitée, la dermatite interdigitée et les panaris (Delacroix 2008). En effet selon Borderas et al (2004), les tissus composant les sabots des vaches absorbent l'eau rapidement et la dureté des sabots diminue avec l'augmentation de leur contenu en eau. Ces résultats suggèrent que l'exposition, même brève, des sabots à des surfaces humides résulte en une diminution de la dureté. Or les vaches ayant des onglons plus tendre ont tendance à présenter des lésions des onglons plus sévères.

De plus le lisier peut être corrosif pour la corne. Pour réduire les risques de lésions des onglons, les vaches laitières doivent être élevées dans des conditions permettant de maintenir les pieds au sec et au propre (Borderas et al. 2004 ; Delacroix 2008).

ii. Risque lié à l'alimentation

Pour fabriquer un étui corné de qualité, un apport des nutriments de base est nécessaire. Ainsi, un déséquilibre, même léger, dans la ration peut avoir des conséquences directes sur le développement de maladies podales.

En effet, des excès de concentrés riches en glucide hautement fermentescibles ou des excès d'azote dans la ration, peuvent entrainer respectivement le développement d'acidose subaigue du rumen (ASR) ou d'alcalose du rumen. Ces troubles métaboliques favorisent l'apparition de fourbure (inflammation de la couche conjonctive profonde de la sole). (Delacroix 2008 ; Bouraoui et al. 2014). De plus, selon Nocek et al (1997) environ 62% des lésions podales pourraient être associées aux fourbures (Nocek 1997).

Une carence en minéraux, oligo-éléments ou vitamines peut avoir un effet néfaste sur la santé des pieds des bovins laitiers. En cas de déficit calcique, un accroissement des troubles osseux et des boiteries est mis en évidence. Une balance calcique négative durable induit une ostéoporose progressive et une plus grande fragilité du pied. Ainsi les animaux atteints de fièvre vitulaire sont prédisposés aux maladies du pied. Une carence en zinc, se traduit par une diminution de la dureté de la corne, rendant le pied plus sensible aux traumatismes et aux infections. Par ailleurs, on note en l'absence de complémentation minérale une incidence plus élevée des troubles métaboliques (fourbure aigue par exemple) (Faye et Barnouin 1988)

iii. Risque lié à la conduite des animaux

- *Manipulation des animaux*

La manipulation brutale des vaches est associée à une augmentation de l'incidence des boiteries. Clarkson et Ward (1991) ont montré que l'incidence des boiteries était significativement plus élevée dans les fermes où les vaches étaient menées dans la précipitation sur les allées de la ferme par l'éleveur, un chien ou un tracteur, que dans les fermes où les vaches pouvaient se déplacer librement à leur propre rythme. Dans le second cas les vaches pouvaient choisir leur propre rythme ce qui permettait d'éviter les coups sur la sole et le chorion. En effet, lorsque des vaches se déplacent sereinement, elles baissent la tête pour repérer une surface sécurisante et souple sur laquelle elles peuvent se déplacer. Si les vaches sont déplacées de force trop rapidement ou si elles sont entourées de trop de congénères, leur tête est maintenue en l'air et elles ne peuvent pas voir la surface sur laquelle elles se déplacent et il en résulte une augmentation des boiteries (Clackson et Ward 1991).

- *Conduite sanitaire*

L'introduction de bovins sans mise en quarantaine peut être à l'origine de l'introduction d'agents pathogènes responsables de boiterie. Par exemple la maladie de Mortellaro est une

maladie qui « s'achète ». Le contrôle à l'achat des 4 pieds devrait désormais être une habitude, quand on sait les problèmes posés par cette maladie et l'impossibilité pour le moment de s'en débarrasser une fois le troupeau atteint. Une période de quarantaine de deux semaines devrait être obligatoirement mise en place pour déceler le développement d'éventuelles lésions (Delacroix 2008).

Des mesures portant sur la conduite d'élevage peuvent être mises en place afin de prévenir l'apparition des boiteries. L'amélioration du confort et de l'hygiène du logement, la sortie en pâturage des animaux, la réalisation de parages à intervalle régulier ou la limitation de l'introduction de génisses de renouvellement peuvent diminuer les affections podales, comme par exemple la dermatite digitée. Afin d'élaborer des stratégies efficaces et rentables, il est nécessaire de mettre en place une approche globale intégrant protocoles de traitement et pratiques d'élevage (Seegers et al. 2013).

iv. Saisonnalité

Les variations au cours de l'année sont difficiles à interpréter car certaines maladies, comme le panaris, sont indépendantes de la saison, alors que d'autres y paraissent liées (fourbure, fourchet, dermatite). En hiver les animaux sont rentrés dans les étables, la densité de bovin et la pression infectieuse sont alors à leur maximum. Quel que soit le type de bâtiment, plus la durée en stabulation hivernale est longue, plus les animaux semblent sales et boiteux (Bosquet et al 2012). L'étude de Cook (2003) réalisée dans 30 élevages de Prim Holstein dans le Wisconsin a mis en évidence que la prévalence des boiteries passe de 21,1% en été à 23,9% en hiver. Par ailleurs, une pluviométrie élevée favorisait l'apparition des boiteries (Faye et al. 1986)

b. Facteurs intrinsèques

i. Production laitière

Les vaches hautes productrices sont plus sujettes au développement de boiterie. L'étude de Green et al (2002) a mis en évidence que les vaches boiteuses produisaient en moyenne 1,2kg de lait par jour de plus que les vaches non boiteuses, avant de déclarer cette affection (Green et al. 2002). L'incidence des boiteries augmente aussi avec l'accroissement du rang de lactation (Figure 2). En effet, dans l'étude d'Espejo et al (2006) ainsi que dans celle de Weber et al (2013) la plus faible prévalence de boiterie a été observée chez les vaches en première lactation (Espejo et al. 2006 ; Weber et al. 2013). La prévalence de boiterie la plus élevée a été observée chez les vaches en 6e lactation ou plus. De plus, à chaque nouvelle lactation une vache avait en moyenne 1,3 fois plus de risque de devenir boiteuse et la prévalence des boiteries a augmenté de 8% à chaque nouvelle lactation (Espejo et al. 2006).

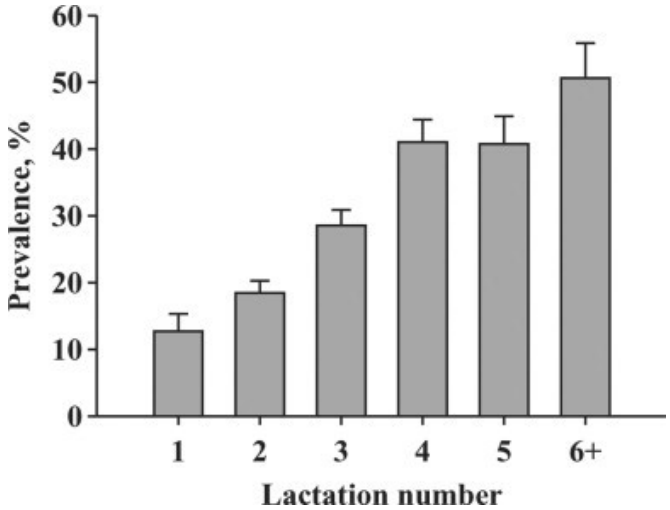


Figure 2 : Représentation graphique de la prévalence des boiteries en fonction du nombre de lactation (d'après Espejo, Endres, et Salfer 2006)

En revanche la probabilité d'apparition de lésion des pieds et des membres ne variaient pas en fonction du nombre de lactation (Figure 3). De plus les vaches en deuxième lactation vont présenter des signes de boiterie plutôt en fin de lactation, alors que le pourcentage de vaches boiteuses en 3e lactation est maximal en début de lactation (Weber et al. 2013).

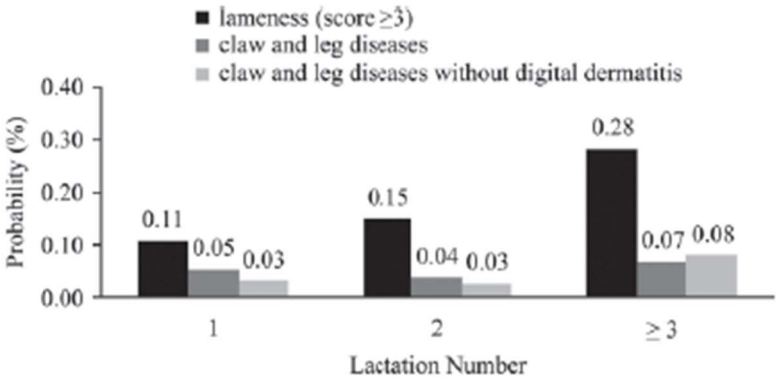


Figure 3 : Représentation de la probabilité pour une vache d'être boiteuse, d'avoir des maladies podales ou d'avoir des maladies podales excepté la dermatite digitée, en fonction du nombre de lactation (d'après Weber et al. 2013).
En noir : La probabilité pour une vache d'être boiteuse en fonction du nombre de lactation ; En gris foncé : La probabilité pour une vache d'avoir une maladie des onglons ou du membre en fonction du nombre de lactation ; En gris clair : La probabilité pour une vache d'avoir une maladie des onglons ou du membre sans lésion de dermatite digitée en fonction du nombre de lactation

ii. Génétique

La race Holstein semble être la plus fréquemment atteinte par les boiteries. L'expérience et la simple observation en élevage montrent que certaines lignées de mères sont beaucoup plus systématiquement touchées par les boiteries (Delacroix 2008).

Capion et al (2008) ont mis en évidence qu'une mauvaise conformation des postérieurs ainsi qu'une asymétrie des onglons postérieurs chez les génisses, étaient associés avec les hémorragies de sole, les maladies de ligne blanche et les boiteries (Capion et al. 2008). D'après Onyiro et al (2008), la conformation des postérieurs et des pieds a une forte corrélation génétique avec la locomotion (Onyiro and Brotherstone 2008). D'après Greenough et al (2017), les lésions ont différents degrés d'héritabilité (Greenough 2017). Weber et al (2013) ont obtenu une héritabilité modérée pour la résistance aux boiteries indiquant que la sélection génétique directe pour réduire la prévalence des boiteries pourrait être moyennement fructueuse. En suède un « Bull Index » a été créé pour que les éleveurs puissent sélectionner les semences donnant une progéniture faiblement prédisposée aux boiteries (Weber et al. 2013).

iii. Maladies du *péri-partum*

De nombreuses maladies du *péri-partum* telles que : les métrites puerpérales, les mammites graves, l'acétonémie, la rétention placentaire, l'œdème mammaire ou l'acidose subaiguë du rumen ont un rôle déclencheur de fourbure, en particulier de fourbure subaiguë, dont les signes cliniques vont se manifester 6 à 8 semaines plus tard (Delacroix 2008 ; Blowey 2005).

c. Bilan

Bilan : Les boiteries : une dominante pathologique en élevage laitier

- **3e maladie** en élevage laitier
- **Prévalence** moyenne de **20-30%**
- **Incidence très variable** en fonction de l'élevage et des facteurs de risque présents

Tableau II : Tableau récapitulatif des facteurs de risques de boiterie chez la vache laitière

FACTEURS DE RISQUE EXTRINSÈQUES	
Risques liés à l'habitat	Diminution du temps de couchage
	Traumatismes lors des déplacements des animaux
	Humidité et défauts d'hygiène des aires de vie
Risques liés à l'alimentation	Acidose subaigüe du rumen
	Déficit énergétique
	Carence marquée en minéraux et oligo-éléments
Risques liés à la conduite d'élevage	Sous détection des boiteries ou méconnaissance des lésions
	Mesures de prévention absentes ou inadaptées
	Traitement absent ou inadapté
Risques liés à la saisonnalité	Période hivernale
FACTEURS DE RISQUE INTRINSÈQUES	
Risques liés à la production	Forte production laitière et nombre de lactation élevé
Risques liés à la génétique	Mauvaise conformation des vaches
Risques liés aux maladies *péri-partum*	Rétention placentaire
	Métrites puerpérales
	Mammites graves, œdème mammaire
	Acétonémie, Acidose subaiguë du rumen

B. Importance économique des boiteries en élevage laitier

Les boiteries ont un impact économique très important. Elles se positionnent en troisième position dans les affections engendrant les plus fortes pertes économiques au sein des élevages, juste derrière l'infertilité et les mammites (Enting et al. 1997). Les pertes économiques liées aux boiteries sont attribuables au coût direct et indirect des traitements, à la diminution de la production laitière (Hernandez et al. 2002), à la diminution des performances de reproduction et à l'augmentation du nombre de vaches réformées (Melendez et al. 2003) (Figure 7). Les pertes économiques moyennes par vache boiteuse ont été estimés à 305€ (273£) au Royaume-Uni (Kossaibati et Esslemont 1997).

1. Influence des boiteries sur la production laitière

La production laitière est influencée par les problèmes de boiterie autant en terme de quantité qu'en terme de qualité. Les boiteries entrainent une diminution de la production laitière. Toutes les maladies podales touchant plusieurs animaux dans le troupeau (dermatite digitée, fourchet et 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 livré du fait des délais d'attente liés aux traitements. De plus, le niveau de production maximum d'une vache peut ne plus jamais être atteint si elle a souffert de panaris. Hernandez et al (2002) ont montré que les vaches atteintes de panaris produisaient en moyenne 10% de lait en moins qu'une vache saine (Hernandez et al. 2002). L'étude de Bouraoui et al (2014) a permis d'établir une relation linéaire entre la gravité des boiteries et la diminution de la production (Figure 4). L'augmentation d'une unité de score de locomotion induisait une diminution de 2,14Kg de lait/vache/jour. (Bouraoui et al. 2014).

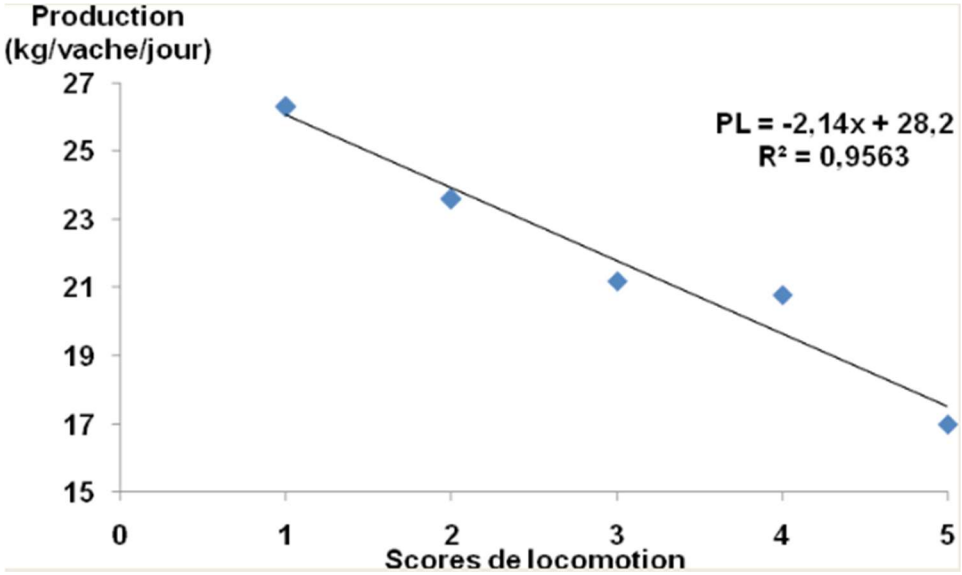


Figure 4 : Représentation graphique de la production de lait des vaches en fonction du score de locomotion d'après (Bouraoui et al. 2014)

D'après Green et al. (2002), les vaches boiteuses ont une baisse de production significative dans les 4 mois avant le diagnostic de la boiterie et pendant les 5 mois suivant son traitement. Ils ont aussi identifié une perte significative de 1,7 kg de lait/jour sur le mois suivant le diagnostic de la boiterie. (Green et al. 2002). Au Royaume-Uni, on estime la perte de production laitière imputable aux boiteries à 360 Kg sur 305 jours (Green et al. 2002).

Une détérioration de la qualité du lait a été observée chez les vaches boiteuses. En effet, comme dans le cas de la production, la concentration cellulaire du lait varie linéairement en fonction du score locomoteur (Figure 5). Ainsi des concentrations cellulaires plus élevées que chez les vaches saines ont été observées chez les vaches boiteuses. (Bouraoui et al. 2014)

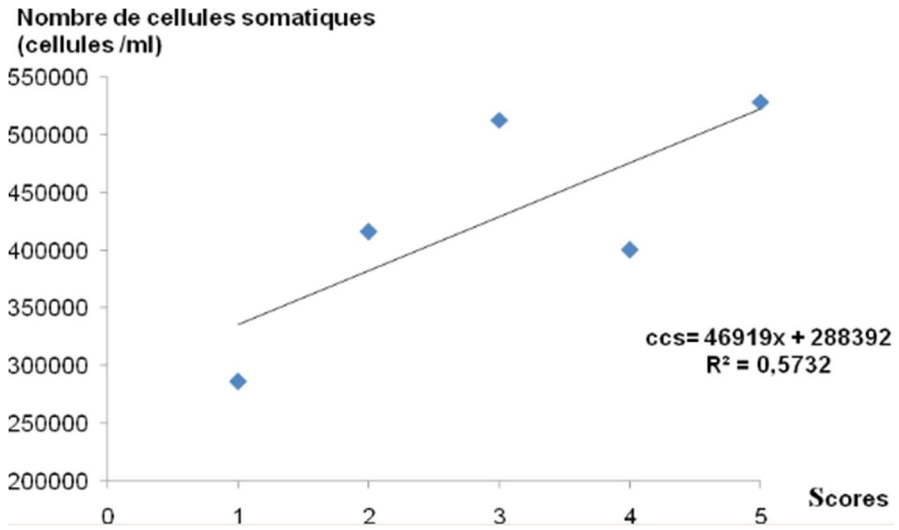


Figure 5 : Représentation graphique du nombre de cellules somatiques dans le lait en fonction du score de locomotion d'après (Bouraoui et al. 2014)

2. Influence des boiteries sur la reproduction

Le contrôle de la reproduction est un des enjeux majeurs de l'élevage laitier. L'optimisation des paramètres de reproduction est nécessaire pour améliorer les performances de l'élevage. Les boiteries sont responsables d'une altération de ces paramètres de reproduction (Tableau III).

En effet, Les boiteries ont à la fois un impact sur :

- La mise à la reproduction :

  Elles empêchent les vaches d'exprimer correctement leur chaleur. De ce fait, les éleveurs ont des difficultés à identifier les vaches à inséminer (Sprecher et al. 1997). On observe alors une augmentation de l'intervalle vêlage-première insémination (IV-IA1) (Barkema et al. 1994).

De plus, d'après Morris et al (2009), en faisant abstraction des autres affections intercurrentes, le taux d'ovulation chez les vaches boiteuses est plus faible que chez les vaches saines (respectivement 30/42 et 30/32 ; $p<0,05$) (Morris et al. 2009). Cette diminution du taux d'ovulation peut s'expliquer par une augmentation des troubles ovariens tels que : des défauts d'ovulation ou la formation de kystes ovariens (Melendez et al. 2003).

- La réussite de la fécondation :

  Les boiteries sont responsables d'une diminution du taux de réussite en première insémination (Melendez et al. 2003) d'une augmentation du nombre d'inséminations (Collick, Ward, et Dobson 1989) et d'une augmentation de l'intervalle vêlage-insémination fécondante (Hernandez et al. 2001 ; Bicalho et al. 2007)

Tableau III : Résumé de l'influence des boiteries sur les paramètres de reproduction

PARAMETRES	IV-IA1	%Réussite IA1	Nombre IA	IV-IAF
Vache boiteuse	**↑ + 2,9 à 4,6 jours**	**↓ -25,1%**	**↑ + 0,42**	**↑ +31 à 40 jours**
Références	(Barkema et al. 1994)	(Melendez et al. 2003)	(Collick, Ward, et Dobson 1989)	(Hernandez, Shearer, et Webb 2001) (Bicalho, Vokey, et al. 2007)

3. Les coûts liés aux traitements

D'après Kossabaiti et Esslemont (1997), les pertes économiques moyennes liées aux traitements des boiteries ne représentent que 5% des pertes économiques totales (15€/vache/an en moyenne) (Figure 6). Le prix du traitement d'un cas de boiterie variait en fonction de l'affection rencontrée. En effet, les affections digitales (abcès de ligne blanche, corps étranger dans la sole et ponction de la sole) représentant 47% des cas de boiteries de l'étude coûtaient en moyenne 14,7€. Les affections interdigitales (panaris, tyloma et dermatite interdigitale) représentant 22% des boiteries coûtaient en moyenne 12,2€ et enfin les ulcères de soles représentant 31% des cas de l'étude coûtaient en moyenne 17€ (Kossaibati et Esslemont 1997).

4. Bilan

Bilan : Importance économique des boiteries en élevage laitier

Perte économique moyenne de 305€ par vache boiteuse par an

- **Diminution de la quantité et de la qualité de la production laitière** :
  - Perte de 360kg de lait en moyenne par lactation
  - Baisse de production significative dans les 4 mois précédant le diagnostic et dans les 5 mois suivant le traitement
  - Augmentation du taux de cellules somatiques
  - Perte de lait consécutive aux délais d'attente

- **Diminution des performances de reproduction** :
  - Augmentation IV-IA1 d'en moyenne 2,9 à 4,6 jours
  - Diminution du taux de réussite en IA1 d'en moyenne 25,1%
  - Augmentation du nombre d'IA d'en moyenne 0,42
  - Augmentation de l'IV-IAF d'en moyenne 40 jours
  - Augmentation des troubles ovariens (augmentation de la formation de kystes d'en moyenne 14%)

- **Augmentation de dépenses liées aux traitements et aux frais vétérinaires**

- **Chronophage pour l'éleveur**

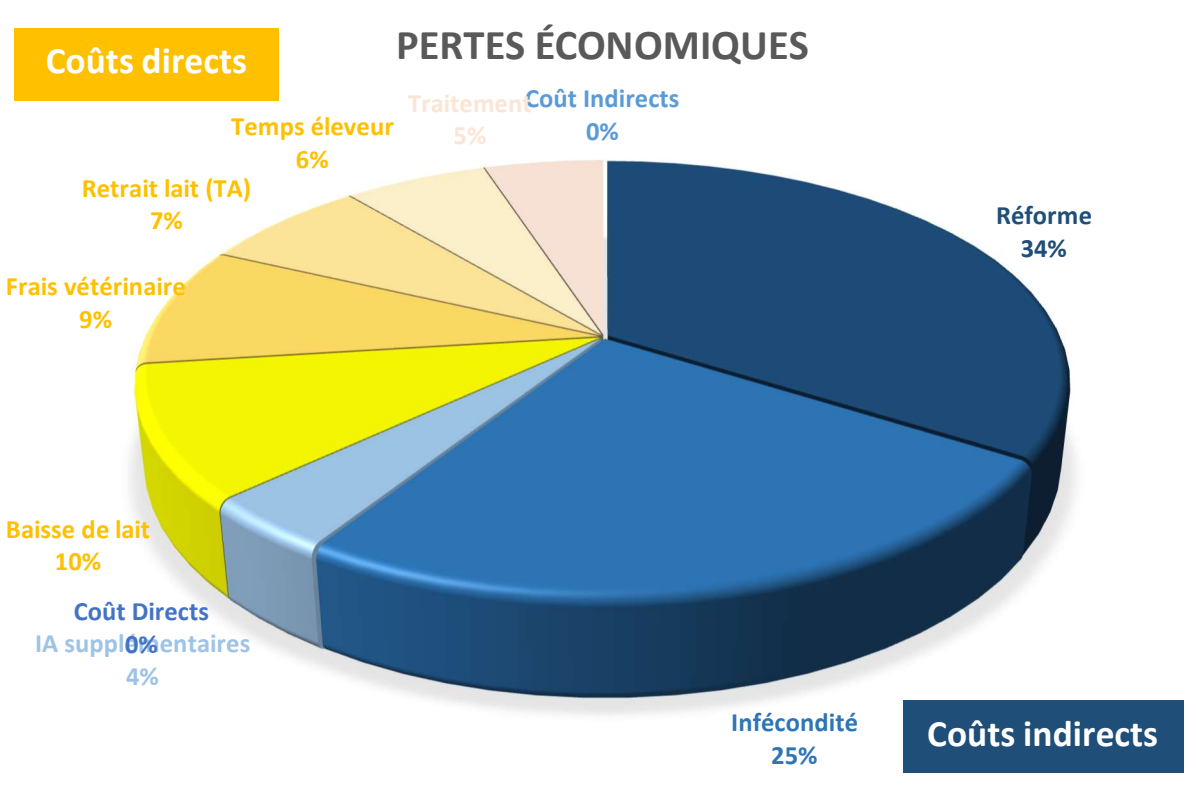


Figure 6 : Part des différentes pertes économiques rencontrées lors de boiteries d'après (Kossaibati and Esslemont 1997)

C. Importance pour le bien-être des animaux

Les boiteries ont un impact considérable sur le bien-être des bovins. Premièrement, lors de boiterie, les vaches peuvent être soumises à de sévères douleurs et à un important inconfort. Deuxièmement, une conséquence moins reconnue est la suppression de certains comportements naturels secondaires à la réduction de la mobilité (Galindo et Broom 2002).

Une méthode utile pour évaluer l'impact des boiteries sur le bien-être des bovins consiste en l'évaluation des 5 libertés (Tableau IV). Elles correspondent aux besoins fondamentaux permettant de fournir aux animaux un bien-être de base de bon niveau :

Tableau IV : Présentation des 5 libertés à respecter pour assurer le bien-être des animaux d'élevages et des dispositions pour y parvenir (d'après Whay and Shearer 2017)

LIBERTES	DISPOSITIONS
Ne pas souffrir de la faim ou de la soif	Alimentation en accord avec les besoins des animaux Accès facile à de l'eau fraiche
Ne pas souffrir d'inconfort	Environnement comprenant un abri et une aire de repos confortables
Ne pas souffrir de douleurs, blessures ou maladies	Diagnostic et traitement rapides des maladies et blessures
Pouvoir exprimer les comportements naturels propres à l'espèce	Espace suffisant, installations appropriées et compagnie d'animaux de la même espèce.
Ne pas éprouver de peur ou de détresse	Conditions d'élevage et traitements évitant la souffrance mentale

1. Ne pas souffrir de la faim ou de la soif

Les boiteries entrainent un amaigrissement des vaches. La diminution de l'état corporel via une association de perte d'appétit, un manque de temps d'alimentation, une incapacité à entrer en compétition pour la nourriture et une consommation d'énergie par l'organisme pour combattre la cause de la boiterie, peut être perçu comme un indicateur de faim (Whay et Shearer 2017).

L'étude de la modification du budget temps engendré par les boiteries a permis de mettre en évidence que les vaches boiteuses présentaient une diminution de la prise de boisson (Gomez et Cook 2010).

2. Ne pas souffrir d'inconfort

La boiterie est un signe d'inconfort. Les vaches boiteuses ont plus de difficulté à se coucher, à se lever et à se tenir debout. Il faut donc leur fournir une zone spéciale propre, sèche et tendre pour se reposer et favoriser la récupération. Un box prévu à cet effet ou le pâturage offrent une liberté de mouvement permettant l'expression des comportements naturels de lever et de coucher sur un sol confortable. (Gomez et Cook 2010).

3. Ne pas souffrir de douleurs, blessures ou maladies

Les affections responsables de boiteries sont pour la grande majorité douloureuses. Le phénomène d'hyperalgésie est commun chez les vaches souffrant de boiterie chronique. Ceci est caractérisé par une réaction exagérée à un stimulus douloureux. Non seulement les boiteries chroniques exacerbent la souffrance de l'animal par le phénomène d'hyperalgésie mais elles sont aussi difficiles à traiter. Whay et al (1988) ont reporté une persistance de l'hyperalgésie pendant 28j après que la lésion d'origine ait été traitée et que les signes comportementaux de boiterie aient disparu (Whay 1998).

4. Pouvoir exprimer les comportements naturels propres à l'espèce

Les boiteries entrainent une modification du budget temps de la vache. En effet, les vaches boiteuses passent plus de temps couchées que les vaches saines, elles allongent la durée de leur session de couchage et réduisent le nombre de sessions de couchage. Elles passent donc moins de temps en appui sur leurs pieds et réduisent le nombre de passages en position couchée et debout (Ito et al. 2010).
La rumination semble aussi affectée. Le taux de rumination chez les vaches boiteuses était réduit dans une étude anglaise (Miguel-Pacheco et al. 2014) mais inchangé dans d'autres (Thorup et al. 2016). Ceci indique que des recherches supplémentaires devraient être envisagées à ce sujet.

Les boiteries ont aussi une influence sur le comportement social des bovins car les vaches boiteuses sont moins susceptibles de répondre à une agression et seront plus facilement dominées donc plus facilement écartées de l'aire d'alimentation (R. Grant 2011 ; Galindo and Broom 2002). L'étude de Galindo et al (2002) a mis en évidence que les vaches boiteuses sont plus fréquemment léchées par leurs congénères que les vaches saines. Il a alors été suggéré que le léchage joue un rôle important dans le réconfort des membres du troupeau souffrant de douleur ou atteints d'une maladie. (Galindo and Broom 2002)

À cause d'une augmentation du temps de couchage et d'une réticence pour chevaucher les autres vaches, l'expression de certains comportements sexuels tels que les chaleurs sont diminués chez les vaches boiteuses et compromettent les capacités de détection des chaleurs par les éleveurs (Whay and Shearer 2017)

5. Ne pas éprouver de peur ou de détresse

Le processus d'inspection et de traitement des boiteries engendre du stress et de la peur chez les animaux concernés. La simple séparation des vaches boiteuses du reste du troupeau entraine une augmentation du taux de cortisol. (Whay et Shearer 2017). Les vaches ont une bonne mémoire des mauvaises expériences. L'entrée des cages de parage leur rappelle rarement une bonne expérience. Par conséquent, les vaches hésitent à entrer dans celles-ci. Parfois ceci donne lieu à l'emploi de méthode agressive telle que des cris, des poussées, des coups de bâton afin de faire avancer l'animal.

De plus, le parage et le traitement des boiteries entrainent souvent un inconfort instantané et transitoire. Tout ceci ne fait que renforcer l'expérience négative associée à la cage de parage. Certains de ces problèmes peuvent être résolus en améliorant la conception des installations et en formant le personnel à la manipulation correcte des animaux.

Aucune des 5 libertés n'est épargnée par les boiteries. En élevage, l'homme a un contrôle complet sur les animaux. En effet, il gère la nourriture et l'eau, il contrôle les conditions de vie et il gère les « expériences » que les animaux endurent. Ce sont donc les décisions et comportements des hommes qui ont la plus grande influence sur le bien-être des vaches. De plus, les hommes ont la possibilité de réduire la douleur et les effets débilitants des boiteries par la détection précoce, un traitement rapide et un environnement confortable pendant la période de guérison.

6. Bilan

Bilan : Importance pour le bien-être animal

❖ **ATTEINTE DES 5 LIBERTES :**

- Ne pas souffrir de la faim ou de la soif :
  - Diminution de l'état corporel
  - Manque de temps d'alimentation
  - Incapacité à entrer en compétition pour la nourriture
  - Diminution de la prise de boisson
- Ne pas souffrir d'inconfort :
  - Logement inconfortable
  - Ambiance inconfortable
- Ne pas souffrir de douleurs, blessures ou maladies
  - Douleur
  - Hyperalgésie pendant les 28j post-guérison clinique
- Pouvoir exprimer les comportements propres à l'espèce
  - Perturbations du budget temps (Augmentation du temps de couchage)
  - Difficultés à se défendre face aux congénères
  - Diminution de l'intensité des chaleurs et retard de cyclicité
- Ne pas éprouver de peur ou de détresse
  - Manipulations agressives
  - Isolement des congénères pendant les périodes de traitement

D. Conclusion

Conclusion : Partie I

❖ **LES BOITERIES : UNE DOMINANTE PATHOLOGIQUE EN ELEVAGE LAITIER :**

- **3e maladie** en élevage laitier (derrière les mammites et l'infertilité)
- **Prévalence moyenne de 20-30%**

❖ **IMPORTANCE ECONOMIQUE DES BOITERIES EN ELEVAGE LAITIER :**

- **Diminution de la quantité et de la qualité de la production laitière**
- **Diminution des performances de reproduction**
- **Augmentation des dépenses liées aux traitements et aux frais vétérinaires**
- **Chronophage pour l'éleveur**

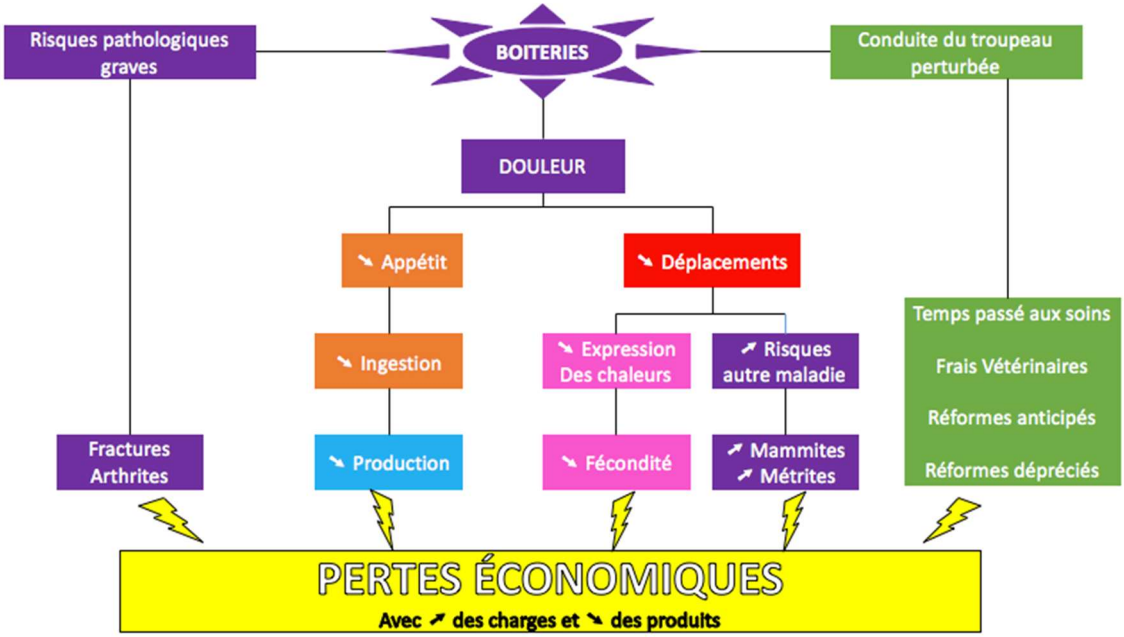


Figure 7 : Schéma bilan sur les pertes économiques dues aux boiteries en élevage laitier

❖ **CONSEQUENCES SUR LE BIEN-ETRE ANIMAL :**

- **Entrave aux 5 libertés nécessaires au bien-être des vaches**

II. Comment évaluer les boiteries en élevage laitier

A. Différencier les vaches boiteuses des non boiteuses

1. Rappel de l'anatomie externe du pied des bovins

Les pieds des bovins se composent de deux onglons correspondant aux doigts III (médial) et IV (latéral) séparés distalement par l'espace interdigité. Le sabot est une enveloppe cornée protégeant la 3e phalange et les tissus sensibles du pied. Pour chaque sabot on décrit (Lensink and Leruste 2006) (Figure 8) :

- Une paroi ou muraille : recouvrant la face dorsale, axiale et abaxiale de la 3ème phalange. Elle est constituée d'une corne dure et épaisse. Elle est sécrétée et portée par un chorion dermique richement vascularisé : la membrane kératogène.
- Un talon : il est constitué de corne élastique.
- Une sole : située sous le sabot. Plus fine et plus souple que la paroi, c'est la partie la plus exposée aux blessures.
- Une ligne blanche : elle correspond à la jonction entre la sole et la paroi.

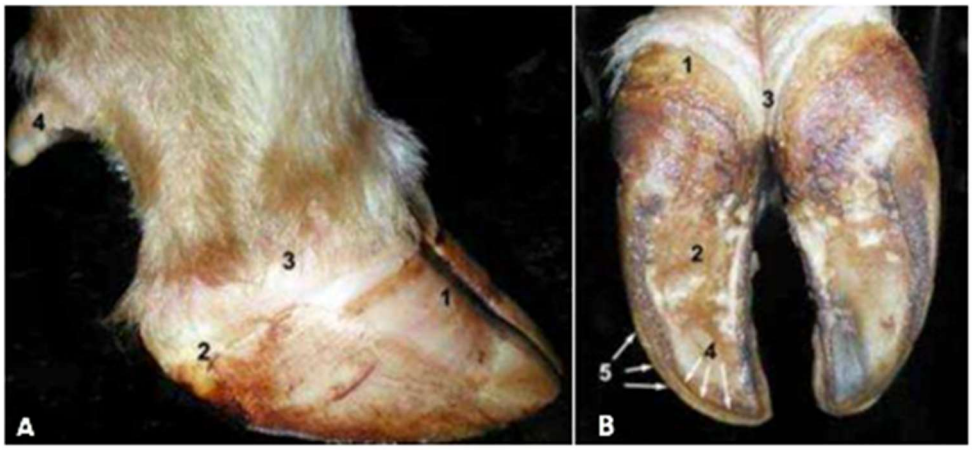


Figure 8 : A. illustration de l'anatomie externe du pied en vue latérale : (1) la muraille ; (2) le talon abaxial ; (3) la couronne ; (4) l'ergot latéral ; B. illustration de l'anatomie du pied vue du dessous : (1) le talon ; (2) la sole ; (3) l'espace interdigité ; (4) la ligne blanche ; (5) la muraille. (D'après Desrochers 2005)

2. La démarche et les postures normales des vaches

De toutes les allures la marche est la plus lente. C'est une allure en quatre temps sans phase de suspension (la phase durant laquelle l'animal avance sans qu'aucun membre ne touche le sol), comportant une alternance de phase de support sur deux ou trois membres. La succession usuelle des pas durant la marche est : PG-AG-PD-AD (où P, A, G, D sont respectivement postérieur, antérieur, droit et gauche). Ceux-ci se succèdent dans un rythme régulier et avec le même espacement entre eux. Par convention on débute toujours le cycle de la marche par le postérieur gauche (Van Nuffel et al. 2015).

Les enjambées d'une vache saine sont longues et les empreintes de ses postérieurs se placent dans celles des antérieurs ipsi-latéraux (Sprecher et al. 1997). Les mouvements du corps tels que les mouvements de la tête, de la colonne vertébrale et des articulations sont aussi des caractéristiques à prendre en compte lorsqu'on évalue la locomotion des vaches. Une vache saine se déplace avec un dos droit et la tête haute. Une vache saine se tenant debout à l'arrêt positionne ses postérieurs à la verticale des tubérosités ischiatiques avec un angle inférieur à 17° (Bulgarelli-Jiménez et al. 1996), présente une ligne du dos rectiligne (Sprecher et al. 1997), répartit le poids sur les deux postérieurs de manière égale (Leach et al. 2009) et présente un écartement « normal » des postérieurs (écartement équivalent à la largeur du bassin) (Figure 9) (Toussaint-Raven 1985).

Figure 9 : A. illustration du dos plat observé chez une vache saine ; B. Illustration du positionnement des postérieurs chez une vache saine. (Clichés personnels)

3. Les facteurs modifiant la démarche et la posture normale des vaches

Des facteurs environnementaux ou liés aux vaches elles-mêmes peuvent modifier la locomotion sans pour autant que celles-ci ne présentent d'atteinte de l'appareil locomoteur. Un sol humide ou glissant, un environnement sombre, une session de parage préventif, l'âge, la dimension de la vache ou encore les stades de lactation et de gestation sont autant de facteurs qui peuvent entrainer une modification « normale » de la démarche de la vache (Maertens et al. 2011). Une vache qui mange lorsqu'elle est positionnée au cornadis peut avoir un dos arqué sans présenter de lésion des pieds. Des cornadis inadaptés à la taille des bovins peuvent aussi modifier la posture de ceux-ci. Des « jarrets serrés » d'origine génétique peuvent imiter la modification des aplombs observée lors de boiterie (Schlageter-Tello et al. 2014).

Il n'y a pas de protocole standard pour évaluer la locomotion des bovins. Cependant plusieurs études convergent vers le fait qu'il est important d'évaluer la locomotion des vaches dans les meilleures conditions possibles : en ligne droite, sur un sol non glissant, non vulnérant et avec une luminosité suffisante et continue (Schlageter-Tello et al. 2014).

B. Observation directe des lésions

La grande majorité des boiteries a pour origine une affection podale (95%). De plus 90% des affections podales concernent les postérieurs et plus particulièrement les onglons externes des postérieurs (Figure 10). L'observation directe des lésions podales est donc indispensable pour déterminer les causes de boiterie dans un élevage (Delacroix 2008).

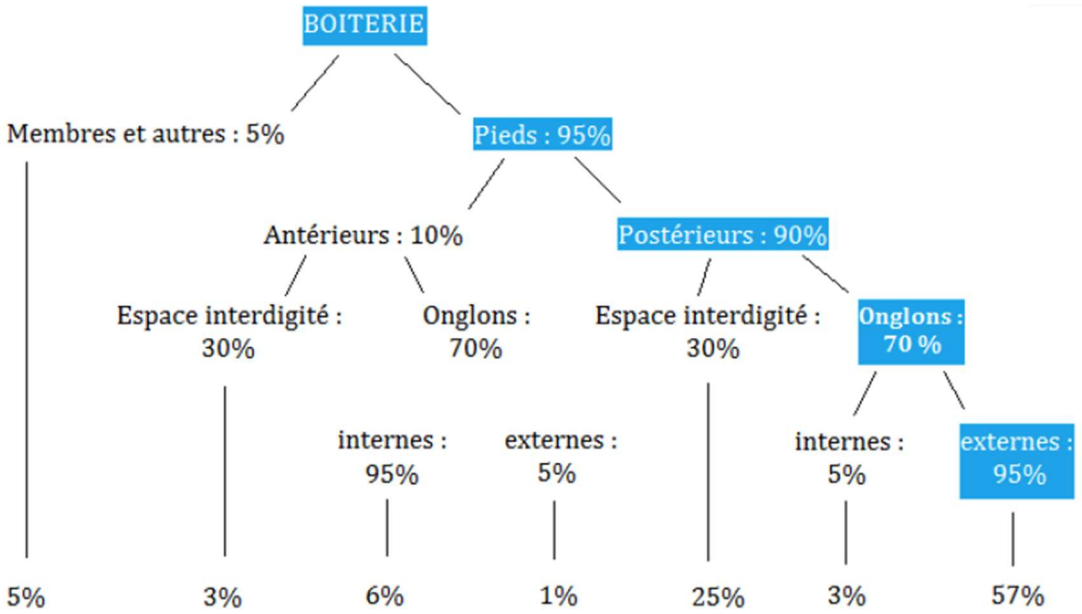


Figure 10 : Pourcentage indicatif des boiteries en fonction de leur localisation d'après (Delacroix 2008)

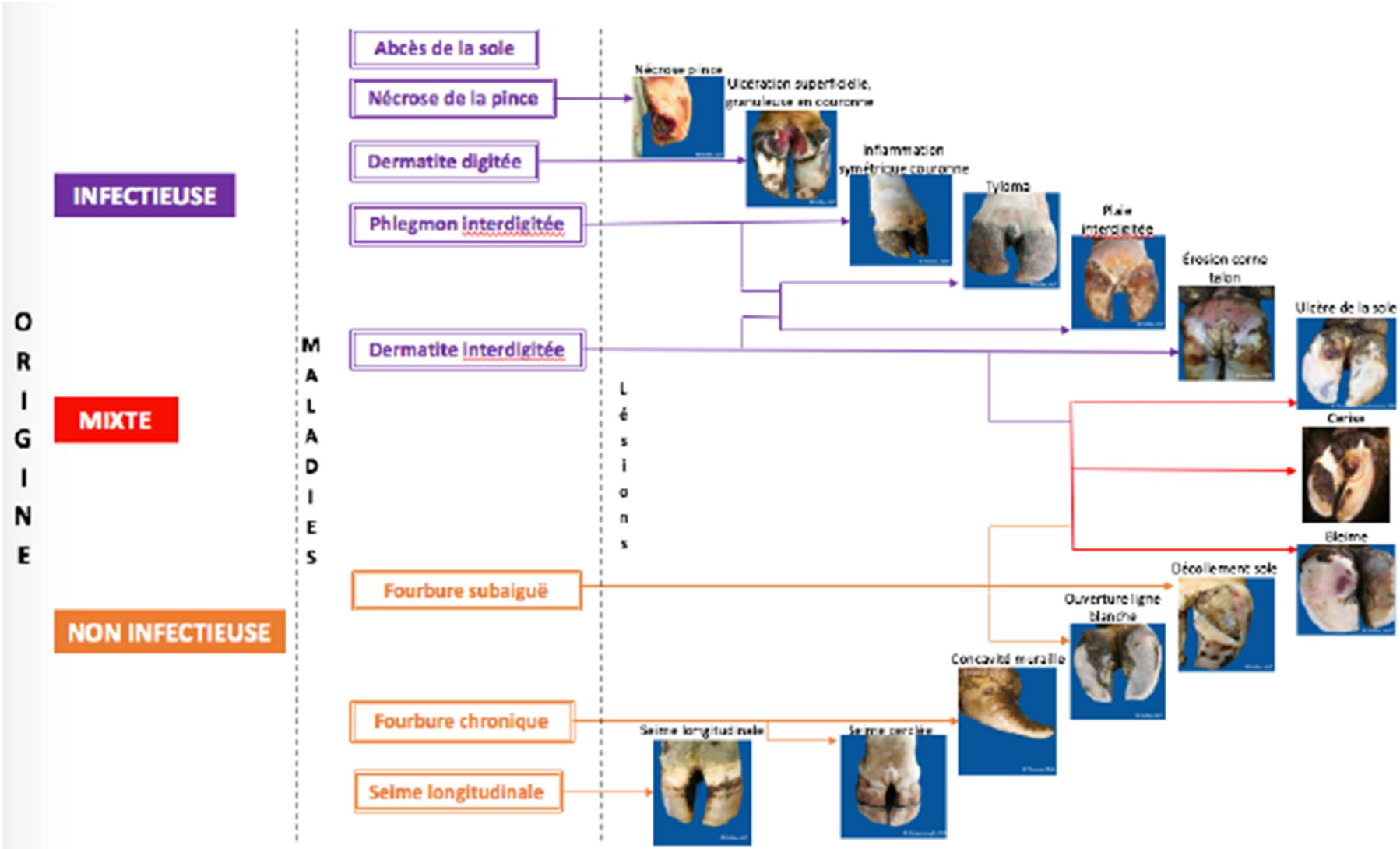


Figure 11 : Présentation des différentes lésions podales rencontrées chez les vaches et leur origine adaptée de (Delacroix 2008)

Les lésions observées sur les pieds des bovins peuvent être regroupées en trois grandes catégories (Tableau V) : les lésions d'origine infectieuse, les lésions d'origines non infectieuses (traumatiques et métaboliques) et les lésions d'origine mixte (Delacroix 2008).

Tableau V : Les principales lésions rencontrées sur les pieds des bovins (adapté à partir de Delacroix 2008).

Origine	Maladies	Lésions
INFECTIEUSE	Dermatite digitée	Ulcération superficielle en couronne, granuleuse rouge vif et circonscrite
	Nécrose de la pince	Nécrose de la pince
	Phlegmon interdigité	Inflammation symétrique de la couronne et du paturon Plaie interdigitée Limace
	Dermatite interdigitée	Décollement de la corne du talon Érosion de la corne du talon Limace Plaie interdigitée
	Abcès de la sole	Abcès de la sole
MIXTE	**Dermatite interdigitée Fourbure subaigüe**	**Cerise Ulcère de la sole Bleime circonscrite**
NON INFECTIEUSE	Fourbure subaiguë	Bleime diffuse Coloration jaune sale de la sole Ouverture de la ligne blanche Décollement de la sole
	Fourbure chronique	Concavité de la muraille Corne friable Seime cerclée
	Seime	Seime longitudinale

1. Description des principales maladies des pieds des bovins et des lésions associées

a. Les maladies d'origine infectieuse

i. Dermatite digitée

Synonyme : Maladie de Mortellaro

La dermatite digitée est une maladie très contagieuse, érosive et proliférative de l'épiderme proximal à la jonction peau/corne dans la région de flexion de l'espace interdigité. La morbidité dans le troupeau peut atteindre >90% (Grennough 2002). Les lésions caractérisant la dermatite digitée sont des ulcérations superficielles en couronnes, granuleuses rouge vif et circonscrites (Figure 11).

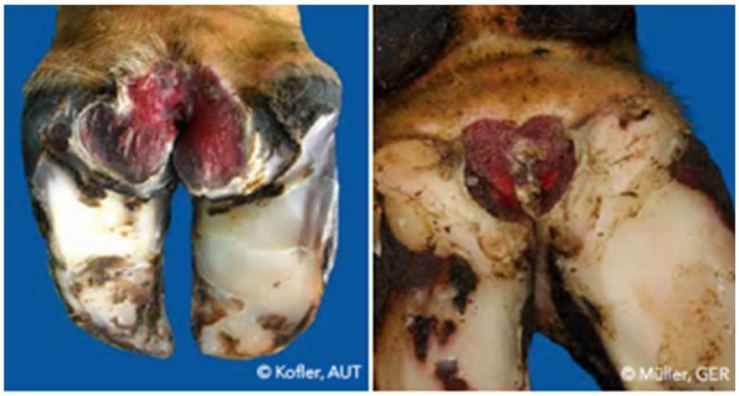


Figure 11 : Lésions d'ulcération granuleuse de dermatite digitée (d'après Döpfer et al. 2015)

ii. Dermatite interdigitée

Synonyme : Fourchet, piétin d'hiver

La dermatite interdigitée est une affection inflammatoire superficielle contagieuse de l'épiderme débutant sur la peau et s'étendant aux talons. Deux germes agissant en synergie y sont impliqués : *Dichelobacter nodosus* et *Fusobacterium necrophorum*. C'est une maladie multifactorielle (habitat, alimentation, humidité, hygiène) qui se développe en deux phases : la première passe la plupart du temps inaperçue si on ne lève pas le pied (phase d'inflammation cutanée (Figure 12) et la seconde est caractérisée par des complications (érosions de la corne du talon (Figure 13), tylomas (Figure 14), ulcères de sole et bleimes) déclenchant une boiterie légère à grave. Une guérison spontanée au pâturage est possible (Delacroix 2008).

Figure 12 : Lésions d'inflammation de la peau interdigitée lors de dermatite interdigitée (d'après Döpfer et al. 2015)

- Érosion de la corne du talon

L'érosion du talon (Figure 13) est une aberration dans l'apparition de la surface du bulbe du talon. *Dichelobacter nodosus* peut s'étendre de la peau interdigitée à la jonction peau/talon entre les joues des bulbes, où il provoque une interruption suffisante pour provoquer le décollement du bulbe. L'aspect peut être celui d'un ulcère de la peau érodé ou un V noir profond.

Figure 13 : Lésions d'érosion de la corne du talon (d'après Döpfer et al. 2015)

- Tyloma

Synonyme : Limace, hyperplasie interdigitée

Le tyloma (Figure 14) est une masse à consistance dure, de type tumeur, localisée dans l'espace interdigité. Chez les vaches laitières, chez lesquelles les pieds sont en permanence exposés à la bouse, une irritation chronique ou une dermatite dans la région interdigitée peut survenir et être responsable de la formation de tyloma près de la jonction corne peau (Grennough 2002).

Figure 14 : Lésion de tyloma (d'après Döpfer et al. 2015)

- Ulcère de la sole et cerise

(Cf. les ulcères de la sole et cerise p51)

- Bleimes circonscrites

(Cf. Les bleimes p50)

iii. Phlegmon interdigité

Synonyme : Panaris

Le phlegmon interdigité est une infection nécrotique subaigüe à aigüe qui a pour origine une lésion de la peau interdigitée, qui provoque une cellulite dans la région digitale.

Fusobacterium necrophorum est considéré comme étant la principale cause de phlegmon interdigité. Le phlegmon interdigité est caractérisé par une tuméfaction symétrique de la couronne et du paturon (Figure 15) et un érythème des tissus mous de l'espace interdigité et de la couronne adjacente. Une des conséquences de cette inflammation de l'espace interdigité est le tyloma (Grennough 2002).

Figure 15 : Lésions de panaris (d'après Döpfer et al. 2015)

- Tyloma

(Cf. Tyloma p45)

iv. Arthrite septique

L'arthrite septique de l'articulation inter-phalangienne distale (Figure 16) est une infection pénétrant l'articulation à 3 endroits principaux (Grennough 2002):

- La commissure dorsale de l'espace interdigité au moyen d'un traumatisme ou d'un phlegmon interdigité compliqué
- Les seimes
- La maladie de la ligne blanche ou abcès rétro articulaire

Figure 16 : Lésions d'arthrite septique (d'après Döpfer et al. 2015)

b. Les maladies d'origine non infectieuse et leurs lésions associées

i. Fourbure

La fourbure est une affection systémique non infectieuse, focalisée sur les pieds avec des manifestations cliniques différées. Sa forme aiguë est rare chez les bovins. Elle se développe plutôt insidieusement et se manifeste surtout sous forme subaiguë (boiterie légère) ou chronique (démarche sensible et déformation des onglons), sans liens évidents entre les deux. C'est une affection très répandue en élevage laitier intensif (Delacroix 2008).

La fourbure subaiguë se manifeste par une coloration jaune de la corne des ulcérations de la sole, des cerises, des bleimes, des décollements de sole et des ouvertures de ligne blanche. En revanche, la fourbure chronique se manifeste davantage par des déformations d'onglons tels qu'une concavité de la muraille et des seimes (Delacroix 2008).

- Ouverture de la ligne blanche

Synonyme : maladie de la ligne blanche, Fissure de la ligne blanche

La maladie de la ligne blanche est caractérisée par la séparation (arrachement) de la jonction fibreuse entre la sole et la paroi sur la bordure abaxiale de la sole (Figure 17). Le chorion s'infecte par cette ouverture et les traces d'infection peuvent se localiser sous la forme d'un abcès ou peuvent pénétrer plus profondément pour former un abcès rétroarticulaire. La rupture de la ligne blanche est aggravée par les impacts répétés dus aux déplacements, surtout chez les animaux élevés sur du béton. Des corps étrangers peuvent ainsi se fixer dans la zone ramollie. Ils peuvent pousser le chorion et autoriser l'introduction de l'infection. Cependant, la présence d'un corps étranger n'est pas essentielle pour que la lésion survienne (Grennough 2002).

Figure 17 : Lésions de maladie de la ligne blanche (d'après Döpfer et al. 2015)

- Décollement de la sole

Lors de décollement de la sole, une sole superficielle est séparée par un espace d'une deuxième sole qui est fixée directement au derme (Figure 18). Il peut avoir comme origine un trouble nutritionnel à court terme. Un trouble brutal dans la micro-circulation du derme provoque probablement un épanchement de sérum qui sépare le derme de l'épiderme.

La maladie a été observée chez les animaux brutalement passés d'un régime principalement constitué de fourrage à un régime riche en concentrés (Grennough 2002).

Figure 18 : Lésion de décollement de la sole (d'après Döpfer et al. 2015)

- Coloration jaune de la corne

- Bleime circonscrite et diffuse
(Cf. Les bleimes p50)

- Ulcère de la sole et cerise
(Cf. ulcère de la sole et cerise p51)

- Seime cerclée

Une seime cerclée (Figure 19) est une fissure horizontale dans la paroi de l'onglon. L'étiologie reste incertaine (Grennough 2002).

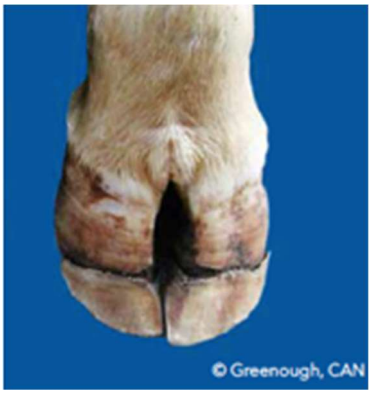


Figure 19 : Lésion de seime cerclée (d'après Döpfer et al. 2015)

ii. Seime longitudinale

Synonyme : Fracture de l'onglon, Fissure de l'onglon

Une seime longitudinale (Figure 20) est une fissure longitudinale dans la paroi de l'onglon. L'étiologie reste incertaine (Grennough 2002).

Figure 20 : Lésion de seime longitudinale (d'après Döpfer et al. 2015)

c. *Les lésions d'origine mixte*

Les lésions d'origine mixte peuvent être rencontrées à la fois chez les vaches atteintes de dermatite interdigitée et à la fois chez les vaches atteintes de fourbure subaiguë.

i. Bleime

Une bleime (Figure 21) est une coloration rouge résultant d'une hémorragie qui s'est produite lors de la production de cette corne (en moyenne 6-8 semaines auparavant) (Delacroix 2008).

On distingue :

- Les bleimes circonscrites situées à l'endroit typique de la sole ou sur la ligne blanche
- Les bleimes diffuses situées sur une zone étendue de la sole (à savoir en dehors de la ligne blanche et de la zone postéro-axiale)

Figure 21 : Lésions de bleimes (d'après Döpfer et al. 2015)

Synonyme : Hémorragie de la sole

ii. Ulcère de la sole et cerise

L'ulcère de la sole (Figure 22) est une lésion localisée dans la région de la jonction sole/pododerme, habituellement plus proche du bord axial que du bord abaxial. Les lésions du derme sont associées à une zone circonscrite d'hémorragie et de nécrose localisées. Les ulcères de la sole affectent fréquemment un ou les deux onglons latéraux postérieurs. L'idée que la fourbure subaiguë est un facteur prédisposant majeur est largement répandue. La fourbure lèse les tissus producteurs de corne, rendant la corne de la sole plus molle qu'à l'état normal. Une usure excessive de la corne de la sole ramollie aboutit à un aplatissement et un amincissement de cette sole. Le port de charge sous le processus de flexion de la phalange distale entraine une pression de la sole sur le chorion dans cette région et provoque une nécrose ischémique survenant sur une petite surface. La production de corne cesse dans la région spécifique et, comme la corne autour continue de s'accroitre, la zone lésée continue à persister sous la forme d'une perforation. À un stade chronique, le chorion lésé se régénère jusqu'à ce que les tissus granuleux émergent à travers la sole pour former une cerise (Grennough 2002).

Figure 22 : Lésions d'ulcères de la sole (d'après Döpfer et al. 2015)

2. Les grilles de notation des lésions

Afin de mieux cerner un problème de boiterie dans un élevage, il est indispensable de lever le pied d'au moins quinze d'animaux (quatre vaches saines, quatre vaches sévèrement boiteuses et sept vaches modérément boiteuses) : l'inventaire de l'ensemble des lésions décelées permet un diagnostic plus précis. Les lésions podales ont été classées en fonction de leur sévérité dans un tableau (Annexe 1) afin d'identifier avec précision les principales lésions sévissant dans les élevages ainsi que la gravité de celles-ci (Bareille and Roussel 2014).

Les ulcères de sole, abcès de pied et maladies de la ligne blanche sont les lésions les plus fréquentes, les plus douloureuses et les plus susceptibles d'induire de fortes pertes économiques. Elles représentent à elles seules 65% des lésions observées sur les vaches boiteuses (Bicalho and Oikonomou 2013). Les maladies podales d'origine infectieuse sont, elles-aussi douloureuses en fonction du degré d'atteinte (Dermatite digitée, interdigitée et érosion du talon) (Frankena et al. 2009).

3. Avantages et limites

L'observation directe des lésions semble permettre l'estimation de la prévalence des boiteries. En effet, dans l'étude de Sadiq et al (2017) 31,1% (16,3-40%) des vaches présentaient des lésions et la prévalence des boiteries au sein de l'étude était de 19,1% (10-33,3%). De plus, 87,5% des vaches boiteuses présentaient des lésions podales (Sadiq et al. 2017). Cependant toutes les lésions des pieds ne sont pas responsables de boiteries et certaines lésions (lésions de dermatite digitée et interdigitée) entrainent une boiterie à partir d'un certain degré d'atteinte (Frankena et al. 2009). L'observation des lésions permet d'identifier leur origine et d'agir dans le but de les contrôler.

Les avantages et limites de l'observation directe des lésions sont présentés dans le Tableau VI :

Tableau VI : Tableau récapitulatif des avantages et des limites de l'observation directe des lésions dans l'évaluation des boiteries.

AVANTAGES	LIMITES
Diagnostic étiologique des boiteries	Chronophage
	Connaissance et reconnaissance des lésions

C. Observation de la locomotion des animaux

Différentes méthodes d'évaluation de la locomotion des vaches sont capables de différencier avec succès les vaches boiteuses des non boiteuses. Celles-ci peuvent être classées en deux catégories : les systèmes de notation manuelle (SNM) et les systèmes de notation automatique (SNA).

1. Les systèmes de notation manuelle (SNM) en locomotion

a. Les critères utilisés dans les SNM

Les différentes méthodes d'évaluation manuelles utilisent une combinaison de critères de la démarche et de la posture afin de détecter au mieux les vaches boiteuses.

Les principaux critères de la démarche sont des critères observables sur une vache en train de marcher de préférence, en ligne droite sur un sol plat et non glissant (Tableau VII).

Tableau VII : Les critères évaluant la démarche utilisée dans les SNM (d'après Schlageter-Tello et al. 2014)

Critères	Abréviations	Définitions
DÉMARCHE		
Abduction-adduction	AM	Rotation des membres postérieurs vers l'extérieur et des jarrets vers l'intérieur (Abduction) ou rotation des membres postérieurs vers l'intérieur et des jarrets vers l'extérieur (Adduction).
Démarche asymétrique	DA	Asymétrie dans la distance/le temps au niveau des empreintes de deux foulées consécutives.
Flexibilité des articulations	FA	Rigidité évidente d'une articulation caractérisée par un manque de flexion de celle-ci.
Réticence à prendre appui sur un membre	RM	Vache réticente à mettre du poids sur le membre affecté.
Longueur des foulées	LF	Diminution de la distance/ du temps entre les empreintes du pied droit et du pied gauche.
Distance entre les empreintes de l'antérieur et du postérieur du même côté	DEAP	Distance entre les empreintes de l'antérieur et du postérieur ipsi-latéraux lors de la foulée.

Les principaux critères de la posture sont des critères pouvant être observés sur une vache debout à l'arrêt ou lorsque la vache marche (Tableau VIII).

Tableau VIII : Les critères de la posture utilisés dans les SNM (d'après Schlageter-Tello et al. 2014)

Critères	Abréviations	Définitions
POSTURE		
Dos arqué	DAQ	Convexité de la ligne du dos partant de la base de la queue pour rejoindre le garrot.
Inclinaison ligne des Hanches	IH	Inclinaison de la ligne horizontale imaginaire rejoignant les deux hanches. (Vue de derrière)
Balancement de la tête	BT	Mouvement exagéré de la tête lorsque la vache soulève du sol le membre affecté.

D'autres critères se concentrent sur des points ne pouvant pas être classés dans les catégories précédentes (Tableau IX) :

Tableau IX : Les autres critères utilisés dans les SNM (d'après Schlageter-Tello et al. 2014)

Critères	Abréviations	Définitions
AUTRES		
Difficulté à Tourner	DT	Difficulté à changer de direction en marchant
Difficulté à se Relever	DR	Augmentation du temps de relevé
Vitesse de Marche	VM	Diminution de la vitesse de marche

b. Les différents SNM décrits

Différents SNM ont été décrits dans la littérature, on en distingue deux grands types : les SNM à échelle continue très peu utilisés (2,4%) et les SNM à échelle ordinale majoritairement utilisés (97,6%). Parmi les SNM à échelle ordinale on rencontre des échelles avec des échelons plus ou moins nombreux (2 à 13). Ce sont les échelles à 5 échelons qui ont eu le plus de succès car elles permettent de lier facilité d'utilisation avec précision de notation. Les principaux SNM sont décrits dans le Tableau X.

Tableau X : Les principaux Systèmes de Notation Manuelle d'après (Schlageter-Tello et al. 2014)

SNM	Échelle	Démarche	Posture	Autres	Utilisation (%)*
CONTINUE					**2,4**
Flower and Weary (2006)	0-100	DA, RAM, FA, DEAP	DAQ, BT		1,6
Engel et al. (2003)	0-1				0,4
Tuyttens et al. (2009)	0-10	DA, RAM, AM, DEAP	DAQ, BT	VM	0,4
ORDINALE					**97,6**
13 niveaux					**0,4**
Offinger et al. (2013)	1-5 avec +/-	DA,RAM,DEAP	DAQ, BT	DR	0,4
9 niveaux					**29,6**
Flower and Weary (2006)	1-5 de 0,5 en 0,5	DA, RAM, DEAP, FA	DAQ, BT		14,2
ICAR-Interbull	9-1	DA,AM, LF			2,4
Manson and Leaver (1988)	1-5 de 0,5 en 0,5	DA, AM, RAM			13,0
6 niveaux					**4,0**
Kestin et al. (1992)	1-6				1,2
Garbarino et al. (2004)	0-5	DA, LF, RAM	DAQ, BT		2,0
Fitzgerald et al. (2000)	0-5				0,8
5 niveaux					**42,9**
O'Callaghan et al. (2004)	1-5	DEAP, AM	DAQ, BT	VM	3,6
Sprecher et al. (1997)	**1-5**	**DA, LF, RAM**	**DAQ**		**27,9**
Thomsen et al. (2008)	1-5	DA, LF, RAM	DAQ, BT		1,2
Thomsen (2009)	1-5		DAQ		0,4
Wells et al. (1993)	0-4	DA		DR, DT	2,8
Winckler and Willen (2001)	1-5	DA, LF, RAM			6,9
4 niveaux					**8,5**
Breuer e al. (2000)	0-3	DA, RAM	BT		1,2
Cook (2003)	1-4	LF, RAM	DAQ	VM, DT	2,0
DairyCo. (2007)	0-3	DA, LF, RAM	DAQ	VM	4,9
Vokey et al. (2001)	1-4	DA, LF, AM	DAQ, BT, IH	VM	0,4
3 niveaux					**6,9**
Amory et al. (2006)	1-3		DAQ		1,2
Welfare Quality (2009)	0-2	DA, LF, RAM			2,4
Sogstad et al. (2005)	0-2	DA, RAM			1,6
Van Nuffel et al. (2005)	1-3	DA, DEAP, AM, RAM	DAQ, BT	VM	1,6
2 niveaux					**5,3**
Groehn et al. (1992)	0-1	Boiteuse/ Non-Boiteuse			5,3

* Pourcentage d'utilisation des différents SNM dans la littérature d'après (Schlageter-Tello et al. 2014)
Définition des critères dans les Tableau VII, Tableau VIII et Tableau IX.

c. *Description du SNM le plus utilisé*

Le système de notation manuelle le plus utilisé est celui décrit par Sprecher et al en 1997 (utilisé dans 27,9% des publications (Schlageter-Tello et al. 2014)). Cette méthode repose sur l'observation d'une association de modification de la démarche et de la posture aboutissant à l'établissement d'un score reporté sur une échelle ordinale à 5 échelons (1-5). Le score de locomotion reflète la sévérité de la boiterie. En effet, un score de 1 correspond à une vache saine ayant un dos plat en position debout et en marche, et posant son postérieur dans l'empreinte de l'antérieur ipsi-latéral. Tandis qu'un score de 5 correspond à une vache extrêmement boiteuse ayant un dos courbé et refusant de prendre appui sur un membre et/ou ayant beaucoup de difficultés à se lever. Une vache est considérée comme étant boiteuse lorsque le score de locomotion est supérieur ou égal à 3. Cette méthode permet aussi de classer les vaches dans trois catégories : les vaches saines (score de 1 et 2), les vaches modérément boiteuses (score de 3) et les vaches gravement boiteuses (score de 4 et 5) (Sprecher et al. 1997). La description détaillée des scores est présentée dans le Tableau XI.

Tableau XI : Description des différents scores de locomotion (d'après Sprecher, Hostetler, and Kaneene 1997)

Note de motricité : 1
Description classique :
NORMALE

Description :
Se tient debout et marche normalement. Les membres sont correctement positionnés

Position du dos à l'arrêt : Plat

Position du dos en marche : Plat

Note de motricité : 2
Description classique :
LÉGÈREMENT BOITEUSE

Description :
Se tient debout avec le dos plat mais courbe le dos en marche. La démarche est légèrement anormale

Position du dos à l'arrêt : Plat

Position du dos en marche : Courbé

Note de motricité : 3
Description classique :
MODÉRÉMENT BOITEUSE

Description :
Se tient debout et marche avec le dos courbé. Enjambée courtes avec une ou plusieurs pattes

Position du dos à l'arrêt : Courbé

Position du dos en marche : Courbé

Note de motricité : 4
Description classique :
BOITEUSE

Description :
Se tient debout et en marche le dos courbé. Favorise une ou plusieurs pattes mais peut encore mettre du poids sur elles

Position du dos à l'arrêt : Courbé

Position du dos en marche : Courbé

Note de motricité : 5
Description classique :
GRAVEMENT BOITEUSE

Description :
Dos courbé, refuse de mettre du poids sur une seule patte. Peut refuser ou a beaucoup de difficultés à se lever.

Position du dos à l'arrêt : Courbé

Position du dos en marche : Courbé

d. Avantages et limites

Les SNM permettent de différencier les vaches saines des vaches boiteuses mais aussi de distinguer les vaches modérément boiteuses des vaches gravement boiteuses.
Les avantages et les limites des SNM dans l'évaluation des boiteries sont présentés dans le Tableau XII :

Tableau XII : Avantages et limites des SNM dans l'évaluation des boiteries (d'après Flower and Weary 2009).

AVANTAGES	LIMITES
Ne nécessite pas de matériel spécifique	Chronophage pour une évaluation du troupeau
Peu couteux	Entrainement à l'évaluation nécessaire
Évaluation individuelle rapide	Répétabilité et reproductibilité
	Nécessite une zone d'évaluation adéquate

Les SNM fournissent un résultat immédiat sans équipement technologique supplémentaire, mais se basent sur des critères subjectifs dont l'interprétation peut être variable. En revanche, les SNA fournissent des données précises, fiables et objectives, mais nécessitent l'utilisation de matériel sophistiqué et coûteux limitant ainsi leur utilisation en élevage (Flower and Weary 2009).

2. Les systèmes de notation automatique (SNA)

L'évaluation régulière de la locomotion devrait être une priorité pour l'éleveur au regard des conséquences sur son élevage (p31). Cependant, en raison de l'augmentation de la taille des troupeaux et l'automatisation des techniques d'élevage, le temps d'observation individuel des vaches diminue ce qui peut compliquer l'utilisation des grilles d'évaluation manuelle. C'est la principale raison pour laquelle les techniques d'évaluation automatique ont été développées. Ces méthodes collectent les données directement à la ferme à l'aide de capteurs. Les données sont ensuite analysées grâce à des algorithmes mathématiques. Les principaux SNA sont présentés dans le Tableau XIV.

a. Les critères évalués dans les SNA

Les critères mesurés dans les SNA sont des critères relatifs à la démarche, à la posture ou au comportement pouvant être quantifiés par un système de mesure automatique. Ces critères sont présentés dans Tableau XIII.

Tableau XIII : Les différents critères analysés dans les SNA (d'après Schlageter-Tello et al. 2014)

Critères	Abréviations	Définitions
DÉMARCHE		
Asymétrie de la longueur du pas	ALonP	Différence de longueur de pas entre les empreintes des pieds gauches et droits
Asymétrie de la durée du pas	ADP	Différence de la durée de pas entre les empreintes des pieds gauches et droits
Asymétrie de la largeur du pas	ALarP	Différence de largeur de pas entre les empreintes des pieds gauches et droits
Asymétrie de la durée de la phase d'appui	Adupa	Différence entre les pieds gauches et droits de la durée pendant laquelle le pied est en appui sur le sol.
Force de réaction du sol	FRS	Force transmise par les pieds au sol pendant la marche
Nombre de levée	NL	Levée du membre lorsque le poids descend sous les 5kg
Ratio du poids des membres	RPM	Ratio entre le membre le plus léger et le plus lourd
Durée d'appui	Dapp	Temps durant lequel un pied est en contact avec le sol
Déviation standard du poids des postérieurs	DSPP	Déviation standard du poids des postérieurs
Nombre de pas	Npas	Levée du membre lorsque le poids descend sous les 5 et 20kg
Longueur de foulée	Lfou	Distance entre 2 empreintes consécutives du même pied
Mesure de la distance entre les empreintes de l'antérieur et du postérieur ipsi-latéraux	MDEAP	Distance entre l'empreinte de l'antérieur et celle du postérieur ipsi-latéraux lors du même pas.
Angle d'appui	Aapp	Angle entre les os métacarpien/métatarsien et une ligne verticale durant la phase d'appui du pied
Variance de l'accélération	Vac	Variance de l'accélération latéro-horizontale, verticale et l'accélération vers l'avant relativent au membre de la vache en marche
POSTURE		
Mesure de la courbure du dos	MCD	Mesure de la courbure du dos
Mouvement du corps	MC	Coefficient obtenu en mesurant différents angles et distances de la posture de la vache
COMPORTEMENT-PRODUCTION		
Activité	Act	Indicateurs d'activité dépendant de la localisation de l'accéléromètre (ex : sur le cou ou le membre)
Concentré non consommé	CNC	Quantité de concentré laissée dans le distributeur
Visite des mangeoires	VMan	Nombre de visites de la mangeoire
Temps d'alimentation	TA	Temps passé à la mangeoire
Nombre d'épisode de couchage	NECou	Nombre d'épisode de couchage durant la journée
Durée des épisodes de couchage	DECou	Moyenne de durée des épisodes de couchage
Temps de couchage	TCou	Moyenne de durée de couchage total durant la journée
Fréquence de traite	FTr	Nombre de passages au robot de traite
Durée de traite	DTr	Temps nécessaire à la traite de la vache
Ordre de traite	OTr	Ordre de passage à la traite
Production laitière	PL	Production laitière quotidienne
Vitesse de déplacement	VD	Durée nécessaire pour parcouru une distance connue
Temps Debout	TDeb	Temps passé en position debout (en mouvement ou non)

b. Les différents SNA

i. Les méthodes cinétiques

Deux méthodes ont jusqu'à présent été décrites. La première (Rajkondawar et al. 2002) repose sur l'utilisation de 2 plateformes parallèles qui mesurent les forces engendrées par les onglons lorsque la vache marche sur celles-ci. La seconde (Pastell et al. 2008) utilise une unique plateforme permettant de mesurer la distribution du poids entre les quatre membres de la vache. Dans les deux cas les plateformes contiennent des cellules de charge qui envoient un signal électrique lorsque l'animal marche dessus. Les signaux électriques enregistrés sont ensuite analysés pour donner la position et la force réactionnelle des pas permettant ainsi de reconstruire les caractéristiques du mouvement des quatre membres. Ces données de force permettent d'obtenir des informations sur la qualité de la démarche de manière objective, quantifiable et répétable (Pastell et al. 2008).

ii. Les méthodes cinématiques

Cette méthode consiste à filmer les animaux en mouvement. La séquence vidéo est ensuite analysée par un logiciel de traitement d'image et les paramètres désirés ont la possibilité d'être évalués. Plusieurs techniques ont été développées dans l'approche cinématique. Une première technique (Flower et al. 2005 ; Blackie et al. 2013) utilise des marqueurs positionnés sur les onglons, les articulations des membres, le garrot, ou la ligne du dos (Figure 23). Les mouvements des marqueurs les uns par rapport aux autres peuvent ensuite être analysés pour mettre en évidence des anomalies dans la démarche des vaches.

Figure 23 : Méthode cinématique utilisant des marqueurs positionnés sur les articulations (cliché personnel)

Une seconde technique utilise une passerelle constituée de capteurs de pressions qui enregistre les empreintes des vaches qui marchent dessus pour ensuite les analyser en tant que variable cinématique (Figure 24) (Maertens et al. 2011).

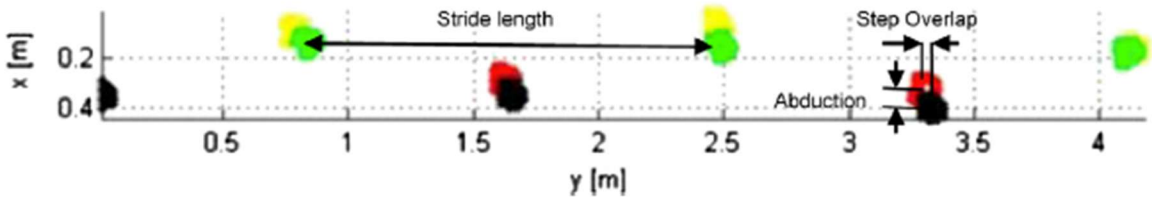


Figure 24 : Données obtenues lors de l'analyse de la marche d'une vache (d'après la méthode cinématique de Maertens et al. 2011).
Ces données représentent les coordonnées (x : transverse ; y : longitudinale) des empreintes de chaque membre dans la zone de prise de mesure (rouge=antérieur droit ; noir=postérieur droit ; jaune=antérieur gauche ; vert=postérieur gauche).

Enfin une dernière technique utilise des accéléromètres connectés fixés aux membres des vaches et mesurant l'accélération des membres dans les trois dimensions lorsque la vache se déplace (Pastell et al. 2009).

iii. Les méthodes indirectes

Les SNA indirects se basent sur l'analyse de paramètres comportementaux et/ou de critères zootechniques comme indicateurs de troubles de la locomotion.

- Critères comportementaux

Les accéléromètres en 2 dimensions ou 3 dimensions sont fréquemment utilisés pour détecter des altérations du comportement de couchage des vaches. Ils sont fixés à l'encolure ou aux membres des animaux. Les comportements étudiés dans le cadre de l'évaluation des boiteries sont : la durée des périodes de couchage, le temps de station debout, et le temps total de couchage (Ito et al. 2010). L'étude d'Ito et al (2010) a mis en évidence qu'une augmentation du temps de couchage, de longues périodes de couchage et une variation dans les durées de périodes de couchage sont associées aux boiteries (Ito et al. 2010 ; Alsaaod et al. 2012).

- Critères zootechniques

Une diminution de la consommation des concentrés (de Mol et al. 2013), une diminution de la production laitière quotidienne (King et al. 2017) et une diminution de la fréquence de passages dans le robot de traite (Borderas et al. 2008 ; Deming et al. 2013) sont des critères associés à la présence de boiterie. Dans une étude de King et al (2017) les vaches boiteuses produisaient en moyenne 1,6 kg de lait/jour en moins par rapport aux vaches non boiteuses et présentaient une diminution de la fréquence de traite, un temps de couchage augmenté de 38 min en moyenne sur une journée ainsi qu'un ratio activité nocturne/activité diurne augmenté. En revanche, aucune différence significative n'a été mise en évidence pour la durée quotidienne de rumination (King et al. 2017).

Le Tableau XIV reprend les différents SNA rencontrés dans la littérature :

Tableau XIV : Les principaux Systèmes de Notation Automatique rencontrés (d'après Schlageter-Tello et al. 2014)

SNA	CAPTEURS	Démarche	Posture	Autres	Utilisation (%)*
Approche cinétique					**33,3**
Rajkondawar et al. (2002)	**2CFP**	FRS, Dapp			16,7
Pastell et Kujala (2007)	**4PFI**	RPM, NL, Npas, DSPP			16,7
Approche cinématique					**36,7**
Song et al. (2008)	**CV**	MDEAP			6,8
Pastell et al. (2009)	**Acc**	Vac			3,3
Poursaberi et al. (2010)	**CV**		MCD		3,3
Blackie et al. (2011)	**CV**	Lfou		VD	10,0
Maertens et al. (2011)	**PMP**	ALonp, ADP, ALarp, ADupa			6,7
Pluk et al. (2012)	**CV/PMP**	Aapp			3,3
Viazzi et al. (2013)	**CV**		MC		3,3
Approche indirecte					**26,7**
Borderas et al. (2008)	**RT/B**			FTr, VMan, PL, TA	6,7
Ito et al. (2010)	**Acc**			TCou, NECou, DECou	10,0
Blackie et al. (2010)	**Acc/CL**			TCou, TDeb, PL	3,3
Kamphuis et al. (2013)	**Acc/CL/B**			Act, OTr, PL, Dtr, RPM	3,3
De Mol et al. (2013)	**Acc/RT/B**			TCou, NECou, TDeb, PL, CNC	3,3
Chapinal et al. (2010)	**4PFI/Acc/CV**			DECou, VD	3,3

***** Pourcentage d'utilisation des différents SNA dans la littérature d'après (Schlageter-Tello et al. 2014)
Les types de capteurs des SNA : 2CPF=2 plaques de force parallèles ; 4PFI=4 balances indépendantes ;CV=Caméra vidéo ; Acc=Accéléromètre ; PMP=Plateforme avec capteur de pression ; RT=Robot de traite ; B=Balance (poids ou alimentation) ; CL=Compteur à lait/ Définitions des critères dans le Tableau XIII..

c. *Avantages et limites*

Les avantages et les limites des SNA sont présentés dans le Tableau XV :

Tableau XV : Avantages et limites des SNA dans l'évaluation des boiteries (d'après Ceballos et al. 2004 ; Bobbert et al. 2007), Goldhawk et al. 2009 ; DeVries et al. 2011 ; Van De Gucht et al. 2017).

SNA	AVANTAGES	LIMITES
Cinétique	Évaluation rapide Évaluation quantifiable et répétable	Mauvais positionnement des onglons sur les plateformes
		Vitesse de déplacement trop rapide
		Coût de la technologie
Cinématique	Évaluation rapide Évaluation quantifiable et répétable	Déplacement des marqueurs
		Mauvaise calibration de l'espace de contrôle
		Coût de la technologie
Indirect	Évaluation rapide Évaluation quantifiable et répétable	Comportement et production affectés par d'autres maladies fréquentes (mammites et cétoses)
		Coût de la technologie

D. Observation des animaux en statique

1. Les critères utilisés dans les Systèmes de Notation Statique (SNS)

Certaines modifications de la posture des vaches ont été associées aux boiteries. Celles-ci peuvent être observées lorsque la vache se tient debout dans le cornadis. Les systèmes de notation de la locomotion qui ont été validés par corrélation avec les lésions des pieds et des membres (Flower et Weary 2006) utilisent fréquemment l'évaluation de la courbure de la ligne du dos comme critère révélateur de boiterie. Par exemple dans l'un des systèmes d'évaluation de la locomotion les plus utilisés (Sprecher et al. 1997) les vaches non boiteuses (Score≤ 2) se tiennent debout avec une ligne du dos plate, alors que les vaches boiteuses (Score≥ 3) se tiennent debout avec un dos courbé. Le dos courbé a aussi été associé aux ulcères de sole (Flower et Weary 2006) et à d'autres lésions douloureuses des pieds (O'Callaghan et al. 2003).
D'autres modifications de la posture telles que la qualité des aplombs et la réticence à prendre appui sur un membre ont été associées aux boiteries (Hoffman et al. 2014). Leach et al (2009) ont démontré que les postures suivantes : une réticence à prendre appui sur un membre, les piétinements, une rotation des pieds, le repos d'un pied, des mouvements plus rapides pour passer d'un pied à un autre et l'appui en pince pouvaient indiquer la présence d'une boiterie (Leach et al. 2009). Selon Toussaint-Raven (1985) une augmentation de l'écartement des postérieurs serait associée aux boiteries (Toussaint-Raven 1985). Cependant l'étude de Hoffman et al (2014) a mis en évidence que l'écartement des postérieurs et les boiteries n'étaient pas associés (Hoffman et al. 2014).

Bulgarelli-Jiménez et al (1996) ont été les premiers à mettre au point une grille de notation en statique basée sur l'angle de rotation externe des postérieurs. Pour des angles de rotation externe < 17°, compris entre 17° et 24° et >24° les vaches se voient respectivement assignées un score de 1, 2 et 3. Les vaches présentant une boiterie clinique ont un score de 3. (Bulgarelli-Jiménez et al. 1996). Une étude de Randhawa et al (2008) a aussi montré qu'une déviation médiale des jarrets avec latéralisation des pieds était associée aux boiteries (Randhawa et al. 2008). Cependant, la rotation externe des postérieurs n'est pas exclusivement associée aux boiteries. En effet, c'est une technique de compensation des lésions douloureuses permettant de modifier la répartition du poids sur les onglons pour soulager le pied mais elle peut aussi être due à une croissance excessive d'un onglon, une mauvaise conformation de la vache et à une mamelle trop volumineuse (Leach et al. 2009). Zurbrigg et al (2005) suggèrent qu'une rotation latérale des postérieurs (>20°), des postérieurs et une mamelle sales seraient associés aux boiteries (Zurbrigg et al. 2005). Cependant, ces critères n'ont pas été évalués en parallèle d'un score de locomotion, qui est une méthode de validation des critères relatifs aux boiteries (Hoffman et al. 2014).

Le Tableau XVI récapitule les critères utilisés dans les SNS :

Tableau XVI : Les critères utilisés dans les SNS rencontrés dans la littérature

Critères	POSTURE	Abréviations	Définitions
Courbure du dos	Dos arqué ou Dos plat	CD	Évaluation de la courbure du dos de la vache au cornadis
Qualité des aplombs (QAplomb)	Aplombs normaux	AN	Aplombs normaux si les postérieurs tombent à la verticale des tubérosités ischiatiques.
	Position médiale des jarrets	PMJ	Rotation médiale de la pointe des jarrets associé à une latéralisation de l'onglon latéral
	Écartement des pieds	EPd	L'onglon latéral est positionné latéralement à la ligne verticale partant de la tubérosité ischiatique pour rejoindre le sol.
Qualité de l'appui (QApui)	Appui normal	ApN	Poids réparti de manière égale sur les deux postérieurs
	Suppression d'appui	RpPd	Observation d'une suppression d'appui sur la vache au cornadis
	Rotation du pied	RtPd	Rotation externe des pieds
	Appui sur la pointe des pieds	APPd	Appui du pied en pince
	Piétinement	Pmt	Observation de piétinement sur la vache au cornadis
	Réticence à prendre appui sur un membre	RPAM	Observation d'une réticence à prendre appui sur un membre sur la vache au cornadis

2. Les différents SNS

Le Tableau XVII recense les divers SNS rencontrés dans la littérature.

Tableau XVII : Les Systèmes de Notation en Statique rencontrés dans la littérature. / définitions des postures dans le Tableau XVI

SNS	Critères observées
Bulgarelli-Jiménez et al (1996)	Mesure de l'angle de RtPd
Leach et al (2009)	QAppui (Pmt, RtPd, RpPd, APPd, RPAM), QAplomb
Hoffman et al (2014)	CD, QAplomb(PMJ, EPd, AN), QAppui (RPAM)
Bareille et Rousselle (2014)	CD, QAplomb, QAppui

3. Présentation d'un SNS

Le SNS de Bareille et Roussel (2014) a été l'un de ceux pour lesquels il y a eu le plus de communication dans le milieu de l'élevage français. Il repose sur l'observation de 3 postures : la courbure de la ligne du dos, l'aspect des aplombs et la modification de l'appui (Bareille et Roussel 2014). Chaque posture se voit alors assignée une note allant de 0 à 2 suivant la sévérité de l'atteinte (Figure 25, Figure 26 et Figure 27).

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

Figure 25 : Postures observées pour un score statique de 0 (d'après Bareille and Roussel 2014)

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

Figure 26 : Postures observées pour un score statique de 1 (d'après Bareille and Roussel 2014)

Note 2 : rotation importante des pieds suppression d'appui ou appui en pince

Figure 27 : Postures observées pour un score statique de 2 (d'après Bareille and Roussel 2014)

L'association des notes obtenues pour chaque posture permet de définir une note de synthèse (Tableau XVIII) :

Tableau XVIII : Les diverses combinaisons de posture et leur score de synthèse associé (d'après Bareille and Roussel 2014)

Note d'évaluation statique			Note de synthèse
Soulagement du pied	**Qualité des aplombs**	**Courbure de ligne du dos**	
0	0	0	**0**
0	0	**1**	**1**
0	**1**	**1**	**1**
0	**1**	0	**1**
0	**2**	0	**2**
0	**2**	1	**2**
2	0 ou 1 ou 2	0 ou 1	**2**

Une vache ayant une note de synthèse de 0 est alors considérée comme saine, une vache ayant une note de synthèse de 1 est considérée comme étant modérément boiteuse et une vache ayant une note de synthèse de 2 est considérée comme étant sévèrement boiteuse (Tableau XIX).

Tableau XIX : Grille de notation des boiteries en statique (d'après Bareille and Roussel 2014)

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

d. Avantages et limites

Les avantages et limites des SNS sont présentés dans le Tableau XX :

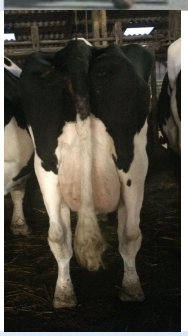
Tableau XX : Avantages et limites des systèmes de notation statique.

AVANTAGES	LIMITES
Ne nécessite pas de matériel spécifique	Entrainement à l'évaluation nécessaire
Peu couteux	Répétabilité et reproductibilité
Évaluation du troupeau rapide	Validation
Évaluation réalisable lors d'actes divers	

E. Conclusion

Conclusion : Partie II

❖ **DIFFERENCIER LES VACHES SAINES DES VACHES BOITEUSES :**

VACHES SAINES		
Démarche	▪ Dos plat en marche ▪ Tête haute ▪ Enjambées longues ▪ Empreintes de postérieurs dans celles des antérieurs ipsi-latéraux	
Posture	▪ Dos plat ▪ Aplombs droits et verticaux ▪ Appuis équilibrés	
Facteurs de modification de la démarche	▪ Un sol humide ou glissant ▪ Un environnement sombre ▪ Une session de parage préventif ▪ L'âge et la dimension de la vache ▪ Le stade de lactation et de gestation	

❖ **OBSERVATION DIRECTE DES LESIONS PODALES**

- **95%** des boiteries sont d'origine podale
- Il existe des grilles de notation permettant de grader les lésions pour en déduire la gravité de l'atteinte des animaux

LES TYPES DE LESIONS	
ORIGINE INFECTIEUSE	▪ Abcès de la sole ▪ Nécrose de la pince ▪ Ulcération superficielle et granuleuse en couronne ▪ Inflammation symétrique du paturon ▪ Plaie interdigitée ▪ Tyloma ▪ Erosion du talon
ORIGINE MIXTE	▪ Ulcère de la sole et cerise ▪ Bleime circonscrite
ORIGINE NON INFECTIEUSE	▪ Bleime diffuse ▪ Coloration jaune de la corne ▪ Ouverture de la ligne blanche ▪ Décollement de la sole ▪ Concavité de la muraille ▪ Seime cerclée ▪ Seime longitudinale

❖ ÉVALUATION DE LA LOCOMOTION

- **Les Systèmes de Notation Manuelle (SNM) : GOLD STANDARD**
  - Le SNM de **Sprecher et al (1997)** (5 score allant de 1 à 5) est de loin le plus utilisé dans les publications **(27,9%)**
  - Les SNM reposent sur l'observation de **modification de la démarche et de la posture**
  - **Évaluation en marche sur un sol plat, non glissant et avec une luminosité continue**

- **Les Systèmes de Notation Automatique (SNA) :**

METHODE CINETIQUE	▪ Mesure de la force appliquée par les onglons par des capteurs
METHODE CINEMATIQUE	▪ Analyse des mouvements à partir d'images (marqueurs ou images binaires) ▪ Analyse des mouvements à partir de capteurs de pression
METHODE INDIRECTES	▪ Analyse du comportement à l'aide d'accéléromètre ▪ Analyse de la production ou de la consommation d'aliment

❖ ÉVALUATION DE LA POSTURE

- Les SNS reposent **uniquement** sur l'observation de **modification de la posture**
- **Évaluation en statique au cornadis ou à l'attache**

III. Choix de la méthode d'évaluation des boiteries

A. Méthode de référence

Les SNM en locomotion sont utilisés comme méthode de référence dans un grand nombre de publications (Zahid et al. 2014; Hoffman et al. 2014 ; Leach et al. 2009). De plus, parmi les SNM, le système de notation manuel de Sprecher et al 1997 est de loin le plus fréquemment utilisé dans la littérature (27,9%) (Schlageter-Tello et al. 2014).

Pour valider les SNM, les chercheurs ont utilisé différentes approches. La première consistait à comparer la démarche des vaches saines avec celle des vaches présentant des lésions des pieds ou des membres. En effet, Flower et al 2006 ont mis en évidence que les vaches présentant des ulcères de sole (lésion responsable de boiterie) avaient des scores de locomotion significativement plus élevés que les vaches saines. Dans cette étude, le score de locomotion a été une méthode valide et fiable pour identifier les vaches avec des ulcères de la sole (Flower and Weary 2006). Le problème de cette méthode est que toutes les lésions podales ne font pas boiter, il y a donc une corrélation faible à modérée entre les scores de locomotion et la présence de lésion (Schlageter-Tello et al. 2014). La seconde se basait sur l'emploi d'analgésiques ou d'anesthésiques pour effacer la douleur des lésions responsables de boiteries. Une faible amélioration du score de locomotion, mais significative, s'exprimant comme une diminution de 0,3(Rushen et al. 2007) et de 0,25 (Flower et al. 2008) de celui-ci a été observée chez les vaches boiteuses après une injection de lidocaïne (Rushen et al. 2007) ou de ketoprofène (Flower et al. 2008)

B. Critères de choix d'une méthode d'évaluation

1. Performance de la méthode

Afin qu'une méthode d'évaluation soit validée scientifiquement, elle doit répondre à plusieurs critères (Mathevet 2014) :

- La sélectivité
- La justesse des mesures
- La précision
- La pertinence
- La robustesse

a. Sélectivité et pertinence

La sélectivité d'un indicateur est la force qu'a cet indicateur pour traduire ou quantifier une boiterie. Elle correspond à la spécificité (Sp) de la méthode. La pertinence est basée sur plusieurs paramètres. La limite de détection et de quantification donneront les valeurs minimales pour valider la sélectivité et la justesse de la mesure. Elle correspond à la sensibilité (Se) de la méthode.

- SNA

La plupart des SNA ont une spécificité acceptable (≥80%). En revanche, on observe une forte variation entre les sensibilités des différentes SNA (de 39 à 90%). Ces résultats indiquent que les SNA sont plus efficaces pour détecter les vaches non boiteuses que pour détecter les vaches boiteuses (Schlageter-Tello et al. 2014 ; Viazzi et al. 2013 ; Ito et al. 2010).

- SNS

Leach et al (2009) ont mis en évidence que la sensibilité de leur méthode pour détecter les boiteries variait en fonction du nombre minimal de critères utilisés. En effet, la sensibilité était très bonne lorsque la présence d'un seul critère parmi les huit était suffisante pour décrire la vache comme boiteuse. En revanche, plus le nombre minimal de critères était élevé plus, la sensibilité diminuait. Par définition, la diminution du nombre de critères pour définir le seuil de détection des boiteries rend le test plus sensible mais entraine une perte de spécificité. Par exemple, lorsque le seuil de détection était de deux critères, la spécificité variait de 93 à 96% et la sensibilité variait de 54 à 68%. Une bonne sensibilité et une bonne spécificité étaient obtenues pour la méthode nécessitant un seul critère pour qualifier une vache de « boiteuse » (Leach et al. 2009).

Hoffman et al (2014) ont calculé la sensibilité et la spécificité des postures et d'une combinaison de postures utilisées dans leur étude (Tableau XXI). La posture la plus sensible dans la détection des boiteries était la présence d'un dos arqué (Se=63%). La spécificité de cette posture était moyenne (Sp=64%). À l'inverse, la réticence à prendre appui sur un membre était faiblement sensible (Se=5%) mais la spécificité était très bonne (Sp=98%). La réticence à prendre appui sur un membre est donc un élément de diagnostic de boiterie (Score de locomotion ≥3).

Tableau XXI : Sensibilité et Spécificité de différents critères dans la détection des boiteries d'après (Hoffman et al. 2014)

Postures ou Combinaison	Sensibilité	Spécificité	VPP	VPN
Dos arqué	0,63	0,64	0,39	0,82
Rotation des jarrets	0,54	0,57	0,32	0,77
Réticence à prendre appui sur un membre	0,05	0,98	0,51	0,74
Dos arqué OU **Rotation des jarrets**	0,78	0,40	0,33	0,84
Dos arqué ET **Rotation des jarrets**	0,39	0,81	0,42	0,78

Comme nous avons pu le voir dans l'étude de Leach et al (2009), Hoffman et al (2014) ont mis en évidence que pour le même test, l'augmentation du nombre de critères définissant le seuil de définition de la boiterie entraine une perte de sensibilité et une augmentation de spécificité du test (Figure 28) (Hoffman et al. 2014).

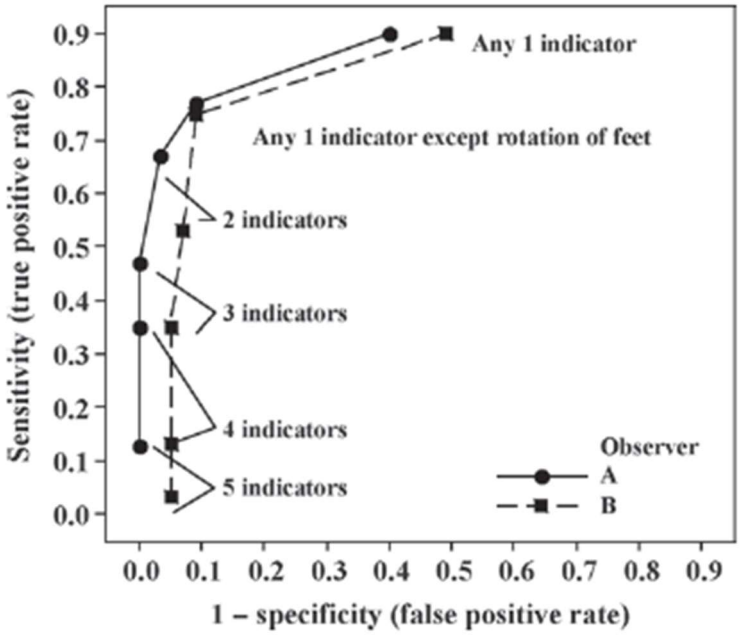


Figure 28 : Représentation graphique de la sensibilité en fonction du taux de faux positif pour divers seuils de définition de boiterie pour deux observateurs différents d'après (Hoffman et al. 2014)
Any 1 indicator = la présence d'un seul critère parmi les critères observés permet de définir la boiterie – Any 1 indicator except rotation of feet = la présence d'un seul des critères excepté la rotation des jarrets permet de définir la boiterie - 2 indicators, 3 indicators, 4 indicators et 5 indicators = la présence de respectivement 2, 3, 4 et 5 critères parmi les critères observés permet de définir la boiterie.

b. Justesse

Elle s'évalue en comparant les résultats avec des valeurs de référence, si elles sont disponibles. La justesse des SNA et des SNS a été évaluée en utilisant les SNM comme méthode de référence.

c. Précision

Elle est fonction de l'influence des erreurs aléatoires dues aux méthodes d'évaluation. Elle s'évalue en estimant la répétabilité et la reproductibilité. La répétabilité est l'obtention d'un même résultat par un unique observateur à deux périodes distinctes. La reproductibilité est l'obtention d'un même résultat par deux observateurs distincts soumis aux mêmes conditions.

- SNS

Holzhauer et al (2005) ont démontré que la reproductibilité et la répétabilité de la SNS mise au point par Bulgarelli-Jiménez et al (1996) n'étaient pas suffisantes. En effet, la probabilité qu'un évaluateur entrainé assigne le même score à une même vache était en moyenne de 61% et la probabilité que deux évaluateurs entrainés différents assignent le même score à une même vache variait de 9,1% à 10,9%. De plus, les évaluateurs avaient des scores différents de 1 point dans 54,3 à 61,8% des cas et des scores différents de 2 points dans 29,1 à 34,8% des cas. Ces erreurs pouvaient être dues à des modifications de la posture des vaches visant à soulager les lésions podales (Holzhauer et al. 2005).

d. Robustesse

La robustesse d'un indicateur correspond à la stabilité dans le temps de la mesure. La stabilité dans le temps des SNM et SNS nécessite un entrainement régulier de l'observateur afin d'éviter les « dérives » dans les observations (Kazdin 1977). Les SNA utilisent quant à eux des capteurs qui nécessitent des calibrations et des étalonnages réguliers (Ceballos et al. 2004).

e. Cas particulier des SNM en locomotion

Les informations concernant la justesse des SNM sont présentées dans le paragraphe sur la méthode de référence p72. Aucune information n'a été trouvée sur la sélectivité et la pertinence des SNM les plus utilisés.
En revanche, des études (O'Callaghan et al. 2003 ; Winckler and Willen 2001) se sont attachées à décrire la précision des SNM. La précision s'évalue en estimant la répétabilité et la reproductibilité de la méthode.
L'étude d'O'Callaghan et al (2003) montre que sur 129 vaches, un observateur entraîné donne le même score (Sprecher et al. 1997) à une même vache observée ultérieurement dans 56% des cas (O'Callaghan et al. 2003). De plus, ils ont aussi montré que dans seulement 37% des cas, deux observateurs donneront le même score à une même vache. Une autre étude a obtenu une reproductibilité plus élevée (68%) avec trois observateurs entrainés (Winckler and Willen 2001). Dans cette étude, la plupart des désaccords dans la notation concernait les scores 1 et 2 ce qui n'implique pas de risque majeur dans la détection des vaches boiteuses. Enfin, Flower et al 2006 ont mis en évidence que la reproductibilité (69%) et la répétabilité (76%-85%) de deux observateurs entrainés à l'utilisation d'une SNM (SNM équivalente à celle décrite par Sprecher et al) étaient acceptables. On constate alors que, selon les études, les méthodes « subjectives » ont une précision faible à modérée.

Les SNM utilisés en tant que méthode de référence (tels que le SNM de Sprecher et al. 1997) sont des méthodes dont on ne connaît ni la sélectivité, ni la justesse, ni la pertinence et qui manquent de précision. Pourtant ils sont largement utilisés dans les expériences de validation des SNA et des SNS.

2. Praticité de la méthode : contrainte rencontrée dans un contexte d'élevage

En élevage de bovins laitiers il y a de nombreuses contraintes qui compliquent l'utilisation des systèmes de notation décris précédemment. En effet, les SNM (par exemple : Sprecher et al. 1997) sont des méthodes qui nécessitent de l'entrainement, du temps et la présence dans l'élevage d'une surface plane, non glissante et droite d'où l'évaluateur peut observer les vaches marcher une à une dans leur entièreté. De plus, les SNM nécessitent beaucoup de temps pour évaluer toutes les vaches d'un troupeau. Afin de pallier ces contraintes, les SNA ont été développés. Elles utilisent une technologie fiable mais onéreuse (Figure 29).

Une pratique commune en élevage de bovins laitiers est de bloquer les vaches aux cornadis pour la réalisation d'actes divers : détection des chaleurs, insémination artificielle, diagnostic de gestation et les diverses mesures de prophylaxie. En effet, ce sont des moments particuliers durant lesquels les éleveurs, les employés ou les vétérinaires sont déjà en train d'examiner les vaches individuellement, et où l'évaluation individuelle des postures est la plus aisée. C'est en partant de ce constat que les SNS ont été développés.

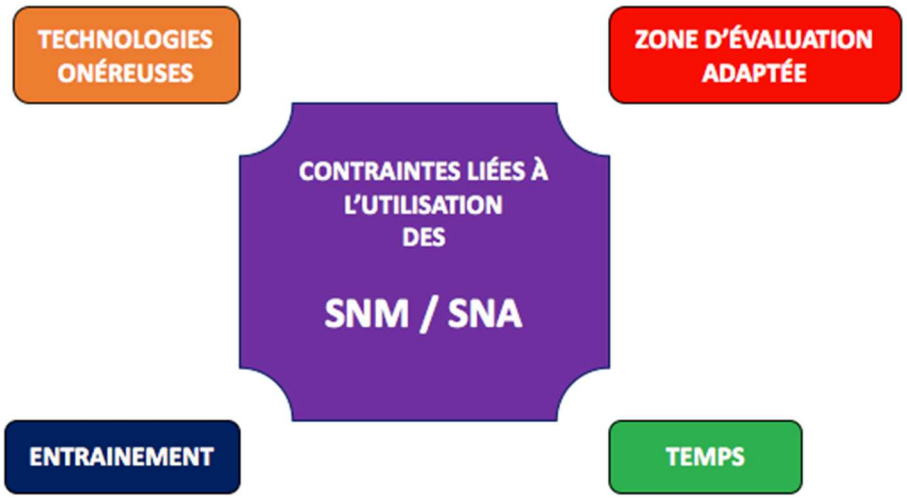


Figure 29 : Contraintes liées à l'utilisation des Systèmes de Notation Manuels et Automatiques en élevage (Schéma personnel)

C. Bilan

Conclusion : Partie III

❖ **VALIDATION DES METHODES D'EVALUATION**

MÉTHODES DE VALIDATION DE LA JUSTESSE	
SNM	▪ Comparaison des scores obtenus entre des vaches saines et des vaches présentant des lésions ▪ Utilisation d'anesthésique ou d'analgésique (ex : kétoprofène ; lidocaïne)
SNA	▪ Utilisation de SNM comme méthode de référence ▪ Utilisation d'anesthésique ou d'analgésique (ex : kétoprofène ; lidocaïne)
SNS	▪ Utilisation de SNM comme méthode de référence

VALIDATION DES SNM / SNA / SNS

	SNM	SNA	SNS
JUSTESSE	Lésions podales Anesthésiques/analgésiques	SNM Anesthésiques/analgésiques	SNM
PRECISION (=Sensibilité)	**-**	**39-90%**	**≥80%**
SELECTIVITE (=Spécificité)	**-**	**5-78%**	**40-98%**
PERTINENCE (=Reproductibilité/Répétabilité)	**37-69% /56-85%**	**-**	**10%/61%**
ROBUSTESSE	Nécessite un entrainement régulier	Nécessite des étalonnages et des calibrations	Nécessite un entrainement régulier

❖ **CONTRAINTES LIÉES À L'ÉLEVAGE**

- **Le temps d'évaluation**
- **Le coût de la méthode**
- **La présence d'une zone d'évaluation adaptée**

D. Problématiques

Dans un contexte de suivi global de troupeau il est plus simple d'utiliser le score statique comme celui décrit par Bareille et Roussel (2014) (méthode d'évaluation au cornadis, sans emploi de matériel spécifique, se basant sur peu de critères et à 3 niveaux de scores) que le score de locomotion (peu onéreux mais chronophage, à 5niveaux et nécessitant une aire d'évaluation appropriée).
Cependant, à notre connaissance rien ne prouve que l'évaluation en statique est équivalente au score de locomotion qui reste la méthode de référence. Aucune étude de validation n'a été publiée.

Nous nous posons les questions suivantes :

1. Le score statique de Bareille et Roussel est-il corrélé au score de locomotion de Sprecher et al ?

2. Doit-on modifier le score statique de Bareille et Roussel pour le rendre plus performant ?

IV. Étude expérimentale : Comparaison de deux méthodes d'évaluation des boiteries chez les bovins.

Afin de déterminer si l'évaluation des boiteries par l'observation statique de la posture des vaches laitières était comparable à l'observation de la locomotion, mon étude avait pour objectif de :

- Comparer le score statique au cornadis obtenu à partir de la grille d'évaluation des boiteries de Bareille et Roussel (2014) au score de locomotion obtenu à l'aide de la grille développée par Sprecher et al (1997).
- Déterminer la meilleure association de posture possible pour distinguer les vaches saines des vaches boiteuses.

A. Matériels et méthodes

Pour répondre à l'objectif que je m'étais fixé, je me suis entrainé à évaluer des boiteries. Puis, j'ai réalisé l'ensemble des observations entre octobre 2017 et janvier 2018 au cours de mon stage tutoré que j'ai effectué dans la clinique vétérinaire d'Autingues (62) dans le cadre de ma cinquième année du cursus vétérinaire. J'ai ensuite réalisé toutes les analyses descriptives et statistiques sous le contrôle de mes premiers et deuxièmes assesseurs.

1. Présentation de la population d'étude

a. Caractéristiques des élevages

Les sept élevages à partir desquels j'ai constitué l'échantillon de mon étude ont été sélectionnés en fonction de la race des vaches laitières (Prim'Holstein), de la présence de cornadis, d'une allée plate, non glissante et suffisamment lumineuse permettant aux vaches de se déplacer une par une, calmement au pas. Ils étaient situés dans le département du Pas-de-Calais (62, France) et plus particulièrement sur les clientèles rurales d'Autingues (62) et Desvres (62). Leurs caractéristiques sont résumées dans le Tableau XXII. Les seuls critères d'exclusion étaient la race des bovins (Prim'Holstein exclusivement) et l'impossibilité d'effectuer les observations dans l'étable (c'est à dire absence de cornadis et d'allée appropriée).

Tableau XXII : Caractéristiques des exploitations de l'expérience

Élevage	Nombre de vaches en lactation	Logement	Sol	Parage préventif
A	60	Logettes avec tapis	Caillebotis	3x/an sur 1/3 du troupeau
B	52	Logettes paillées	Bêton rainuré	3x/an sur 1/3 du troupeau
C	80	Logettes paillées	Bêton rainuré	3x/an sur 1/3 du troupeau
D	58	Logettes paillées	Bêton rainuré	1x/an sur 1/3 du troupeau
E	120	Logettes paillées	Tapis	1x/an sur 1/3 du troupeau
F,H	45	Logettes avec tapis	Caillebotis	Aucun
G	118	Logette avec tapis	Bêton rainuré	Tout le troupeau réparti sur l'année

*Les élevages F et H correspondent au même élevage évalué à deux périodes distinctes.

Tous les élevages étaient en traite manuelle sauf l'élevage F, H qui était en traite robotisée. Dans les élevages A, B, C, D, E le parage préventif était réalisé par des pareurs alors que dans l'élevage G le parage préventif était réalisé par l'éleveur. Deux élevages plaçaient les vaches sévèrement boiteuses dans un box d'infirmerie sur une litière de paille épaisse pendant leur convalescence (A/F/H). Tous les élevages faisaient appel au vétérinaire pour un parage curatif lors de boiteries sévères détectées par l'éleveur.

b. Constitution de l'échantillon

513 vaches de race Prim'Holstein issues de 7 troupeaux ont constitué l'échantillon de mon étude.

2. Plan expérimental

a. Outils de notation

i. Score de locomotion

Le score de locomotion a été établi pour chaque vache selon la méthode décrite par Sprecher et al (1997). Ainsi les scores de locomotion 1, 2, 3, 4 et 5 correspondent respectivement à des vaches saines, légèrement boiteuses, modérément boiteuses, boiteuses et gravement boiteuses. La description de chaque score a été détaillée dans la partie II de la bibliographie (p.53). Une vache ayant un score de locomotion ≥3 a été considérée comme boiteuse. Le score de locomotion a été utilisé comme méthode de référence.

ii. Score statique

Le score statique a été établi pour chaque vache selon la méthode décrite par Bareille et Roussel (2014) par observation de trois critères (dos, aplombs, appui) (Figure 33). Les définitions des postures observables pour les trois critères sont présentées dans le Tableau XXIII.

Tableau XXIII : Définitions des différentes postures observables dans le score statique

DÉFINITIONS	
Dos plat	La ligne du dos forme un angle de 180° avec l'horizontale
Dos courbé	La ligne du dos est convexe, l'angle avec l'horizontale est ≤ 180°
Aplombs normaux	Les jarrets et les pieds sont à la verticale de la tubérosité ischiatique lorsque la vache répartit correctement son poids sur ses quatre membres. Les postérieurs sont droits et parallèles entre eux.
Légère anomalie des aplombs	Une légère rotation externe des pieds est visible, associée à une légère rotation interne des jarrets. En revanche, les jarrets restent à la verticale de la tubérosité ischiatique tandis que les pieds peuvent légèrement s'en écarter, lorsque la vache répartit correctement son poids sur ses quatre membres.
Rotation interne des jarrets	Forte rotation externe des pieds associée à une rotation interne des jarrets, Les jarrets et les pieds ne sont plus à la verticale de la tubérosité ischiatique. La distance entre les deux jarrets est nettement inférieure à la distance entre les deux tubérosités ischiatiques.
Pas de suppression d'appui	Les postérieurs se partagent le soutien du poids de la vache
Suppression d'appui	La vache refuse ou éprouve une forte réticence à prendre appui sur un des postérieurs.

Le critère « dos » peut obtenir les sous-scores ci-dessous :

Dos plat = 0 **Dos courbé = 1**

Figure 30 : Les sous-scores pouvant être obtenus par évaluation de la courbure du dos d'après (Bareille and Roussel 2014 ; clichés personnels)

Le critère « aplombs » peut obtenir les sous-scores ci-dessous :

Figure 31 : Les sous-scores pouvant être obtenus par évaluation de la qualité des aplombs (d'après Bareille and Roussel 2014 ; clichés personnels)

Le critère « appui » peut obtenir les sous-scores ci-dessous :

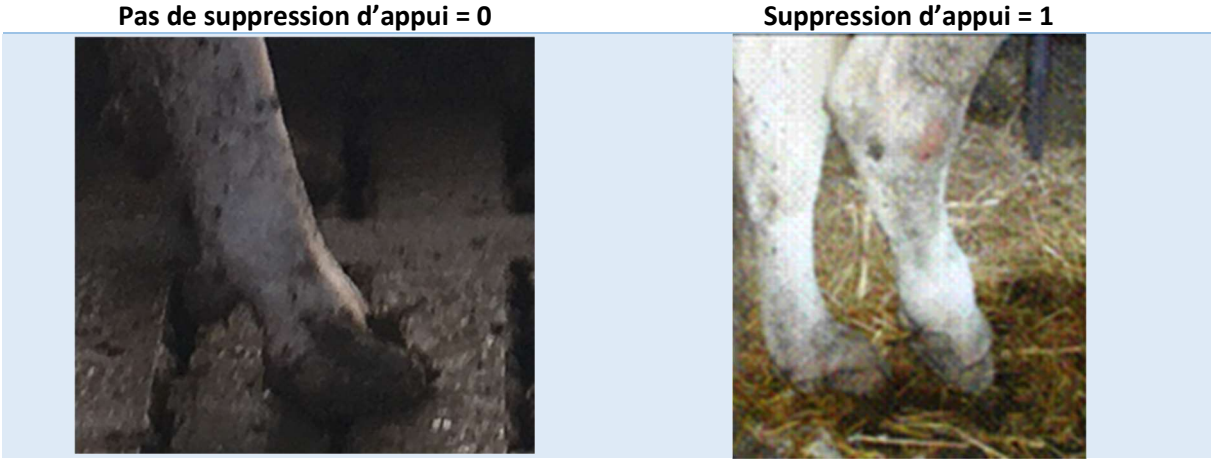


Figure 32 : Les sous-scores pouvant être obtenus par évaluation de l'appui des postérieurs d'après (Bareille and Roussel 2014)

Chaque critère se voit assigner un « sous-score » pour ensuite obtenir le score statique par association des « sous-scores » comme indiqué dans la Figure 33. Ainsi les scores statiques de 0,1 et 2 correspondent respectivement à des vaches saines, boiteuses et gravement boiteuses.

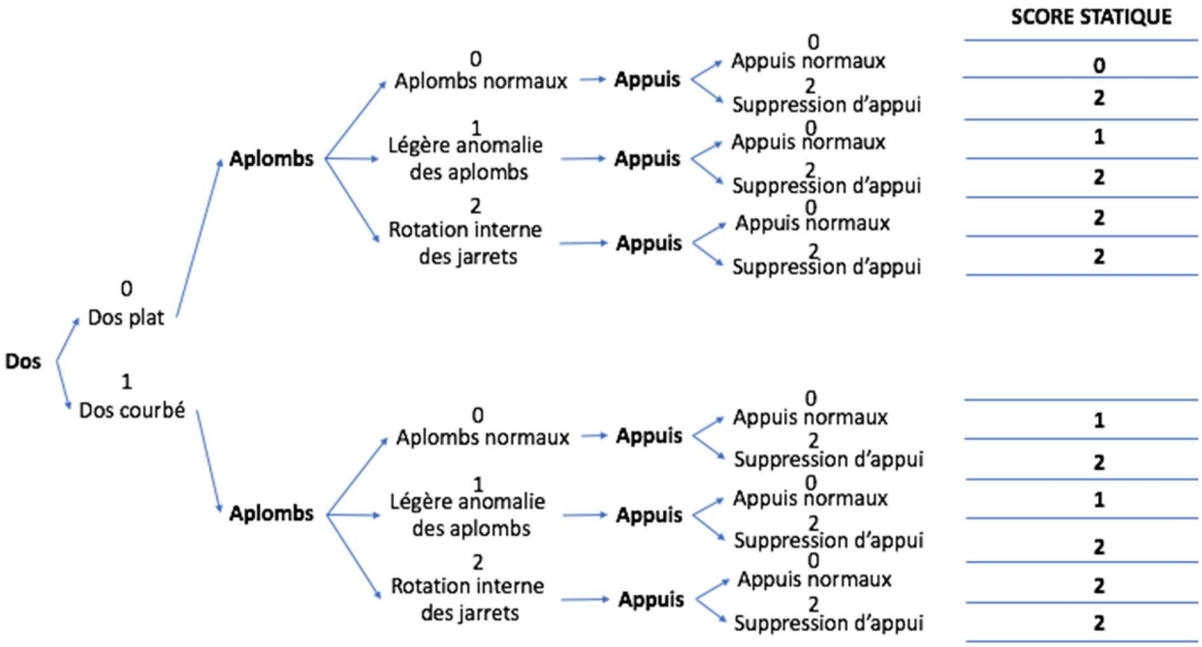


Figure 33 : Les diverses associations de postures (accompagné du sous score statique correspondant) et leur score de synthèse associé d'après (Bareille and Roussel 2014)

Toute vache ayant un score statique ≥1 a été considérée comme boiteuse.

b. Déroulement des notations

i. Entrainement préalable

Je me suis entrainé quotidiennement pendant 2 mois à l'évaluation de la locomotion selon Sprecher et al 1997 avec les vidéos présentent sur le site ZINPRO®[1]. De plus, je me suis entrainé à évaluer la locomotion des vaches ainsi que les postures statiques lors de divers suivis de reproduction dans la clientèle de Autingues (62) durant le mois de septembre 2017.

ii. Notation en locomotion et en statique

Pour la notation en locomotion, j'ai évalué la démarche des vaches selon la grille d'évaluation de Sprecher et al 1997. J'observais d'abord la courbure du dos à l'arrêt, puis en marche et enfin je finissais par évaluer la foulée. J'ai reporté chaque sous-score puis j'ai attribué, à partir de ces sous-scores, un score de locomotion à chaque vache.

Pour la notation en statique j'ai évalué la courbure du dos, les aplombs et les appuis des postérieurs des vaches par l'arrière selon la grille d'évaluation de Bareille et Roussel (2014). Les vaches mangeant, déféquant, urinant ou agitées, lorsqu'elles me voyaient, étaient réévaluées ultérieurement. En cas d'incertitude sur une posture, je mobilisais l'animal de droite à gauche afin de rééquilibrer le positionnement du corps de la vache et d'être sûr que la modification de posture était réelle.

[1] https://www.zinpro.com/video-library/first-step-dairy-cow-hoof-health-videos#/videos/list

Lorsqu'une vache présentait une suppression d'appui, je lui assignais un sous-score de 0 pour la qualité des aplombs car la qualité des aplombs n'était pas correctement évaluable dans ce cas et que cela ne changeait en rien le score statique final.
J'ai relevé les postures au cornadis et le score de locomotion sur deux feuilles de papier différentes afin que l'observateur ne puisse pas voir le score de locomotion (pour les élevages en traite manuelle) ou le score statique (pour l'élevage en traite robotisée) assignés précédemment aux vaches.

Pour les six élevages en traite manuelle, j'ai réalisé les observations pendant la traite du soir. J'ai évalué la locomotion en me plaçant en sortie de salle de traite et en faisant passer les animaux un à un, au pas, sur la piste d'oservation. Les vaches passant trop rapidement devant moi étaient soit repassées soit sorties de l'étude. Une fois la vache évaluée, elle regagnait l'air d'alimentation afin d'y être contenue pour l'évaluation en statique. Pour l'élevage en traite robotisée, j'ai évalué la locomotion des vaches après avoir réalisé la notation en statique en les décrochant du cornadis une par une et de manière aléatoire.

De plus, j'ai retiré de l'étude toutes les vaches non bloquées au cornadis y compris celles qui avaient été préalablement évaluées en locomotion.

c. Analyses statistiques

- Description des variables d'étude

Toutes les données de l'étude ont été centralisées dans deux tableurs Excel 2017 afin d'en faciliter leur exploitation. Ainsi on retrouve pour chaque vache :

Dans le premier tableur (Annexe 2) :

- L'élevage d'origine
- Le numéro de travail de la vache
- La présence d'un dos courbé à l'arrêt
- La présence d'un dos courbé en marche
- La présence d'une anomalie légère de la démarche
- La présence d'enjambée courte
- La présence de favorisation d'un membre
- La présence d'une suppression d'appui
- Le score de locomotion

Dans le deuxième tableur (Annexe 3) :

- L'élevage d'origine
- Le numéro de travail de la vache
- La présence d'un dos courbé au cornadis
- La présence d'une légère anomalie des aplombs au cornadis
- La présence d'une rotation interne des jarrets au cornadis
- La présence d'une suppression d'appui au cornadis
- Le score statique

➢ Analyse des données de l'étude

L'analyse des données a été réalisée à l'aide du logiciel R (R Core Team (2014)).

LE COEFFICIENT DE CORRELATION (τ) DE KENDALL

Pour évaluer la corrélation entre les différents niveaux du score de locomotion (saine (L1-L2), boiteuse modérée (L3) et boiteuse sévère (L4-L5)) et le score statique de Bareille et Roussel (2014) saine (S0), boiteuse modérée (S1) et boiteuse sévère (S2), nous avons utilisé le coefficient de corrélation (τ) de Kendall. D'après les définitions des scores et les seuils de définitions des boiteries choisies dans l'expérience les concordances sont rencontrées pour les scores L1 ou L2 et S0, L3 et S1 et L4 ou L5 et S2.

Pour un échantillon de taille n. Soit P (respectivement Q) le nombre de paires concordantes (respectivement discordantes). Le τ de Kendall est défini de la manière suivante : $\tau = 2\frac{\square-\square}{\square(\square-1)}$

Le τ de kendall s'interprète comme le degré de correspondance entre 2 notations. Si toutes les paires sont concordantes, τ=1 ; si toutes les paires sont discordantes, τ=-1 ; enfin, si les deux classements sont indépendants τ=0. Donc, plus ce coefficient se rapproche de 1 plus la corrélation entre les deux séries d'évaluations est forte. En revanche, plus il se rapproche de 0, plus la corrélation est faible.

Des tables de concordance entre le score statique et le score de locomotion (Tableau XXIV), puis entre le score statique modifié et le score de locomotion ont été réalisées. À partir de ces tables de concordance, le coefficient de corrélation de Kendall (τ) ainsi que son intervalle de confiance à 95% ont respectivement été calculés à l'aide des fonctions kendall.ci() et cor.test() du package NSM3 v1.12 (Annexe 4) (Schneider et al 2015)).

Tableau XXIV : Table de concordance entre le score statique et le score de locomotion.

Locomotion / Statique	L1	L2	L3	L4	L5
S0	Saine	Saine	Discordance	Discordance	Discordance
S1	Discordance	Discordance	Boiteuse modérée	Discordance	Discordance
S2	Discordance	Discordance	Discordance	Boiteuse sévère	Boiteuse sévère

En vert : les vaches saines en statique (S0) et en locomotion (L1-L2) ; En orange : les vaches modérément boiteuses en statique (S1) et en locomotion (L3) ; En bleu : les vaches sévèrement boiteuses en statique (S2) et en locomotion (L5). En gris : les discordances entre les deux scores.

SENSIBILITE ET SPECIFICITE DU SCORE STATIQUE

La sensibilité et la spécificité du score statique pour la détection des boiteries ont été calculées en prenant comme référence un score de locomotion ≥3.

- Sensibilité et Spécificité du score statique :

La table de contingence (Tableau XXV) entre le score statique et le score de locomotion permet d'obtenir aisément la sensibilité et la spécificité du score statique dans la détection des boiteries. Les vaches boiteuses en statique sont les vaches ayant un score statique 1 (S1) ou 2 (S2).

Tableau XXV : Table de contingence entre le score statique (ou statique modifié) et le score de locomotion.

	Boiteuse en locomotion (L3-L4-L5)	**Saine en locomotion (L1-L2)**
Boiteuse en statique	Vrais positifs	Faux positifs
Saine en statique	Faux négatifs	Vrais négatifs

Définitions : $Se=\frac{\text{Vrais postifs}}{\text{Vrais postifs+Faux négatifs}}$ et $Sp=\frac{\text{Vrais négatifs}}{\text{Vrai négatifs+Faux positifs}}$

SENSIBILITE, SPECIFICITE, Valeur Prédictive Positive (VPP) ET Valeur Prédictive Négative (VPN) DES POSTURES OBSERVEES AU CORNADIS

Afin de pouvoir comparer les résultats d'observations des postures en statique aux résultats obtenus dans les études précédentes, la sensibilité, la spécificité, les VPP et VPN individuelles des modifications de postures observées en statique (dos courbé, légère anomalie des aplombs, rotation interne des jarrets et suppression d'appui) comme élément de détection des boiteries (score de locomotion ≥3) ont été calculé.

- Exemple du calcul de la sensibilité, spécificité, VPP et VPN du dos courbé :

$$Se=\frac{\text{Nbr Vaches ayant un dos courbé et boiteuses en locomotion}}{\text{(Nbr Vaches ayant un dos courbé et boiteuse en locomotion Nbr vaches ayant un dos plat et boiteuses en locomotion)}}$$

$$Sp=\frac{\text{Nbr Vaches ayant un dos plat et saines en locomotion}}{\text{(Nbr Vaches ayant un dos plat et saines en locomotion+ Nbr Vaches ayant un dos courbé et saines en locomotion)}}$$

Définitions : $VPP=\frac{\text{Vrais postifs}}{\text{Vrais postifs+Faux positifs}}$ et $VPN=\frac{\text{Vrais négatifs}}{\text{Vrais négatifs+Faux négatifs}}$

$$VPP=\frac{\text{Nbr Vaches ayant un dos courbé et boiteuses en locomotion}}{\text{(Nbr Vaches ayant un dos courbé et boiteuses en locomotion Nbr vaches ayant un dos courbé et saines en locomotion)}}$$

$$VPN=\frac{\text{Nbr Vaches ayant un dos plat et saines en locomotion}}{\text{(Nbr Vaches ayant un dos plat et saines en locomotion Nbr vaches ayant un dos plat et boiteuses en locomotion)}}$$

Ces calculs ont été effectués pour les autres postures observées (Légère anomalie des aplombs, rotation interne des jarrets et suppression d'appui).

CALCUL DES INTERVALLES DE CONFIANCE

Les intervalles de confiances à 95% des Se,Sp,VPP et VPN ont été calculés de façon exacte en utilisant la loi binomiale grâce à la fonction binom.test().

TEST DE McNEMAR

Le test de McNemar a été utilisé pour déterminer si les fréquences des boiteries obtenues avec le score statique étaient significativement différentes de celles obtenues avec le score de locomotion. Ce test permet d'effectuer une comparaison de fréquences sur séries dépendantes. Les calculs ont été réalisés grâce à la fonction mcnemar.test().

B. Résultats

1. Comparaison de l'évaluation des boiteries entre le score statique de Bareille et Roussel (2014) et le score de locomotion de Sprecher et al (1997).

a. Distribution des niveaux du score en fonction du système de notation utilisée

Au total 513 vaches de race Prim'Holstein ont été évaluées à la fois en locomotion et en statique au cornadis.

Le nombre de vaches observées pour chaque niveau du score de locomotion est présenté dans la Figure 34.

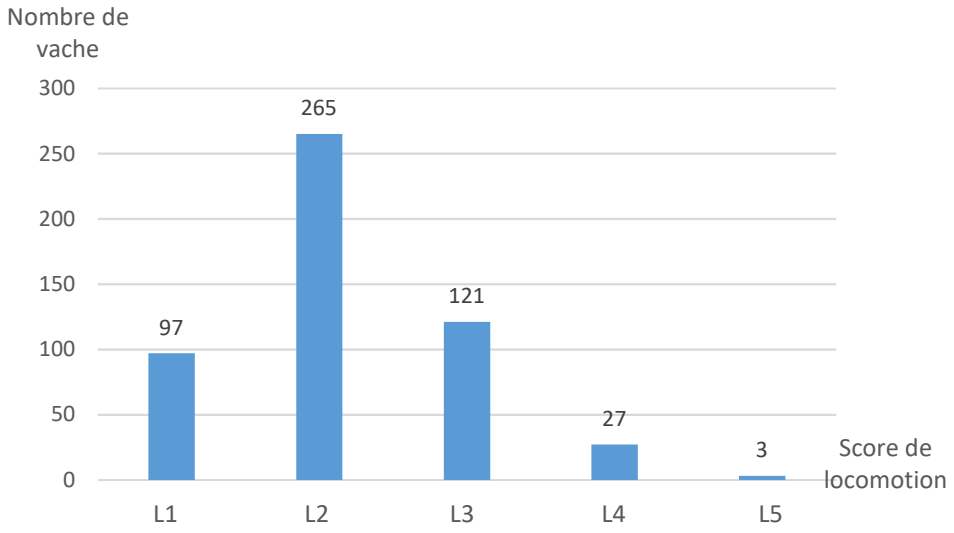


Figure 34 : Nombre de vaches observées pour chaque niveau du score de locomotion (n=513)

Le score de locomotion le plus représenté dans la population d'étude est le score L2 correspondant à 51,7% (265/513) des vaches observées alors que le moins observé est le score L5 correspondant à 0,5% (3/513) des vaches évaluées. Les scores L1, L3 et L4 représente respectivement 18,9%, 23,6% et 5,3% des évaluations.

Le nombre de vaches observées pour chaque niveau du score statique est présenté dans La Figure 35.

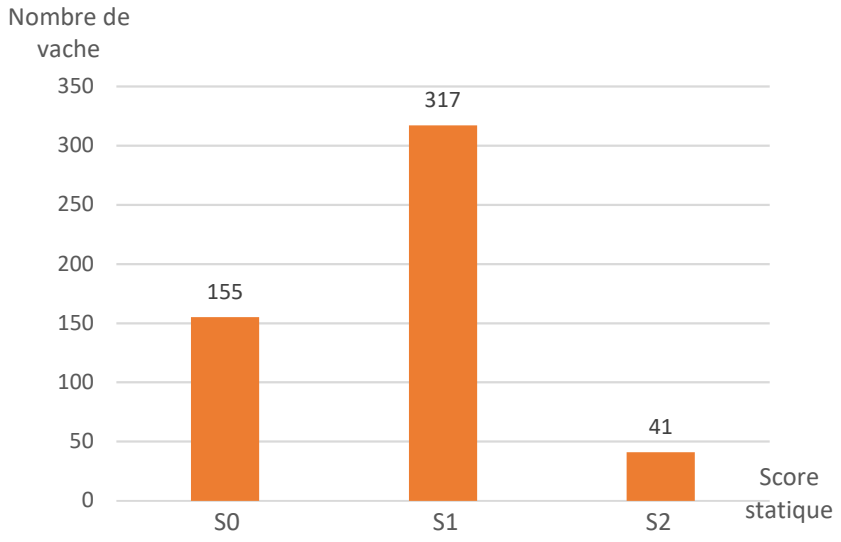


Figure 35: Nombre de vaches observées pour chaque niveau du score de statique (n=513)

Le score statique le plus représenté dans la population d'étude est le score S1 correspondant à 61,8% (317/513) des vaches observées alors que le moins observé est le score S2 correspondant à 8% (41/513) des vaches évaluées. Le score S0 représente quant à lui 30,2% des observations en statique.

b. Fréquences des boiteries

La fréquence des boiteries obtenu pour chaque élevage en locomotion est en statique ainsi que la fréquence globale des boiteries obtenu dans la population d'étude sont présentés dans le Tableau XXVI.

Tableau XXVI : Tableau indiquant pour chaque élevage le nombre de vache total, le nombre de vache évalué, la fréquence des boiteries en locomotion et en statique des vaches de l'échantillon.

Élevage	Nombre de vaches observées	Fréquence des boiteries en locomotion (%)	Fréquence des boiteries en statique (%)
A	44	**40,9**	**65,9**
B	36	**33,3**	**75**
C	71	**18,3**	**73,2**
D	52	**30,8**	**78,8**
E	117	**23,9**	**73,5**
F	41	**65,8**	**73,1**
G	107	**16,8**	**63,5**
H	45	**42,2**	**55,5**
Total	**513**	**29,4**	**69,8***

* différence significative entre la fréquence des boiteries en locomotion et la fréquence des boiteries en statique

La fréquence des vaches boiteuses en locomotion dans la population d'étude a été de 29,4% (IC à 95% : 25,5-33,5) contre 69,8% en statique (IC à 95% : 65,6-73,7).
La fréquence des boiteries en statiques a été supérieure à celle observée en locomotion ($p<2.2.10^{-16}$).

c. *Corrélation et force de l'association entre le score statique et le score de locomotion*

i. Concordances et discordances des niveaux de score

Les observations concordantes et les observations discordantes entre les niveaux du score de locomotion et les niveaux du score statique sont donnés dans le Tableau XXVII.

Tableau XXVII : Tableau de concordance entre le score statique et le score de locomotion.

Locomotion / Statique	L1	L2	L3	L4	L5	Total Statique
S0	**58**	**84**	10	3	0	155
S1	35	175	**99**	7	1	317
S2	4	6	12	**17**	**2**	41
Total Locomotion	97	265	121	27	3	**513**

En vert : les concordances pour les vaches saines ; En orange : les concordances pour les vaches modérément boiteuses ; En bleu : les concordances pour les vaches gravement boiteuses ; En gris claire : les discordances entre les deux scores de locomotion

Au total 260 concordances ont été observées entre le score de locomotion et le score statique contre 253 discordances. Près de la moitié des vaches (49,3%) a donc été mal classée par le score statique.

Le coefficient de corrélation de Kendall (τ) entre les deux méthodes était de 0,37 (IC à 95% : 0,33-0,41). Il y a donc une corrélation positive et faible entre les deux scores.
Parmi les observations discordantes, un grand nombre de faux positifs (232) a été mis en évidence. Les faux positifs représentaient donc 91,7% (232/253) des discordances et les faux négatifs seulement 8,3% (21/253) des discordances.

ii. Combinaison des postures et score de boiterie

Le Tableau XXVIII présente le pourcentage de vaches pour chaque niveau de score en locomotion et en statique selon les combinaisons de posture de la grille statique.

Tableau XXVIII : Tableau de concordance détaillé, indiquant le pourcentage (%) de chaque score de locomotion pour chacune des associations de postures du score statique de Bareille et Roussel (2014).

Score	Dos	Qualité des aplombs	Suppression d'appui	Nombre de vache	L1(%) *(Effectif)*	L2(%) *(Effectif)*	L3(%) *(Effectif)*	L4(%) *(Effectif)*	L5(%) *(Effectif)*
S0	0	0	0	155	**37,4** *(58)*	**54,2** *(84)*	6,5 *(10)*	1,9 *(3)*	0 *(0)*
S1	1	0	0	22	0 *(0)*	13,6 *(3)*	**77,3** *(17)*	4,55 *(1)*	4,55 *(1)*
S1	0	1	0	197	17,8 *(35)*	**71,1** *(140)*	**10,6** *(21)*	0,5 *(1)*	0 *(0)*
S1	1	1	0	98	0 *(0)*	32,7 *(32)*	**62,2** *(61)*	5,1 *(5)*	0 *(0)*
S2	0	2	0	8	**50** *(4)*	25 *(2)*	25 *(2)*	**0** *(0)*	**0** *(0)*
S2	0	0	2	0	0 *(0)*	0 *(0)*	0 *(0)*	**0** *(0)*	**0** *(0)*
S2	1	1	2	0	0 *(0)*	0 *(0)*	0 *(0)*	**0** *(0)*	**0** *(0)*
S2	1	2	2	0	0 *(0)*	0 *(0)*	0 *(0)*	**0** *(0)*	**0** *(0)*
S2	1	0	2	16	0 *(0)*	6,3 *(1)*	25 *(4)*	**56,2** *(9)*	**12,5** *(2)*
S2	1	2	0	17	0 *(0)*	17,6 *(3)*	35,3 *(6)*	**47,1** *(8)*	**0** *(0)*
Total				**513**					

En gris clair : les discordances entre le score statique et le score de locomotion. En vert, orange et bleu : respectivement les concordances entre le score statique et le score de locomotion pour les vaches saines, modérément boiteuses et sévèrement boiteuses. En rouge : les associations de postures ayant fréquemment entrainé le classement de faux positifs.

Trois combinaisons de postures représentent à elles seules 87,7% (450/513) des combinaisons observées :

- Dos plat (Dos=0) et Légère anomalie des aplombs (Aplombs=1) et Appuis normaux (Appui=0) (38,4%)
- Dos plat (Dos=0) et Pas d'anomalie (Aplombs=0) et Appuis normaux (Appui=0) (30,2%)
- Dos courbé (Dos=1) et Légère anomalie des aplombs (Aplombs=1) et Appuis normaux (Appui=1) (19,1%)

Aucune vache n'a été observée avec les combinaisons de postures suivantes :

- Dos plat (Dos=0) et Aplombs normaux (Aplombs=0) et Suppression d'appui (Appui=2)
- Dos courbé (Dos=1) et Anomalie légère des aplombs (Aplombs=1) et Suppression d'appui (Appui=2)
- Dos courbé (Dos=1) et Rotation interne des jarrets (Aplombs=2) et Suppression d'appui (Appui=2)

Parmi l'ensemble des combinaisons de posture observées, 3 présentaient une forte proportion de discordants faux positif :

- Dos plat (Dos=0) et Légère anomalie des aplombs (Aplombs=1) et Appuis normaux (Appui=0). Cette combinaison a entrainé des faux positifs dans 88,9% des cas (175/197). Cette combinaison de posture correspond donc à 75,4% des faux positifs totaux (175/232).

- Dos plat (Dos=0) et Rotation interne des jarrets (Aplombs=2) et Appuis normaux (Appui=0). Cette combinaison a entrainé des faux positifs dans 100% des cas (8/8). Cette combinaison de posture correspond donc à 3,4% des faux positifs totaux (8/232).

- Dos courbé (Dos=1) et Rotation interne des jarrets (Aplombs=2) et Appuis normaux (Appui=0). Cette combinaison a entrainé des faux positifs dans 52,9% des cas (9/17). Cette combinaison de posture correspond donc à 3,8% des faux positifs totaux (9/232).

d. Sensibilité et spécificité du score statique

La sensibilité et la spécificité du score statique dans la détection des boiteries ont été évaluées en prenant comme méthode de référence le score de locomotion. Le score statique de Bareille et Roussel (2014) a ainsi obtenu une sensibilité de 0,91 (IC à 95% : 0,85-0,95) et une spécificité de 0,39 (IC à 95% : 0,34-0,44).

2. Modification du score statique de Bareille et Roussel (2014)

a. Description des nouvelles postures du score statique modifié

Après avoir analysé les résultats obtenus avec la grille de Bareille et Roussel (2014), nous nous sommes rendus compte qu'une seule association de posture (Dos plat et Légère anomalie des aplombs et Appuis normaux) était responsable de la plupart des faux négatifs et qu'une autre association de posture (Dos plat et Rotation interne des jarrets et Appuis normaux) entrainait des faux positifs à chaque fois qu'elle était observée. À partir de ces résultats nous avons décidé de créer un nouveau score statique, le score statique modifié et de le confronter au score de locomotion.

Ce score statique modifié se base sur l'observation de deux critères :

- Le dos
- Les aplombs

La suppression d'appui a été classée dans les anomalies d'aplombs car nous avons estimé que lorsqu'elle était présente l'évaluation des aplombs telle que décrite par Bareille et Roussel (2014) n'était pas possible.
Comme dans le score statique de Bareille et Roussel (2014) chaque posture correspond à un sous-score (Figure 36 et Figure 37).

La combinaison des sous-score permet de définir un score statique modifié. La combinaison des postures aboutit à des niveaux de score différents de ceux décrits par Bareille et Roussel (2014).

Figure 36 : Présentation des sous-scores possibles pour l'évaluation de la courbure du dos dans le score statique modifié (clichés personnels).

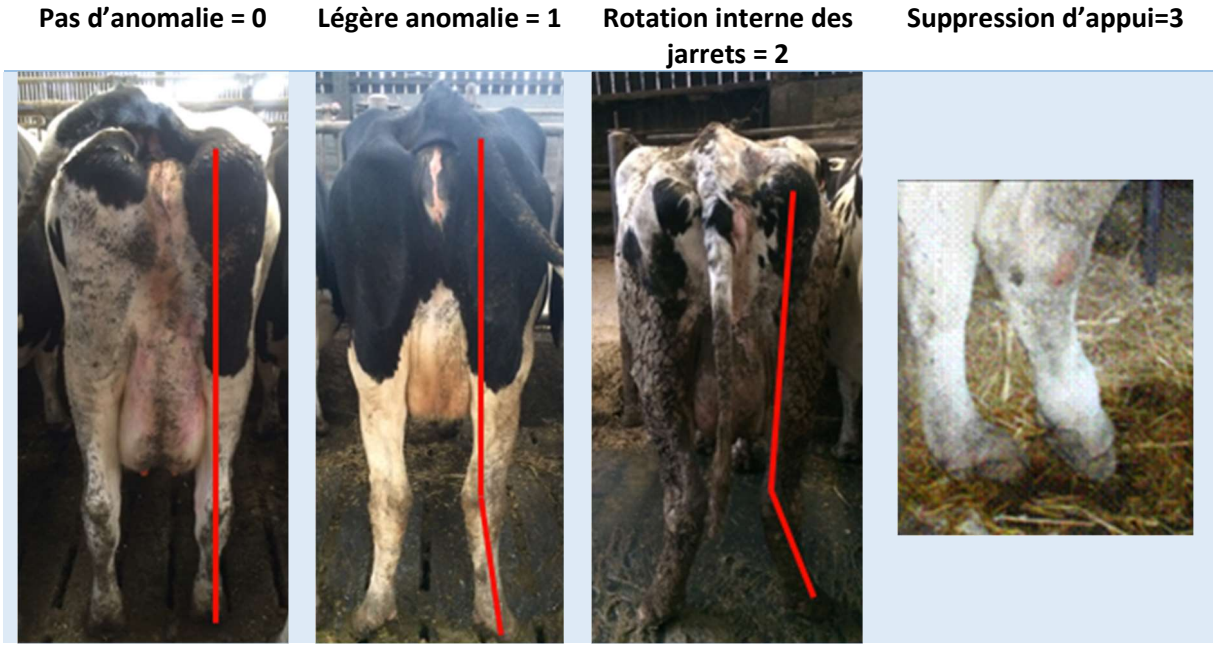


Figure 37 : Présentation des sous-scores possibles pour l'évaluation de la qualité des aplombs dans le score statique modifié (clichés personnels).

La Figure 38 représente les combinaisons de postures possibles et le score statique modifié correspondant.

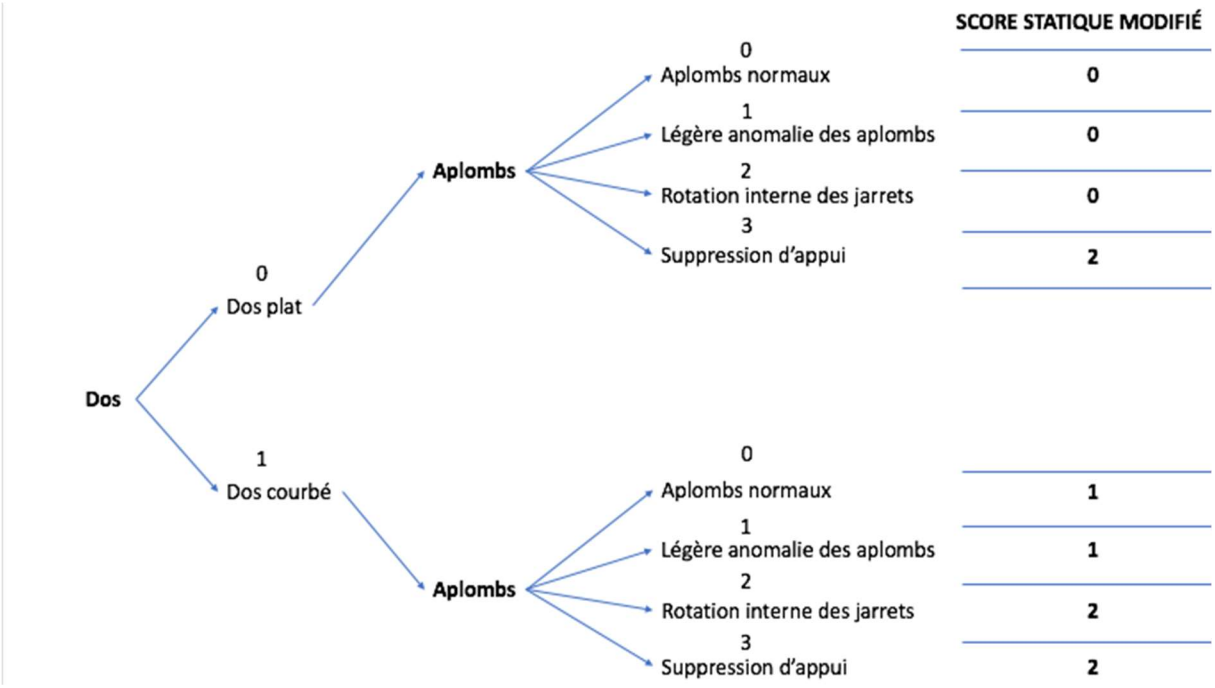


Figure 38 : Illustration des combinaisons possibles entre les postures et score statique modifié correspondant.

Un score statique modifié de 0 (Sm0) correspond à une vache saine, tandis que des scores statiques modifiés de 1 (Sm1) et 2 (Sm2) correspondent respectivement à des vaches modérément boiteuses et gravement boiteuses.

b. Évaluation du score statique modifiée

i. Distribution des scores en fonction de la grille de notation utilisée

Le nombre de vaches observées pour chaque niveau du score statique modifié est présenté dans la Figure 39.

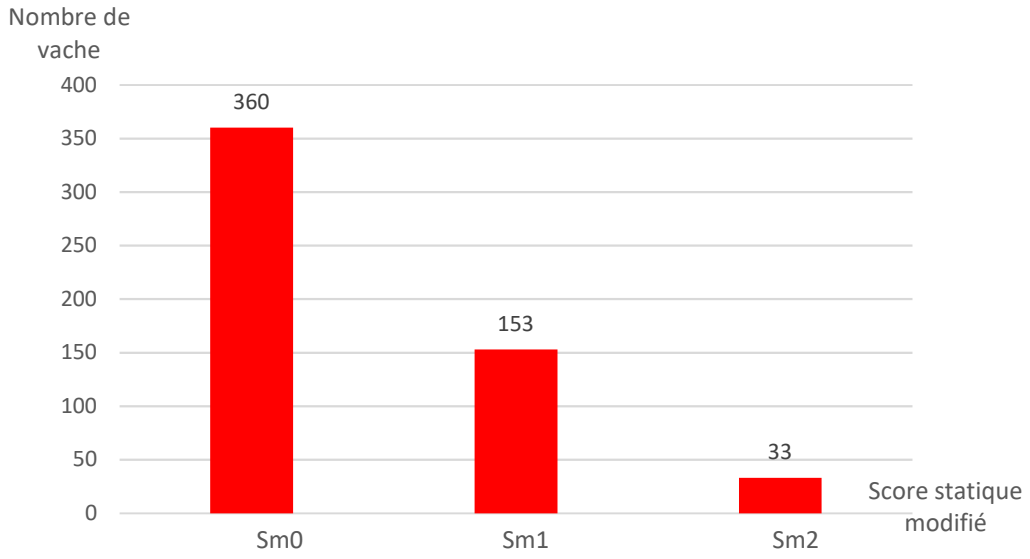


Figure 39 : Nombre de vaches observées pour chaque niveau du score statique modifié (n=513).

Le score statique modifié le plus représenté dans la population d'étude est le score Sm0 correspondant à 70,2% (360/513) des vaches observées alors que le moins observé est le score Sm2 correspondant à 6,4% (33/513) des vaches évaluées. Le scores Sm1 représente quant à lui 29,8% des évaluation.

ii. Fréquences des boiteries

Le Tableau XXIX présente la fréquence des boiteries obtenues pour chaque élevage en locomotion est en statique modifié ainsi que la fréquence globale des boiteries obtenues dans la population d'étude.

Tableau XXIX : Tableau indiquant pour chaque élevage le nombre de vaches évaluées, la fréquence des boiteries en locomotion et en statique modifié

Élevage	Nombre de vaches évaluées	Fréquence des boiteries en locomotion (%)	Fréquence des boiteries en statique modifié (%)
A	44	**40,9**	**43,2**
B	36	**33,3**	**41,6**
C	71	**18,3**	**22,5**
D	52	**30,8**	**21,1**
E	117	**23,9**	**31,6**
F	41	**65,8**	**41,5**
G	107	**16,8**	**24,3**
H	45	**42,2**	**26,6**
Total	**513**	**29,4**	**29,8***

* différence non significative entre la fréquence des boiteries en locomotion et la fréquence des boiteries en statique modifié (p=0,9087)

La fréquence des vaches boiteuses en locomotion dans la population d'étude a été de 29,4% (IC à 95% : 25,5-33,5) contre 29,8% en statique modifié (IC à 95% : 25,9-33,9).
La fréquence des boiteries en statiques modifié a été légèrement supérieure à celle observée en locomotion (p=0,9087)
Globalement sur l'échantillon la fréquence des boiteries en statique a été équivalente à celle observée en locomotion.

iii. Corrélation et force de l'association entre le score statique modifié et le score de locomotion

a) Concordance et discordance des niveaux de score

Les observations concordantes et les observations discordantes entre les niveaux du score de locomotion et les niveaux du score statique modifié sont donnés dans le Tableau XXX. D'après les définitions des scores et les seuils de définitions des boiteries choisi dans l'expérience les concordances sont rencontrées entre les scores L1 ou L2 et Sm0, L3 et Sm1 et L4 ou L5 et Sm2.

Tableau XXX : Tableau de concordance entre le score statique modifié et le score de locomotion.

Locomotion / Statique modifié	L1	L2	L3	L4	L5	Total Statique modifié
Sm0	**97**	**226**	33	4	0	360
Sm1	0	35	**78**	6	1	120
Sm2	0	4	10	**17**	**2**	33
Total Locomotion	97	265	121	27	3	**513**

En vert : les concordances pour les vaches saines ; En orange : les concordances entre les vaches modérément boiteuses ; En bleu : les concordances entre les vaches gravement boiteuses ; En gris : les discordances entre les deux scores de locomotion. En jaune et rouge : le nombre total de vaches observées.

Au total 420 concordances ont été observées entre le score de locomotion et le score statique modifié contre 93 discordances. Moins d'un cinquième des vaches (18,1%) ont donc été mal classées par le score de locomotion. Parmi les discordances, on observe un nombre équivalent de faux positifs (49) et de faux négatifs (44).
Le coefficient de corrélation de Kendall entre les deux méthodes était de 0,65 (IC à 95% : 0,60-0,69). Il y a donc une corrélation positive et forte entre les niveaux du score statique modifié et ceux du score de locomotion.

b) Combinaisons des postures et score de boiterie

Le Tableau XXXI présente le pourcentage de vaches pour chaque niveau du score en locomotion et en statique modifié selon les combinaisons de posture de la grille statique modifiée.

Tableau XXXI : Tableau de concordance détaillé, indiquant le pourcentage (%) de chaque score de locomotion pour chacune des associations de postures du score statique modifié.

Score	Dos	Qualité des aplombs	Nombre de vache	L1 (%) *(Effectif)*	L2 (%) *(Effectif)*	L3 (%) *(Effectif)*	L4 (%) *(Effectif)*	L5 (%) *(Effectif)*
Sm0	0	0	155	**37,4** *(58)*	**54,2** *(84)*	6,5 *(10)*	1,9 *(3)*	0 *(0)*
Sm0	0	1	197	**17,8** *(35)*	**71,1** *(140)*	10,6 *(21)*	0,5 *(1)*	0 *(0)*
Sm0	0	2	8	**50** *(4)*	**25** *(2)*	25 *(2)*	0 *(0)*	0 *(0)*
Sm1	1	0	22	0 *(0)*	13,7 *(3)*	**77,3** *(17)*	4,55 *(1)*	4,55 *(1)*
Sm1	1	1	98	0 *(0)*	32,7 *(32)*	**62,2** *(61)*	5,1 *(5)*	0 *(0)*
Sm2	0	3	0	0 *(0)*	0 *(0)*	0 *(0)*	**0** *(0)*	**0** *(0)*
Sm2	1	3	16	0 *(0)*	6,3 *(1)*	25 *(4)*	**56,2** *(9)*	**12,5** *(2)*
Sm2	1	2	17	0 *(0)*	17,6 *(3)*	35,3 *(6)*	**47,1** *(8)*	**0** *(0)*
Total			**513**					

En gris clair : les discordances entre le score statique modifié et le score de locomotion. En vert, orange et bleu : respectivement les concordances entre le score statique modifié et le score de locomotion pour les vaches saines, modérément boiteuses et sévèrement boiteuses. En rouge : les associations de postures ayant fréquemment entrainé le classement de faux positifs.

La combinaison de postures responsable du plus grand nombre de faux positifs est la suivante :

- Dos courbé (Dos=1) et Légère anomalie des aplombs (Aplombs=1). Cette combinaison a entrainé des faux positifs dans 32,7% des cas (32/98). Cette combinaison de postures correspond donc à 65,3% (32/49) des faux positifs totaux.

Parmi l'ensemble des combinaisons de postures observées celle qui était responsable du plus grand nombre de faux négatif est la suivante :

- Dos plat (Dos=0) et légère anomalie des aplombs (Aplombs=1). Cette combinaison a entrainé des faux négatifs dans 11,1 %(22/197) des cas. Cette combinaison de posture correspond donc à 50% (22/44) des faux négatifs.

iv. Sensibilité et spécificité du score statique modifié

La sensibilité et la spécificité du score statique dans la détection des boiteries ont été évaluées en prenant comme méthode de référence le score de locomotion. Le score statique modifié a ainsi obtenu une sensibilité de 0,75 (IC à 95% : 0,67-0,82) et une spécificité de 0,89 (IC à 95% : 0,85-0,92).

c. Comparaison des performances du score statique modifié avec celles du score statique de Bareille et Roussel (2014)

i. Fréquence des boiteries

La fréquence des boiteries obtenue avec le score statique modifié est quasiment égale à celle obtenue avec le score de locomotion contrairement au score statique de Bareille et Roussel (2014) pour lequel la fréquence des boiteries est supérieure à celle du score de locomotion (Tableau XXXII).

ii. Corrélation des scores statiques avec le score de locomotion

La corrélation du score statique modifié (0,64 (IC à 95% : 0,60-0,69)) avec le score de locomotion a été plus élevée que celle du score statique de Bareille et Roussel (0,37 (IC à 95% : 0,33-0,41)) (Tableau XXXII)

iii. Sensibilité et spécificité dans la détection des boiteries

Le score statique a présenté une meilleure sensibilité que le score statique modifié en revanche sa spécificité a été nettement inférieure (Tableau XXXII) ($p<2.2.10^{-16}$).

Tableau XXXII : Comparaison de la fréquence des boiteries, de la sensibilité, de la spécificité et du τ de Kendall obtenus avec le score statique de Bareille et Roussel (2014) et le score statique modifié.

Méthode utilisée	Fréquence des boiteries (IC à 95%)	Sensibilité (IC à 95%)	Spécificité (IC à 95%)	τ de Kendall
Score de locomotion Sprecher et al (1997)	**29,4** 25,5-33,5	**Méthode de référence**	**Méthode de référence**	**Méthode de référence**
Score statique Bareille et Roussel (2014)	**69,8** (65,6-73,7)	**0,91 *** (0,85-0,95)	**0,39 *** (0,34-0,44)	**0,37** (0,33-0,41)
Score statique modifié	**29,8** (25,9-33,9)	**0,75 *** (0,67-0,82)	**0,89 *** (0,85-0,92)	**0,64** (0,60-0,69)

*Différence significative entre la sensibilité et la spécificité du score statique et du score statique modifié ($p<2.2.10^{-16}$).

3. Sensibilité et spécificité des postures au cornadis dans la détection des boiteries

a. Fréquence des postures en fonction du score de locomotion

La Figure 40 représente le nombre de vaches présentant les modifications de postures observées au cornadis en fonction de leur score de locomotion.

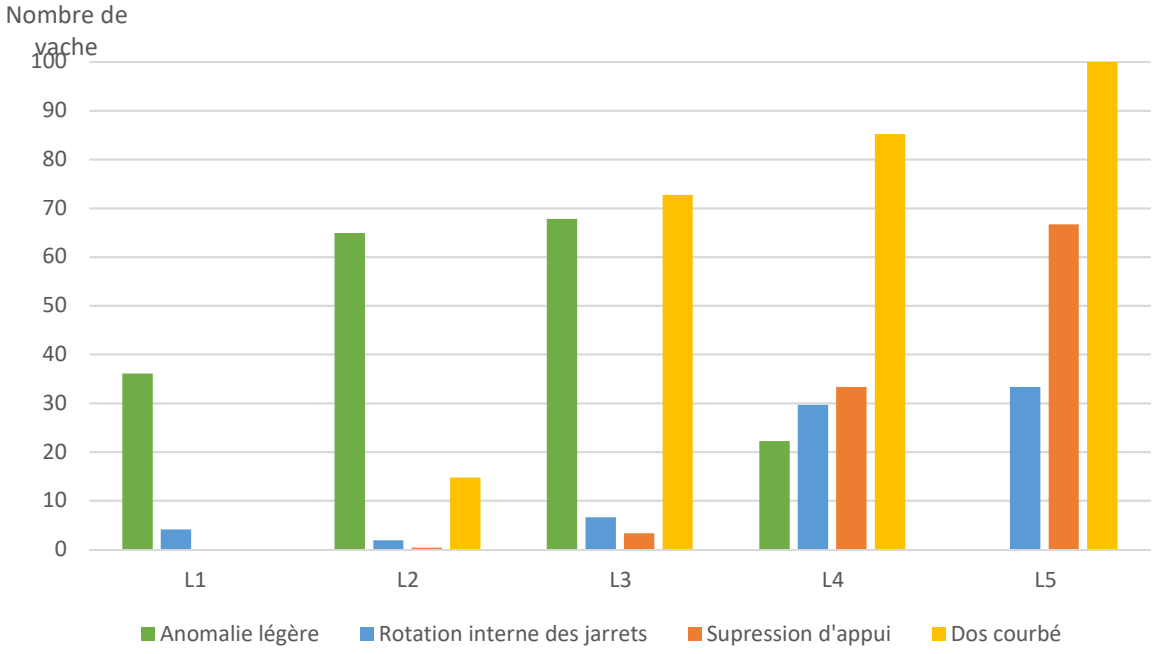


Figure 40 : représentation graphique du nombre de vaches présentant les modifications de postures suivantes : anomalie légère des aplombs (en vert), rotation interne des jarrets (en bleu), suppression d'appui (en orange) et dos courbé (en jaune) ; en fonction du score de locomotion.

Une légère anomalie des aplombs a été plus fréquemment observée sur les vaches L3 que sur les vaches L4 et L5, respectivement 67,8%, 22,2% et 0%. Une rotation interne des jarrets a été plus fréquemment observée sur les vaches L5 et L4 que sur les vaches L3, respectivement 33,3%, 29,6% et 6,6%. Comme pour la rotation interne des jarrets, La une suppression d'appui a été plus fréquemment observé sur les vaches L5 et L4 que chez les vaches L3, respectivement 66,7%, 33,3% et 3,3%. Le dos courbé a été plus fréquemment observé sur les vaches L3, L4, L5 que sur les vaches L1 et L2, respectivement 72,7%, 85,2%, 100%, 0% et 14,7%.

b. Sensibilité et spécificité des postures dans la détection des boiteries

La sensibilté et la spécificité dans la détection d'une boiterie à l'aide d'un critère de posture ont été calculées pour chaque posture en prenant le score de locomotion de Sprecher et al (1997) comme méthode de référence.

Le Tableau XXXIII présente la sensibilité, la spécificité, la valeur prédictive positive et la valeur prédictive négative de chacune des postures observées au cornadis.

Tableau XXXIII : Sensibilité, spécificité, valeur prédictive positive (VPP) et valeur prédictive négative (VPN), dans la détection des boiteries, des différentes postures observées.

Postures	Sensibilité (IC à 95%)	Spécificité (IC à 95%)	VPP (IC à 95%)	VPN (IC à 95%)
Dos voussé	**0,75** (0,68-0,82)	**0,89** (0,86-0,92)	**0,75** (0,67-0,81)	**0,90** (0,86-0,93)
Anomalie légère des aplombs	**0,58** (0,50-0,66)	**0,42** (0,38-0,48)	**0,30** (0,25-0,35)	**0,71** (0,65-0,77)
Rotation interne des jarrets	**0,11** (0,06-0,17)	**0,97** (0,95-0,99)	**0,65** (0,42-0,82)	**0,72** (0,68-0,76)
Suppression d'appui	**0,09** (0,06-0,16)	**0,99** (0,98-1)	**0,94** (0,70-0,99)	**0,72** (0,68-0,76)
Anomalie légère des aplombs OU Rotation interne des jarrets	**0,68** (0,61-0,76)	**0,40** (0,35-0,46)	**0,33** (0,27-0,38)	**0,76** (0,69-0,81)

Dans cette étude le dos courbé a été la posture la plus sensible (0,75) et la suppression d'appui la moins sensible (0,09) pour la détection des boiteries. La suppression d'appui a été la posture la plus spécifique (0,99) et l'anomalie légère des aplombs la moins spécifique (0,42).

DISCUSSION

Les objectifs de cette étude étaient dans un premier temps d'évaluer la corrélation entre le score statique de Bareille et Roussel (2014) (réalisé au cornadis) et le score de locomotion de Sprecher et al (1997) (méthode de référence de l'étude). Puis dans un second temps, de créer un nouveau score statique plus performant, en nous basant sur les résultats obtenus dans la première partie : le score statique modifié. Nous avons ainsi mis en évidence que le score statique de Bareille et Roussel (2014) surestimait la fréquence des boiteries, classait un grand nombre d'observations en faux positifs et que sa corrélation avec le score de locomotion était faible. Enfin, nous avons créé un score statique modifié dont nous avons testé les performances vis à vis du score de locomotion pour ensuite les comparer à celles du score statique de Bareille et Roussel (2014). Nous avons mis en évidence que le score statique modifié donnait une fréquence de boiterie proche de celle obtenue en locomotion, que le nombre de faux positifs était largement diminué et que sa corrélation avec le score de locomotion était meilleur comparativement au score statique de Bareille et Roussel (2014).

Pour optimiser la fiabilité des observations de boiteries, l'évaluateur s'est entrainé quotidiennement, pendant deux mois, à la notation en statique et à la notation en locomotion améliorant ainsi les chances de classer correctement une vache dans son score. Afin d'éviter un biais de suspicion, l'évaluateur s'est entrainé à la notation en locomotion dans des troupeaux différents et à des périodes différentes des entrainements à la notation en statique. De cette manière l'évaluateur n'a pas pu établir de lien entre les deux scores avant de commencer l'expérience.
La courte période entre l'évaluation de la locomotion et l'évaluation des postures de chaque vache permettait de réduire la probabilité qu'une vache boiteuse devienne saine entre ces deux évaluations. En revanche, le peu de temps entre les deux évaluations pouvait augmenter la probabilité que l'observateur se souvienne du score de locomotion au moment de la notation des postures, pouvant ainsi entrainer un biais de mémoire. Pour pallier ce problème, l'évaluateur a noté le score de locomotion et les scores statiques sur deux feuilles distinctes. Ainsi, il n'y avait pas de connaissance des scores assignés au préalable lors de la deuxième notation.

Certains facteurs ont pu modifier la notation de l'évaluateur. En effet, une cadence de traite élevée raccourcissant le temps d'évaluation réalisée en sortie de traite ont pu entrainer des erreurs de notations en locomotion. En statique, la présence d'une suppression d'appui ou d'une lésion évidente de boiterie ont pu entrainer une augmentation de la posture dos courbé chez les animaux concernés car l'évaluateur avait connaissance que d'après Sprecher et al (1997) une vache boiteuse présente un dos courbé à l'arrêt. Les conditions d'observation, variables selon l'élevage, ont pu modifier l'attribution des scores tels que le type de sol en sortie de traite, le type de cornadis (incliné ou non). La taille de l'élevage a pu aussi modifier l'attribution des scores en statique. Plus le temps de blocage au cornadis est long plus les signes de boiteries pourraient être exacerbés notamment au niveau des aplombs. En revanche, ni l'heure, ni la position basse de la tête de la vache n'ont pu influer sur l'attribution des scores. En effet, les observations ont été réalisées à la même période de la journée dans tous les élevages et sur des vaches qui ne s'alimentaient pas.

Nous avons utilisé des grilles pour évaluer les scores de boiterie. La grille de score en locomotion était à 5 niveaux celle en statique à 3 niveaux. Le score en locomotion a été notre méthode de référence. Une méthode de référence correspond au meilleur test disponible à un moment donné pour valider un diagnostic.
Ici la méthode de référence utilisée pour identifier les vaches boiteuses n'a pas été sélectionnée parce qu'elle était la plus performante, mais parce que c'était la méthode la plus utilisée en recherche scientifique (Schlageter-Tello et al. 2014).
D'autres scores de locomotion très employés auraient aussi pu être utilisés tels que celui de Flower et Weary (2006) à 9 niveaux ou le score développé dans le cadre du projet Welfare Quality® (2009) qui a l'avantage de décrire 3 niveaux de boiteries à l'instar du score statique de notre étude.
De plus, certaines combinaisons de postures n'avaient pas de score attribué par notre méthode de référence. Nous avons donc attribué certains scores *a posteriori*. Par exemple plusieurs vaches ont présenté un dos courbé à l'arrêt et un dos courbé en marche sans aucun raccourcissement de foulée ou mouvement de tête mais avec une légère anomalie de la démarche. Ces vaches qui avaient à la fois des critères de score 2 et de score 3 ont reçu un score de locomotion de 2 alors que le dos était courbé en marche. De la même manière, plusieurs vaches ont présenté un dos plat à l'arrêt et un dos courbé en marche avec un fort raccourcissement de foulée et des mouvements de tête. Ces vaches ont reçu un score de locomotion de 3 alors qu'elles avaient un dos plat en marche. En d'autres termes, nous avons considéré que le raccourcissement de foulée primait face à la courbure du dos dans la détermination du score de locomotion.
Au final, dans notre étude, l'emploi du score de locomotion à 5 niveaux de Sprecher et al (1997) comme méthode de référence peut être remis en question. Le score de locomotion repose sur l'analyse de critères subjectifs et dont l'interprétation peut varier d'un évaluateur à un autre. Nous avons comparé 3 niveaux de boiteries par rapport à 5 niveaux. Nous avons attribué à certaines combinaisons non décrites un score subjectif. Une méthode de référence utilisant des critères objectifs (par exemple : une méthode cinématique), à 3 niveaux doit être envisagée (Viazzi et al. 2013).

Dans notre étude un grand nombre de vaches ont été évaluées à la fois en statique et en locomotion (513). Le nombre de vaches observées dans les publications étudiant les méthodes d'évaluation des boiteries chez les vaches laitières varie beaucoup, pouvant aller de 98 dans l'étude de Leach et al (2009) à 1 243 pour celle de Hoffman et al (2014) en passant par 518 pour celle de Bichalo et al (2007) (Leach et al. 2009 ; Hoffman et al. 2014 ; Bicalho et al. 2007). L'évaluation des vaches dans des élevages commerciaux, dans lesquels les soins aux animaux boiteux sont une préoccupation de l'éleveur, n'a pas permis de répartir équitablement les vaches dans les 5 niveaux du score de locomotion. Les résultats perdent alors en puissance pour les scores 4 et 5 (les moins représentés respectivement 27/513 et 3/513) et sont peu interprétables ici. Néanmoins, exceptées les vaches boiteuses d'un membre antérieur (4 vaches), toutes les vaches classées boiteuses (23) ou gravement boiteuses (3) par le score de locomotion étaient boiteuses par le score statique (Tableau XXX).

La fréquence des boiteries observées via le score de locomotion dans les 8 troupeaux variait entre 16,8 et 65,8% avec une fréquence globale de 29,4%. Ces valeurs sont en accord avec celles observées dans les études présentées dans la première partie de la partie bibliographique (p23).

La corrélation entre le score statique de Bareille et Roussel (2014) et le score de locomotion de Sprecher et al (1997) a été très faible (0,37 (IC à 95% : 0,33-0,41)). Cela pourrait s'expliquer par le seuil à partir duquel une vache est considérée boiteuse dans le score statique. En effet, une vache a été considérée boiteuse à partir du moment où elle a présenté un dos courbé ou une légère anomalie des aplombs. Le seuil de définition de la boiterie a été réduit à l'observation d'un seul de ces deux critères ce qui a procuré au score statique de Bareille et Roussel une forte sensibilité ainsi qu'une faible spécificité dans la détection des boiteries (Tableau XXXII). De plus, la fréquence des boiteries a été surestimée en grande partie à cause d'une unique combinaison de postures : « Dos plat et légère anomalie des aplombs et pas de suppression d'appui ». Il y avait donc un grand nombre de vaches ayant une légère anomalie des aplombs qui n'exprimaient pas de signes de boiterie en locomotion mais qui étaient classées boiteuses par Bareille et Roussel (2014). Il est vrai que si nous avions pris comme seuil de définition de la boiterie un score de locomotion ≥ 2 au lieu ≥ 3, la concordance entre le score statique et le score de locomotion aurait pu être meilleure. Cependant, Bareille et Roussel (2014) ont défini que l'association de postures « Dos plat et Légère anomalie des aplombs et pas de suppression d'appui » correspondait à une vache modérément boiteuse or d'après Sprecher et al une vache modérément boiteuse a un score de locomotion ≥ 3, donc un dos courbé à l'arrêt. Le score statique modifié à partir de Bareille et Roussel (2014) a amélioré la corrélation avec le score de locomotion.

Nous avons modifié le score statique de Bareille et Roussel (2014) pour le faire évoluer d'un score à trois critères (dos/aplombs/appuis) à un score à deux critères (dos/aplombs) dans lequel le simple fait de présenter une légère anomalie des aplombs ne suffit plus pour considérer une vache comme étant boiteuse. Dans le score statique modifié c'est la courbure du dos qui permet de classer les vaches parmi les saines ou les boiteuses alors que dans le score statique de Bareille et Roussel (2014) c'était soit la courbure du dos soit les aplombs.
À notre connaissance, c'est la première fois que les performances d'un score statique associant les critères dos, aplombs et appuis évalués au cornadis sont étudiées. En effet, les différentes études ont soit évalué la performance d'un score statique adapté aux vaches à l'attache (Palacio et al. 2017), soit évalué des postures, prises de manière individuelle (Hoffman et al. 2014 ; Leach et al. 2009 ; Thomsen 2009 ; O'Callaghan et al. 2003), soit évalué un score défini par l'angulation des postérieurs (Bulgarelli et al. 1996).
La présence d'un dos courbé au cornadis pour détecter les vaches boiteuses a aussi été mise en évidence dans d'autres études (Hoffman et al. 2014 ; Thomsen 2009 ; Viazzi et al. 2013) avec des sensibilités et des spécificités équivalentes voire légèrement plus élevées dans le cas de notre étude (Tableau XXXIV). Par exemple, à méthode de référence équivalente et à méthode d'évaluation de la courbure du dos équivalente (mis à part l'angle d'observation), la sensibilité et la spécificité du dos courbé pour détecter une vache boiteuse étaient de respectivement 0,63 et 0,64 pour Hoffmann et al (2014) contre 0,75 et 0,89 dans notre étude.

Or comme l'indique Hoffman, l'angle d'évaluation de la courbure du dos est important dans l'appréciation de cette dernière. Dans notre étude, la courbure du dos au cornadis était appréciée avec un angle de ≤ 70° alors que dans l'étude d'Hoffman et al (2014), l'angle d'observation était de ≤ 45° et que dans l'étude de Thomsen et al (2009), l'angle d'évaluation était de 90°. Cette différence d'angle d'observation pourrait être en partie responsable des différences de sensibilité et de spécificité rencontrées dans le Tableau XXXIV (Hoffman et al. 2014).

Tableau XXXIV : Comparaison de la sensibilité et la spécificité, dans la détection des boiteries, de la posture dos courbé à celles décrites dans la littérature.

Études	Se(%) (IC à 95%)	Sp(%) (IC à 95%)	Détection des boiteries	Évaluation du dos
Nos résultats	**0,75** (0,68-0,82)	**0,89** (0,86-0,92)	SNM : Score≥3 Specher et al (1997)	Observation en statique au cornadis
Hoffman et al (2014)	**0,63** (0,57-0,68)	**0,64** (0,61-0,67)	SNM : Score≥3 Specher et al (1997)	Observation en statique au cornadis
Viazzi et al (2013)	**0,75** (0,65-0,84)	**0,90** (0,75-0,92)	SNM : Score≥3 Flower et al (2006)	Évaluation automatique de l'angle de la courbure du dos en sortie de salle de traite
Thomsen (2009)	**0,50** (0,41-0,59)	**0,86** (0,82-0,90)	SNM : Score≥3 Thomsen et al (2008)	Observation en statique au cornadis

Néanmoins, notre score statique modifié a engendré des observations discordantes de boiteries (faux négatifs et faux positifs). Notamment, les vaches vues très boiteuses en locomotion et pas ou peu boiteuses en statique ont pu être expliquées par une boiterie d'un membre antérieur. En effet, l'évaluateur a noté pour quelques vaches L4 et L5 la localisation de la boiterie (antérieurs ou postérieurs). Il s'est avéré que toutes les vaches (4/513) ayant eu un score de locomotion de 4 et ayant présenté en statique les combinaisons de postures suivantes : « Dos plat et Aplombs Normaux et Pas de suppression d'appui » =S0 et « Dos plat et Légère anomalie des aplombs et Pas de suppression d'appui » = S1; étaient boiteuses d'un antérieur. La prise en compte de la qualité des appuis des antérieurs aurait permis au score statique d'améliorer sa sensibilité.

Le défaut de classement des trente-trois vaches vues modérément boiteuses en locomotion (L3) et non boiteuses en statique modifié (Sm0) a pu être expliqué par le fait que certaines vaches classées en L3 par l'observateur ne présentaient pas de dos courbé à l'arrêt malgré la présence d'un fort raccourcissement de la foulée (cf p101). Le critère dos courbé dans le score statique modifié a manqué de sensibilité. (ie il a augmenté les faux négatifs).

Le défaut de classement de trente-cinq vaches vues faiblement boiteuses en locomotion (L2) et modérément boiteuses en statique modifié (Sm1) a pu être expliqué par le fait que les vaches L2 présentent, par définition, un dos courbé à l'arrêt tout comme les vaches Sm1. Cependant la plupart des vaches L2 (222/265) se retrouvent au cornadis avec un dos plat. L'observation d'un dos courbé comme seuil de définition de la boiterie du score statique modifié manque donc aussi de spécificité pour grader les boiteries.

Enfin, le défaut de classement de dix vaches modérément boiteuses en locomotion (L3) et sévèrement boiteuses en statique (Sm2) a pu être expliqué pour six d'entre-elles par le fait qu'il est difficile, sur le terrain, d'établir la limite entre chaque modification des aplombs.

En effet, la légère anomalie des aplombs correspond au stade précoce de la rotation interne des jarrets. Dans les études s'intéressant aux scores statiques, la dichotomie entre ces deux postures n'est pas réalisée.

Seul Bulgarelli-Jiménez et al (1996) ont échelonné les anomalies des aplombs de manière objective en utilisant des intervalles d'angulation (Bulgarelli-Jiménez et al. 1996). Cependant, sur le terrain, il est difficile de déterminer de manière précise l'angulation des postérieurs. De la même manière, il est difficile de définir les limites entre aplombs normaux/anomalie légère des aplombs et entre anomalie légère des aplombs/rotation interne des jarrets. De ce fait, dans notre étude, lorsqu'un doute subsistait entre deux postures, lors de l'évaluation des aplombs, la vache se voyait assigner la posture la plus modifiée des deux.

Le défaut de classement des quatre dernières vaches parmi le lot des dix faux positifs a pu être expliqué par le fait que des vaches présentant une suppression ou un soulagement de l'appui au cornadis peuvent être vues modérément boiteuses en locomotion. En effet, le soulagement de l'appui à l'arrêt est très spécifique de la boiterie mais n'est pas spécifique du niveau de la boiterie. La suppression d'appui à l'arrêt chez les vaches boiteuses a été la posture la plus spécifique de l'étude. La sensibilité et la spécificité de cette posture ont été comparables à celles mises en évidence dans l'étude de Hoffman et al (2014) (Hoffman et al. 2014) (respectivement 0,09 *versus* 0,05 ; 0,99 *versus* 0,98).

Cette étude a montré que le score statique de Bareille et Roussel (2014) surestimait la fréquence des boiteries par rapport à l'évaluation des boiteries par Sprecher et al (1997). Cependant, à partir des mêmes modifications de postures que celles décrites par Bareille et Roussel (2014), mais en modifiant leur combinaison, nous avons pu construire une nouvelle grille d'évaluation des boiteries en statique qui est mieux corrélée au score de locomotion de Sprecher et al (1997) choisi comme référence.
L'application sur le terrain de l'évaluation des boiteries par l'utilisation du score statique modifié peut être envisagée. En effet, il est peu coûteux, ne demande pas de matériel supplémentaire et son utilisation est rapide. Il permet à la fois de déterminer la fréquence des boiteries dans les élevages et de distinguer les vaches modérément boiteuses des vaches gravement boiteuses. Il pourrait par exemple être utilisé au cours d'un suivi de reproduction mensuel et permettrait de suivre l'évolution des boiteries au sein des élevages ou de sélectionner les vaches à parer en priorité.
Néanmoins, cette grille n'a pas été validée. Des études supplémentaires seraient nécessaires afin d'évaluer la répétabilité et la reproductibilité de cette méthode. En attendant, afin de limiter un éventuel manque de répétabilité, un entrainement à l'évaluation des postures au cornadis serait bénéfique.

CONCLUSION

L'objectif de cette étude était dans un premier temps d'évaluer la corrélation entre le score statique d'évaluation des boiteries de Bareille et Roussel (2014) et le score de locomotion de Sprecher et al (1997) (méthode de référence de l'étude), puis dans un second temps, de créer un score statique plus performant pour la détection des boiteries et ayant une meilleure corrélation avec le score de locomotion.

À partir de nos 1026 observations réalisées sur 513 vaches laitières de race Prim'Holstein appartenant à 7 élevages différents, nous avons mis en évidence que le score statique de Bareille et Roussel (2014) surestimait la fréquence des boiteries (69,8% contre 29,4% en locomotion), qu'il avait une bonne sensibilité (0,91) mais manquait de spécificité (0,39), qu'il entrainait le classement d'un grand nombre de faux positifs (232) et que la corrélation avec le score de locomotion était faible (Kendall τ=0,37 (0,35-0,41)). Une seule combinaison de postures (dos plat + anomalie légère des aplombs + pas de suppression d'appui) était responsable de 75,4% des faux positifs.

À partir de ces résultats, nous avons défini un score statique modifié qui se base uniquement sur la courbure du dos pour distinguer les vaches saines des vaches boiteuses et qui y associe la qualité des aplombs pour différencier les niveaux de boiteries. De la même manière que pour le score statique de Bareille et Roussel (2014), nous avons comparé ce score statique modifié avec le score de Sprecher et al (1997). Nous avons pu mettre en évidence que ce score statique modifié avait une estimation de la fréquence des boiteries très proche de celle obtenue avec le score de locomotion (29,8% contre 29,4% en locomotion), avait une sensibilité plus faible (0,75) mais une spécificité plus élevée (0,89) que celles obtenues pour le score statique de Bareille et Roussel (2014) et que la corrélation avec le score de locomotion était meilleure (Kendall τ=0,64 (0,60-0,69)).

L'intérêt du score statique et du score statique modifié est qu'ils sont peu coûteux, ne nécessitent pas de matériel et sont faciles et rapides à utiliser en élevage pour le vétérinaire. Plus particulièrement, le score statique modifié permettrait au praticien d'évaluer de manière rapide et efficace la fréquence des boiteries au sein d'un élevage et de sélectionner les vaches à parer en priorité lors de suivi de reproduction ou de toute autre intervention sur le troupeau.

En raison de l'absence d'information sur la répétabilité et la reproductibilité du score statique modifié, une étude de validation est nécessaire.

BIBLIOGRAPHIE

ALBAN L, LAWSON L.G, and AGGER J.F. (1995). *Foul in the Foot (Interdigital Necrobacillosis) in Danish Dairy Cows — Frequency and Possible Risk Factors.* Preventive Veterinary Medicine 24 (2): 73–82.
Disponible sur : https://doi.org/10.1016/0167-5877(95)00473-A.

ALSAAOD M, RÖMER C, KLEINMANNS J, HENDRIKSEN K, ROSE-MEIERHÖFER S, PLÜMER L, and BÜSCHER W. (2012). *Electronic Detection of Lameness in Dairy Cows through Measuring Pedometric Activity and Lying Behavior.* Applied Animal Behaviour Science 142 (3): 134–41.
Disponible sur : https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.10.001.

BAREILLE N, and ROUSSEL P. (2014). *Guide d'intervention Pour La Maîtrise Des Boiteries*. Disponible sur :
http://www.angersnantes.inra.fr/var/angers_nantes/storage/htmlarea/BioEpAR/UMT/guide%20CASDAR%20boiterie.pdf.

BARKEMA H.W, WESTRIK J.D, VAN KEULEN K.A.S, SCHUKKEN Y.H, and BRAND A (1994). *The Effects of Lameness on Reproductive Performance, Milk Production and Culling in Dutch Dairy Farms*. Preventive Veterinary Medicine 20 (4): 249–59.
Disponible sur : https://doi.org/10.1016/0167-5877(94)90058-2.

BICALHO R.C, CHEONG S.H, CRAMER G, and GUARD C. L. (2007). *Association Between a Visual and an Automated Locomotion Score in Lactating Holstein Cows.* Journal of Dairy Science 90 (7): 3294–3300.
Disponible sur : https://doi.org/10.3168/jds.2007-0076.

BICALHO R.C, VOKEY F, ERB H.N, and GUARD C.L. (2007). *Visual Locomotion Scoring in the First Seventy Days in Milk: Impact on Pregnancy and Survival*. Journal of Dairy Science 90 (10): 4586–91.
Disponible sur : https://doi.org/10.3168/jds.2007-0297.

BICALHO, CARVALHO R, and OIKONOMOU G. (2013). *Control and Prevention of Lameness Associated with Claw Lesions in Dairy Cows*. Livestock Science 156 (1): 96–105.
Disponible sur : https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.06.007.

BLACKIE N, BLEACH E.C.L, AMORY J.R, and SCAIFE J.R. (2013). *Associations between Locomotion Score and Kinematic Measures in Dairy Cows with Varying Hoof Lesion Types*. Journal of Dairy Science 96 (6): 3564–72.
Disponible sur : https://doi.org/10.3168/jds.2012-5597.

BLOWEY, ROGER. (2005). *Factors Associated with Lameness in Dairy Cattle*. In Practice 27 (3): 154–62.
Disponible sur : https://doi.org/10.1136/inpract.27.3.154.

BOBBERT, MAARTEN F, CONSTANZA B, GÓMEZ, ALVAREZ, RENÉ P, VAN WEEREN, ROEPSTORFF L, and WEISHAUPT M.A. (2007). *Validation of Vertical Ground Reaction Forces on Individual Limbs Calculated from Kinematics of Horse Locomotion*. The Journal of Experimental Biology 210 (Pt 11): 1885–96.
Disponible sur : https://doi.org/10.1242/jeb.02774.

BORDERAS T.F, FOURNIER A, RUSHEN J, and DE PASSILLÉ A.M.B. (2008). *Effect of Lameness on Dairy Cows' Visits to Automatic Milking Systems.* Canadian Journal of Animal Science 88 (1): 1–8.
Disponible sur : https://doi.org/10.4141/CJAS07014.

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 (7): 2085–93.
Disponible sur : https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70026-0.

BOSQUET M, FLAMENT B, and LENSINK J. (2012). *Comparaison de Deux Systèmes de bâtiments d'élevage Bovin Laitier Avec Logettes : Aires d'exercice Bétonnées Raclées et Aire d'exercice Sur Caillebotis Intégral*. (2012).

BOURAOUI R, JEMMALI B, M'HAMDI N, BEN MEHREZ C, and REKIK B. (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.
Disponible sur : http://www.jnsciences.org/agri-biotech/17-volume-9/35-etude-de-l-incidence-des-boiteries-et-de-leurs-impacts-sur-la-production-laitiere-des-vaches-laitieres-dans-le-subhumide-tunisien.html.

BULGARELLI-JIMÉNEZ G, DERCKS K, VAN AMERONGEN J, SCHUKKEN Y, and NIELEN M. (1996). *A Hind Feet Position Scoring-System to Monitor Subclinical Lameness in Dutch Holstein-Friesian Cows*. The 9th International Symposium on Disorders of Ruminants Digit and The International Conference on Lameness in Cattle, April 1996.

CAPION N, THAMSBORG S.M, and ENEVOLDSEN C. (2008). *Conformation of Hind Legs and Lameness in Danish Holstein Heifers*. Journal of Dairy Science 91 (5): 2089–97.
Disponible sur : https://doi.org/10.3168/jds.2006-457.

CEBALLOS A, SANDERSON D, RUSHEN J, and WEARY D.M. (2004). *Improving Stall Design: Use of 3-D Kinematics to Measure Space Use by Dairy Cows When Lying Down.* Journal of Dairy Science 87 (7): 2042–50.
Disponible sur : https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70022-3.

CLACKSON D.A, and WARD R.W. (1991). *Farm Tracks, Stockman's Herding and Lameness in Dairy Cattle.* Veterinary Record 129 (23): 511–12.
Disponible sur : https://doi.org/10.1136/vr.129.23.511.

CLARKSON M.J, DOWNHAM D.Y, FAULL W.B, HUGHES J.W, MANSON F.J, MERRITT J.B, MURRAY R.D, RUSSELL W.B, SUTHERST J.E, and WARD W.R. (1996). *Incidence and Prevalence of Lameness in Dairy Cattle.* The Veterinary Record 138 (23): 563–67.

COLLICK D.W, WARD W.R, and DOBSON H. (1989). *Associations between Types of Lameness and Fertility*. The Veterinary Record 125 (5): 103–6.

DELACROIX M. (2008). *Les Maladies de L'appareil Locomoteur.* Maladies Des Bovins, 4ème édition. France Agricole.

DEMING J.A, BERGERON R, LESLIE K.E, and DEVRIES T.J. (2013). *Associations of Cow-Level Factors, Frequency of Feed Delivery, and Standing and Lying Behaviour of Dairy Cows Milked in an Automatic System.* Canadian Journal of Animal Science 93 (4): 427–33. Disponible sur : https://doi.org/10.4141/cjas2013-055.

DESROCHERS A. (2005). *Pieds et Membres : Cause et Nature Des Maladies Des Onglons Chez Les Bovins.* Symposium Sur Les Bovins Laitiers : De Bons Pieds Vers l'avenir, 2005.

DEVRIES T.J, DEMING JA, RODENBURG J, SEGUIN G, LESLIE K.E, and H. W. BARKEMA. (2011). *Association of Standing and Lying Behavior Patterns and Incidence of Intramammary Infection in Dairy Cows Milked with an Automatic Milking System*. Journal of Dairy Science 94 (8): 3845–55.
Disponible sur : https://doi.org/10.3168/jds.2010-4032.

DÖPFER D, BERGSTEN C, CRAMER G, NIELSEN P, EGGER-DANNER C, FIEDLER A, FJELDAAS T, and al. (2015). *Atlas ICAR Santé Des Onglons première édition*.
Disponible sur : http://www.icar.org/Documents/ICAR_Claw_Health_Atlas.pdf

ENTING H, KOOIJ D, DIJKHUIZEN A.A, HUIRNE R.B.M, and NOORDHUIZEN-STASSEN E.N. (1997). *Economic Losses Due to Clinical Lameness in Dairy Cattle.* Livestock Production Science 49 (3): 259–67.
Disponible sur : https://doi.org/10.1016/S0301-6226(97)00051-1.

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 (8): 3052–58.
Disponible sur : https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72579-6.

ESSLEMONT R.J, and KOSSAIBATI M.A. (1997). *Culling in 50 Dairy Herds in England*. Veterinary Record 140 (2): 36–39.
Disponible sur : https://doi.org/10.1136/vr.140.2.36.

FAYE, B, and BARNOUIN J. (1988). *Les Boiteries Chez La Vache Laitière*. INRA Productions Animales, 1 (4), pp. 227-234. <hal-00895836>.

FLOWER F.C, SANDERSON D.J, and WEARY D.M. (2005). *Hoof Pathologies Influence Kinematic Measures of Dairy Cow Gait*. Journal of Dairy Science 88 (9): 3166–73.
Disponible sur : https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73000-9.

FLOWER F.C, SEDLBAUER M, CARTER E, VON KEYSERLINGK M.A.G, SANDERSON D.J, and WEARY D.M. (2008). *Analgesics Improve the Gait of Lame Dairy Cattle*. Journal of Dairy Science 91 (8): 3010–14.
Disponible sur : https://doi.org/10.3168/jds.2007-0968.

FLOWER F.C, and WEARY D.M. (2006). *Effect of Hoof Pathologies on Subjective Assessments of Dairy Cow Gait*. Journal of Dairy Science 89 (1): 139–46.
Disponible sur : https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72077-X.

FLOWER F.C, and WEARY D.M. (2009). *Gait Assessment in Dairy Cattle*. Animal: An International Journal of Animal Bioscience 3 (1): 87–95.
Disponible sur : https://doi.org/10.1017/S1751731108003194.

FRANKENA K, SOMERS J.G.C.G, SCHOUTEN W.G.P, VAN STEK J.V, METZ J.H.M, STASSEN E.N, and GRAAT E.A.M. (2009). *The Effect of Digital Lesions and Floor Type on Locomotion Score in Dutch Dairy Cows.* Preventive Veterinary Medicine 88 (2): 150–57.
Disponible sur : https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2008.08.004.

GALINDO, FRANCISCO, AND BROOM D.M. (2002). *The Effects of Lameness on Social and Individual Behavior of Dairy Cows.* Journal of Applied Animal Welfare Science 5 (3): 193–201.
Disponible sur : https://doi.org/10.1207/S15327604JAWS0503_03.

GOLDHAWK C, CHAPINAL N, VEIRA D.M, WEARY D.M, and VON KEYSERLINGK M.A.G. (2009). *Prepartum Feeding Behavior Is an Early Indicator of Subclinical Ketosis.* Journal of Dairy Science 92 (10): 4971–77.
Disponible sur : https://doi.org/10.3168/jds.2009-2242.

GOMEZ A, and COOK N.B. (2010). *Time Budgets of Lactating Dairy Cattle in Commercial Freestall Herds.* Journal of Dairy Science 93 (12): 5772–81.
Disponible sur : https://doi.org/10.3168/jds.2010-3436.

GRANT RJ (2011). Where Does The Time Go ? *Current Concepts in Time Budgeting for Dairy Cattle.* Wiliam H.Miner Agricultural Research Institute.

GRANT R.J and ALBRIGHT J.L. (2000). Chapter 17 : *Feeding Behaviour. In Farm Animal* Metabolism and Nutrition. CABI.

GREEN L.E, HEDGES V.J, SCHUKKEN Y.H, BLOWEY R.W, and PACKINGTON A.J. (2002). *The Impact of Clinical Lameness on the Milk Yield of Dairy Cows*. Journal of Dairy Science 85 (9): 2250–56.
Disponible sur : https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74304-X.

GREENOUGH P.R (2017). *Risk Factors Involved in Herd Lameness of Cattle*. Musculoskeletal System.Merck Veterinary Manual. 2017.
Disponible sur : http://www.merckvetmanual.com/musculoskeletal-system/lameness-in-cattle/risk-factors-involved-in-herd-lameness-of-cattle.

GREENOUGH P.R, and WEAVER A.D. (1997). Lameness in Cattle. 3rd Ed.

GRENNOUGH, PAUL R. (2002). Système Musculosquelettique : BOITERIE CHEZ LES BOVINS. *LE MANUEL VÉTÉRINAIRE MERCK*, 2ème édition.

HEDGES J, BLOWEY R.W, PACKINGTON A.J, O'CALLAGHAN C.J, and GREEN L.E. (2001). *A Longitudinal Field Trial of the Effect of Biotin on Lameness in Dairy Cows*. Journal of Dairy Science 84 (9): 1969–75.
Disponible sur : https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74639-5.

HERNANDEZ J, SHEARER J.K, andWEBB D.W. (2001). *Effect of Lameness on the Calving-to-Conception Interval in Dairy Cows.* Journal of the American Veterinary Medical Association 218 (10): 1611–14.

HERNANDEZ J, SHEARER J.K, and WEBB D.W. (2002). *Effect of Lameness on Milk Yield in Dairy Cows.* Journal of the American Veterinary Medical Association 220 (5): 640–44.
Disponible sur : https://doi.org/10.2460/javma.2002.220.640.

HOFFMAN A.C, MOORE D.A, VANEGAS J, and WENZ J.R. (2014). *Association of Abnormal Hind-Limb Postures and Back Arch with Gait Abnormality in Dairy Cattle*. Journal of Dairy Science 97 (4): 2178–85.
Disponible sur : https://doi.org/10.3168/jds.2013-7528.

HOLZHAUER, MENNO, MIDDELESCH H, BARTELS C, FRANKENA K, VERHOEFF J, NOORDHUIZEN-STASSEN E.N, and NOORDHUIZEN J. (2005). *Assessing the Repeatability and Reproducibility of the Leg Score: A Dutch Claw Health Scoring System for Dairy Cattle.* Tijdschrift Voor Diergeneeskunde 130 (July): 440–43.

ITO K, VON KEYSERLINGK M.A.G, LEBLANC S.J, and WEARY D.M. (2010). *Lying Behavior as an Indicator of Lameness in Dairy Cows.* Journal of Dairy Science 93 (8): 3553–60.
Disponible sur : https://doi.org/10.3168/jds.2009-2951.

KAZDIN, ALAN E. (1977). *Artifact, Bias, and Complexity of Assessment: The ABCs of Reliability.* Journal of Applied Behavior Analysis 10 (1): 141–50.
Disponible sur : https://doi.org/10.1901/jaba.1977.10-141.

KING M.T.M, LEBLANC S.J, PAJOR E.A, and DEVRIES T.J. (2017). *Cow-Level Associations of Lameness, Behavior, and Milk Yield of Cows Milked in Automated Systems.* Journal of Dairy Science 100 (6): 4818–28.
Disponible sur : https://doi.org/10.3168/jds.2016-12281.

KOSSAIBATI M.A, and ESSLEMONT R.J. (1997). *The Costs of Production Diseases in Dairy Herds in England.* Veterinary Journal (London, England: 1997) 154 (1): 41–51.

LEACH K.A, DIPPEL S, HUBER J, MARCH S, WINCKLER C, and WHAY H.R. (2009). Assessing Lameness in Cows Kept in Tie-Stalls. *Journal of Dairy Science* 92 (4): 1567–74.
Disponible sur : https://doi.org/10.3168/jds.2008-1648.

LENSINK J, and LERUSTE H. (2006). *L'Observation du troupeau bovin. Voir, interpréter, agir*. France Agricole.
Disponible sur :
https://www.decitre.fr/livres/l-observation-du-troupeau-bovin-9782855571287.html.

MAERTENS W, VANGEYTE J, BAERT J, JANTUAN A, MERTENS K.C, DE CAMPENEERE S, PLUK A, OPSOMER G, VAN WEYENBERG S, and VAN NUFFEL A. (2011). *Development of a Real Time Cow Gait Tracking and Analysing Tool to Assess Lameness Using a Pressure Sensitive Walkway: The GAITWISE System*. Biosystems Engineering 110 (1): 29–39.
Disponible sur : https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2011.06.003.

MATHEVET G. (2014). *Etude de La Reproductibilité de La Méthode d'évaluation Du Bien-Être Animal WELFARE QUALITY En Élevage Bovin Laitier*. Thèse de doctorat vétérinaire. Lyon : Université Claude Bernard Lyon 1. 102 p.

MELENDEZ P, BARTOLOME J, ARCHBALD L.F, and DONOVAN A. (2003). *The Association between Lameness, Ovarian Cysts and Fertility in Lactating Dairy Cows.* Theriogenology 59 (3–4): 927–37.

MIGUEL-PACHECO, GIULIANA G., JASMEET KALER, JOHN REMNANT, LYDIA CHEYNE, CAROLINE ABBOTT, ANDREW P. FRENCH, TONY P. PRIDMORE, AND JONATHAN N. HUXLEY. (2014). Behavioural Changes in Dairy Cows with Lameness in an Automatic Milking System. Applied Animal Behaviour Science 150 (January): 1–8.
Disponible sur : https://doi.org/10.1016/j.applanim.2013.11.003.

MOL, DE R.M, ANDRÉ G, BLEUMER E.J.B, VAN DER WERF J.T.N, DE HAAS Y, and VAN REENEN C.G. (2013). *Applicability of Day-to-Day Variation in Behavior for the Automated Detection of Lameness in Dairy Cows*. Journal of Dairy Science 96 (6): 3703–12.
Disponible sur : https://doi.org/10.3168/jds.2012-6305.

MORRIS M.J, WALKER S.L, JONES D.N, ROUTLY J.E, SMITH R.F, and DOBSON H. (2009). *Influence of Somatic Cell Count, Body Condition and Lameness on Follicular Growth and Ovulation in Dairy Cows.* Theriogenology 71 (5): 801–6.
Disponible sur : https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.10.001.

NOCEK J.E. (1997). *Bovine Acidosis: Implications on Laminitis.* Journal of Dairy Science 80 (5): 1005–28.
Disponible sur : https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76026-0.

O'CALLAGHAN K.A, CRIPPS P.J, DOWNHAM D.Y, and MURRAY R.D. (2003). *Subjective and Objective Assessment of Pain and Discomfort Due to Lameness in Dairy Cattle*. Animal Welfare 12 (4): 605–10.

ONYIRO O.M, and BROTHERSTONE S. (2008). *Genetic Analysis of Locomotion and Associated Conformation Traits of Holstein-Friesian Dairy Cows Managed in Different Housing Systems.* Journal of Dairy Science 91 (1): 322–28.
Disponible sur : https://doi.org/10.3168/jds.2007-0514.

RAJKONDAWAR P.G, LEFCOURT A.M, NEERCHAL N.K, DYER R.M, VARNER M.A, EREZ B, and TASCH U. (2002). *The development of an objective lameness scoring system for dairy herds: pilot study.* Transactions of the ASAE 45 (4).
Disponible sur : https://doi.org/10.13031/2013.9941.

PALACIO S, PEIGNIER L, PACHOUD C, NASH C, ADAM S, BERGERON R, PELLERIN D, ET AL. (2017). *Technical Note: Assessing Lameness in Tie-Stalls Using Live Stall Lameness Scoring.* Journal of Dairy Science 100 (8): 6577–82.
Disponible sur : https://doi.org/10.3168/jds.2016-12171.

PASTELL M, KUJALA M, AISLA A.M, HAUTALA M, POIKALAINEN V, PRAKS J, VEERMÄE I, and AHOKAS J. (2008). *Detecting Cow's Lameness Using Force Sensors*. Computers and Electronics in Agriculture, Smart Sensors in precision livestock farming, 64 (1): 34–38.
Disponible sur: https://doi.org/10.1016/j.compag.2008.05.007.

PASTELL M, TIUSANEN J, HAKOJÄRVI M, and HÄNNINEN L. (2009). *A Wireless Accelerometer System with Wavelet Analysis for Assessing Lameness in Cattle.* Biosystems Engineering 104 (4): 545–51.
Disponible sur : https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2009.09.007.

RANDHAWA S.S, DUA K, DHALIWAL P.S, UPPAL S.K, andSINGH S.T. (2008). *Effect of Formalin Footbathing on the Prevalence of Foot Lesions and Conformational Indices in Dairy Cattle.* The Veterinary Record 163 (11): 335–37.

R CORE TEAM (2014). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
Disponible sur : http://www.R-project.org/.

RUSHEN J, POMBOURCQ E, and DE PASSILLE A.M. (2007). *Validation of Two Measures of Lameness in Dairy Cows*. Applied Animal Behaviour Science 106 (1): 173–77.
Disponible sur : https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.07.001.

SADIQ M.B, RAMANOON S.Z, MANSOR R, SYED-HUSSAIN S.S, and SHAIK MOSSADEQ W.M. (2017). *Prevalence of Lameness, Claw Lesions, and Associated Risk Factors in Dairy Farms in Selangor, Malaysia*. Tropical Animal Health and Production 49 (8): 1741–48.
Disponible sur : https://doi.org/10.1007/s11250-017-1387-4.

SCHLAGETER-TELLO A, BOKKERS E.A.M, GROOT KOERKAMP P.W.G, VAN HERTEM T, VIAZZI S, ROMANINI C.E.B, HALACHMI I, BAHR C, BERCKMANS D, and LOKHORST K. (2014). *Manual and Automatic Locomotion Scoring Systems in Dairy Cows: A Review.* Preventive Veterinary Medicine 116 (1–2): 12–25.
Disponible sur : https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2014.06.006.

SCNEIDER G, CHICKEN E, BECVARIK R. (2015). *NSM3 : Functions and Datasets to Accompany Hollander, Wolfe, and Chicken* – Nonparametric Statistical Methods, Third Edition. R package version 1.3.
Disponible sur : http://CRAN.R-project.org/package=NSM3

SPRECHER D.J, HOSTETLER D.E, and KANEENE J.B. (1997). *A Lameness Scoring System That Uses Posture and Gait to Predict Dairy Cattle Reproductive Performance*. Theriogenology 47 (6): 1179–87.

THOMSEN P.T. (2009). *Rapid Screening Method for Lameness in Dairy Cows*. Veterinary Record 164 (22): 689–90.
Disponible sur : https://doi.org/10.1136/vr.164.22.689.

THORUP V.M, NIELSEN B.L, ROBERT P.E, GIGER-REVERDIN S, KONKA J, MICHIE C, and FRIGGENS N.C. (2016). *Lameness Affects Cow Feeding But Not Rumination Behavior as Characterized from Sensor Data.* Frontiers in Veterinary Science 3 (May).
Disponible sur : https://doi.org/10.3389/fvets.2016.00037.

TOUSSAINT-RAVEN E. (1985). *Cattle Footcare and Claw Trimming*. Farming Presse Ltd.

VAN DE GUCHT T, SAEYS W, VAN NUFFEL A, PLUYM L, PICCART K, LAUWERS L, VANGEYTE J, and VAN WEYENBERG S. (2017). *Farmers' Preferences for Automatic Lameness-Detection Systems in Dairy Cattle.* Journal of Dairy Science 100 (7): 5746–57.
Disponible sur : https://doi.org/10.3168/jds.2016-12285.

VAN NUFFEL A, ZWERTVAEGHER I, VAN WEYENBERGS, PASTELL M, THORUP V.M, BAHR C, SONCK B, and SAEYS W. (2015). *Lameness Detection in Dairy Cows: Part 2. Use of Sensors to Automatically Register Changes in Locomotion or Behavior.* Animals : An Open Access Journal from MDPI 5 (3): 861–85.
Disponible sur : https://doi.org/10.3390/ani5030388.

VIAZZI S, BAHR C, SCHLAGETER-TELLO A, VAN HERTEM T, ROMANINI C.E.B, PLUK A, HALACHMI I, LOKHORST C, and D. BERCKMANS D. (2013). *Analysis of Individual Classification of Lameness Using Automatic Measurement of Back Posture in Dairy Cattle.* Journal of Dairy Science 96 (1): 257–66.
Disponible sur : https://doi.org/10.3168/jds.2012-5806.

WEBER A, STAMER E, JUNGE W, and THALLER G. (2013). *Genetic Parameters for Lameness and Claw and Leg Diseases in Dairy Cows*. Journal of Dairy Science 96 (5): 3310–18.
Disponible sur : https://doi.org/10.3168/jds.2012-6261.

WELFARE QUALITY®. (2010). *Assessment Protocol for Cattle*. Welfare Quality® Consortium : Leystad, The Netherlands.

WHAY H.R. (2002). *Locomotion Scoring and Lameness Detection in Dairy Cattle*. In Practice 24 (8): 444–49.
Disponible sur : https://doi.org/10.1136/inpract.24.8.444.

WHAY H.R. (1998). *The Perception and Relief of Pain Associated with Lameness in Dairy Cattle.* Ph.D., University of Bristol.
Disponible sur : http://ethos.bl.uk/OrderDetails.do?uin=uk.bl.ethos.266992.

WHAY H.R, andSHEARER J.K. (2017). *The Impact of Lameness on Welfare of the Dairy Cow.* Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, Lameness in Cattle, 33 (2): 153–64.
Disponible sur : https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2017.02.008.

WINCKLER C, and WILLEN S. (2001). *The Reliability and Repeatability of a Lameness Scoring System for Use as an Indicator of Welfare in Dairy Cattle*. Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science 51 (sup030): 103–7.
Disponible sur : https://doi.org/10.1080/090647001316923162.

ZAHID, UMAR NAZIR, SWARAN SINGH RANDHAWA, SYED ASHAQ HUSSAIN, SARNARINDER SINGH RANDHAWA, VISHAL MAHAJAN, AND KIRTI DUA. (2014). *Claw Lesions Causing Clinical Lameness in Lactating Holstein Frisian Crossbred Cows. Research article.* Veterinary Medicine International.
Disponible sur : https://doi.org/10.1155/2014/764689.

ZURBRIGG K, KELTON D, ANDERSON N, and MILLMAN S. (2005). *Tie-Stall Design and Its Relationship to Lameness, Injury, and Cleanliness on 317 Ontario Dairy Farms*. Journal of Dairy Science 88 (9): 3201–10.
Disponible sur : https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73003-4.

ANNEXES

ANNEXE 1 :

Annexe 1 : Grille d'évaluation des lésions podales d'après (Bareille and Roussel 2014)

	Note 1	Note 2	Note 3
Abcès de la sole	NA	Étendue limitée	Lésion affectant toute la sole et/ou atteintes profondes
Fracture de la corne	Cassure uniquement de la corne	Situation intermédiaire	Cassure jusqu'au vif engendrant une boiterie
Fissure de la muraille	Lésion touchant uniquement la corne	Lésion atteignant le vif et associée à une boiterie	Lésion atteignant la couronne et associée à un chéloïde (interne)
Corne friable	Corne friable sur une petite zone (1cm2)	Situation intermédiaire	Corne friable sur une zone très étende (moitié de la sole et plus)
Concavité et cerclage de la muraille	Concavité et cerclage légers	Situation intermédiaire	Concavité et cerclage très marqués
Décollement ou dédoublement de la sole	Décollement peu étendu et limité (1 cm2)	Décollement s'étendant sur le quart de la surface de la sole	Décollement toucant toute la sole
Ouverture de la ligne blanche	Trace d'ouverture plus ou moins étendue avec fistulisation présente mais très peu profonde	Ouverture profonde avec début de fistulisation	Ouverture profonde avec fistulisation, jusqu'à la couronne et complications infectieuses
Coloration jaune sale de la corne	Coloration jaune pâle et peu étendue	Coloration jaune assez étendue	Coloration jaune foncée et très étendue (moitié de la sole et plus)
Bleime diffuse	Coloration rose pâle et peu étendue	Coloration rose foncé et assez étendue	Coloration foncée et, noirâtre et très etendue (moitié de la sole et plus)
Bleime circonscrite	Coloration rose pâle	Coloration rose foncé	Coloration foncée , noirâtre

Ulcère de la sole	NA	Lésion nette, sans complications infectieuses	Lésions très marquée avec complications infectieuses profondes (arthrite)
Cerise	NA	Bourgeonnement limité (0,5 cm environ)	Bourgeonnement volumineux (2 cm environ)
Décollement de la corne du talon	Décollement superficiel (par exemple, 3mm de profondeur)	Situation intermédiaire	Décollement profond (par exemple, 3cm de profondeur) avec ulcère au fond
Erosion de la corne du talon	Érosion limitée en profondeur	Situation intermédiaire	Sillon en V très marqué profond et large, avec hypertophie des glomes
Limace	Petite limace (< 1cm)	Limace de taille moyenne (environ 2cm)	Limace longue et large
Plaie interdigitée	Simple excoriation superficielle	Situation intermédiaire	« Éclatement » de la peau avec plaie sur plusieurs cm
Lésion typique de panaris	NA	Inflammation symétrique modérée de la couronne du et du paturon	Inflammation symétrique très marquée de la couronne et du paturon
Lésion typique de dermatite digitée	Petite lésion non suintante	Situation intermédiaire	Lésion suintante très entendue et douloureuse avec exsudat grisâtre recouvrant une zone de peau à vif
Nécrose de la pince	NA	Lésion nécrotique en pince de faible étendue n'atteignant pas la troisième phalange	Lésion nécrotique en pince avec atteinte de la troisième phalange

ANNEXE 2 :

Annexe 2 : Capture d'écran de la compilation des données recueillis pour le score de locomotion sur EXCEL.

N° de la vach	Dos courbé à l'arrêt	Dos courbé en marche	Démarche légèrement anormale	Enjambées courtes	Favorise un membre	Suppression d'appui	SCORE
A 7916	OUI	OUI	NON	OUI	OUI	NON	4
A 7942	OUI	OUI	NON	OUI	NON	NON	3
A 8005	NON	OUI	OUI	NON	NON	NON	2
A 8048	NON	OUI	OUI	NON	NON	NON	2
A 8063	OUI	OUI	NON	OUI	NON	NON	3
A 8106	OUI	OUI	NON	OUI	NON	NON	3
A 8110	NON	OUI	OUI	NON	NON	NON	2
A 8121	OUI	OUI	NON	OUI	NON	NON	3
A 8131	OUI	OUI	NON	OUI	NON	NON	3
A 8132	NON	OUI	OUI	NON	NON	NON	2
A 8149	NON	OUI	OUI	NON	NON	NON	2

ANNEXE 3 :

Annexe 3 : Capture d'écran de la compilation des données recueillis pour le score statique sur EXCEL.

N° de la vache	Dos courbé au cornadis	Anomalie légère des aplombs	Rotation interne des jarrets	Supression d'appui	Score
A 7916	OUI	NON	OUI	NON	2
A 7942	OUI	OUI	NON	NON	1
A 8005	NON	NON	NON	NON	0
A 8048	NON	NON	NON	NON	0
A 8063	OUI	OUI	NON	NON	1
A 8106	OUI	OUI	NON	NON	1
A 8110	NON	NON	NON	NON	0
A 8121	OUI	OUI	NON	NON	1
A 8131	OUI	OUI	NON	NON	1
A 8132	NON	OUI	NON	NON	1
A 8149	NON	NON	NON	NON	0

ANNEXE 4 :

Annexe 4 : Script R

```
> setwd("~/Desktop/Rtheseboitrie")
> d<-read.table("donneesthesevpb2.txt",header = TRUE)
> View(d)
> x1<-d$Loc123
> y1<-d$StatScoreMod
> tconcordance<-table(d$Loc012,d$StatScore)
> tconcordance

      0    1    2
  0 142  210   10
  1  10   99   12
  2   3    8   19
> res<-cor.test(x1,y1,method="kendall")
> res

        Kendall's rank correlation tau

data:  x1 and y1
z = 9.015, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true tau is not equal to 0
sample estimates:
     tau
0.3782274

>kendall.ci(x=d$Loc012,y=d$StatScore,alpha=0.05,type="t",bootstrap=F,B=1000,example=F)
1 – alpha = 0.95 two-sided CI for tau :
0.339, 0.418

> x2<-d$Loc123
> y2<-d$StatScoreMod
> tconcordance<-table(d$Loc123,d$StatScoreMod)
> tconcordance

      1    2  3
  1 323   35  4
  2  33   78 10
  3   4    7 19
> res<-cor.test(x2,y2,method="kendall")
> res

        Kendall's rank correlation tau

data:  x2 and y2
z = 15.3443, p-value < 2.2e-16
```

```
alternative hypothesis: true tau is not equal to 0
sample estimates:
     tau
0.6472705

>kendall.ci(x=d$Loc123,y=d$StatScoreMod,alpha=0.05,type="t",bootstrap=F,B=1000,example=F)
1 – alpha = 0.95 two-sided CI for tau :
0.605, 0.69
```

POULAIN Valentin

ÉTUDE DE LA CORRÉLATION ENTRE DEUX MÉTHODES D'ÉVALUATION DES BOITERIES CHEZ LES VACHES LAITIÈRES

Thèse d'Etat de Doctorat Vétérinaire : Lyon*, le 7 septembre 2018*

RESUME :

La boiterie de la vache laitière est une affection responsable de pertes économiques conséquentes et porte atteinte au bien-être des animaux. Actuellement, la détection des boiteries fait principalement appel à des systèmes nécessitant d'évaluer les vaches en locomotion, ce qui implique d'observer la démarche des vaches sur plusieurs foulées. Cependant, d'autres méthodes plus adaptées aux pratiques des élevages commerciaux ont été développées sans pour autant avoir été validées, à l'image du score statique de Bareille et Roussel (2014) qui permet d'évaluer les boiteries au cornadis. Les objectifs de cette étude étaient d'abord d'évaluer la corrélation entre le score statique de Bareille et Roussel (2014) et le score de locomotion de Sprecher et al (1997) (méthode de référence), puis de proposer un score statique modifié plus performant pour la détection des boiteries. À partir de nos 1026 observations réalisées sur 513 vaches de race Prim'Holstein appartenant à 7 élevages du Pas-De-Calais (62), nous avons mis en évidence que le score statique surestimait la fréquence des boiteries (68,9% contre 29,4% en locomotion), qu'il avait une bonne sensibilité (0,91) mais manquait de spécificité (0,39) et que sa corrélation avec le score de locomotion était faible (Kendall τ=0,37). À partir de ces résultats nous avons créé un score statique modifié qui permettait d'obtenir une fréquence de boiterie proche de celle obtenue en locomotion (29,8% contre 29,4% en locomotion), qui avait une sensibilité plus faible (0,75) mais une spécificité plus élevée (0,89), et qui avait une forte corrélation avec le score de locomotion (Kendall τ=0,64). Le score statique modifié est un bon outil à utiliser en élevage. Il doit être cependant validé en termes de répétabilité et reproductibilité.

MOTS CLES :

- LOCOMOTION
- VACHES LAITIÈRES
- ÉVALUATION

JURY :

Président :	Monsieur le Professeur HONNORAT Jérôme
1er Assesseur :	Madame le Docteur LEDOUX Dorothée
2ème Assesseur :	Madame le Professeur DELIGNETTE-MULLER Marie-Laure

DATE DE SOUTENANCE : 7 septembre 2018