

Evaluation des mesures de maîtrise de la dermatite digitée dans les troupeaux bovins laitiers

Anne Relun

THÈSE DE DOCTORAT

sous le label de l'Université Nantes Angers Le
Mans

pour obtenir le titre de

DOCTEUR DE L'ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE
AGROALIMENTAIRE ET DE L'ALIMENTATION
NANTES-ATLANTIQUE - ONIRIS

École Doctorale **Biologie-Santé Nantes-Angers**
dans la discipline **Biologie, médecine, santé**
spécialité **Recherche clinique, innovation
technologique, santé publique**

préparée à l'UMR1300 **Biologie,
Epidémiologie et Analyses de Risques en
Santé Animale**

Thèse soutenue le 19 Décembre 2012
devant le jury composé de :

Nathalie BAREILLE

Maître de conférences, Oniris, Nantes / *directrice de thèse*

Vincent DUCROCQ

Directeur de recherche, INRA de Jouy-en-Josas / *rapporteur*

Adrian STEINER

Professeur, Faculté Vetsuisse, Berne, Suisse / *rapporteur*

Alain DOUART

Maître de conférences, Oniris, Nantes / *examinateur*

Yohann FOUCHER

Maître de conférences, Faculté de médecine, Nantes /
examinateur

Raphaël GUATTEO

Maître de conférences, Oniris, Nantes / *examinateur*

Valérie DAVID

Ingénieur agronome, Institut de l'Elevage, Paris / *invitée*

Préambule

Le travail présenté dans cette thèse est issu d'une collaboration entre l'Institut de l'Elevage et l'UMR Oniris-INRA 1300 « Bio-agression Epidémiologie et Analyse Risque » (BioEpAR). Il a été financé par l'Institut de l'Elevage et le ministère de l'Enseignement et de la Recherche à l'aide d'un dispositif CIFRE.

Les travaux de recherche ont été réalisés au sein de l'UMR BioEpAR sous la direction de M. Henri Seegers, professeur à Oniris, entre janvier 2009 et avril 2010 puis sous celle de Mme Nathalie Bareille, maître de conférences à Oniris, entre mai 2010 et décembre 2011. Le co-encadrement a été réalisé par M. Raphaël Guatteo, maître de conférences à Oniris.

Les travaux de cette thèse ont également été guidés et réalisés grâce aux différents partenaires de l'UMT « Maîtrise de la Santé des Troupeaux Bovins », avec en premier rang les Groupements de Défense Sanitaire et les Groupement Techniques Vétérinaires de Bretagne et des Pays-de-la-Loire.

Merci donc aux différents partenaires qui ont permis la réalisation des travaux présentés dans cette thèse.

Remerciements

Le projet était ambitieux et n'aurait pu être réalisé sans le rassemblement de multiples participations individuelles. La liste des remerciements risque d'être longue et dans le doute où certains auraient été oubliés, merci à toutes celles et ceux qui ont participé à ces travaux, permettant de créer cette symbiose si précieuse entre la rigueur scientifique et les réalités du terrain.

Un GRAND merci à mes encadrants principaux, Nathalie Bareille et Raphaël Guatteo, qui m'ont guidée durant ces trois ans. Merci pour votre confiance, votre disponibilité et vos encouragements. Quand vous voulez pour un nouveau trio.

Merci à Valérie David pour ta confiance, même de loin, durant ces 3 années.

Merci à Henri Seegers pour avoir accepté d'assurer la direction des travaux en début de thèse et pour vos remarques qui, avec le temps, se sont avérées très lucides.

Merci à Marc Delacroix et Jean Prodhomme pour m'avoir fait découvrir le monde du pied des vaches, pour votre passion et votre envie de transmettre votre expérience.

Thanks to the Madison team, particularly Dörte Döpfer, and Karl Burgi for welcoming and guiding me through the digital dermatitis complexity.

Merci à Anne Lehébel pour ta patience sans faille, ton implication, ta disponibilité et tes explications toujours claires, même tard, qui auront relevé significativement mes notions de statistiques.

Merci à Christian Ducrot, Vincent Corbière, Jos Noordhuizen et Yves Millemann pour vos conseils éclairés et éclairants durant les trois comités de thèse.

Merci à Christian Engel, Benoît Michenot, et Sébastien Geollot pour avoir apporté votre expérience du terrain dans la construction des grandes lignes de ce projet.

Merci à tous les membres du jury pour avoir accepté de consacrer du temps et apporter votre regard critique sur ce travail.

Merci à toute la « Mortellaro team », Marie-Madeleine, Marleen, Anne et Damien. Quelle motivation et quelle énergie même à 5 heures du matin !!! Sans vous, cette masse de travail n'aurait pas pu être accomplie. Au plaisir de suivre vos aventures vétérinaires. Merci également à Cécile, Héloïse, Lucie et Clément pour votre participation.

Merci à tous les investigateurs non encore cités, Amélie Bruand, Magali Moreau, Bertrand Morvan, Alban Charrette, Philippe Le Mestrallin, Samuel Boiré, Christian Coubron, Christophe Mompas, et Stéphane Pineau pour votre motivation et disponibilité.

Merci également à tous les éleveurs qui ont accepté de participer à ce projet et nous ont accueillis dans leurs exploitations. En espérant avoir répondu, au moins un peu, à vos questions.

Merci enfin à Bertrand Ridremont, Carly Vulders, Henk van der Vegt et Dominique Bernier d'avoir pris le risque de vous impliquer et de nous faire confiance.

Philippe, je salue ton ingéniosité. Le miroir tout-fait est peut-être plus pratique mais j'aimais bien le design de ton prototype avec rétroviseur de mob.

Jean-Yves, Juliette et Michel, un grand merci pour avoir mis la main à la pâte aussi efficacement et volontairement, malgré l'ingratitude de mes requêtes.

Merci Didier pour ta patience lors de l'élaboration de la base de données et pour m'avoir fait découvrir le monde de l'apiculture. J'aurai sûrement encore à te solliciter pour des conseils sur de futures récoltes ou des parcours de randonnée.

L'informatique est bien pratique mais peu s'avérer être incompréhensible. Merci donc à Thomas et Lekan d'avoir empêché que je casse trop de matériel.

Merci Evelyne, Sylvie, Katell et Corinne pour votre efficacité à ne pas nous perdre dans les méandres administratives.

Simon et Edouard, yes we did !!! Merci à tous les thésards, ex-thésards et post-docs de l'UMR BioEpAR, pour les discussions du midi et les petits plats du soir. Spéciales dédicaces à Olivier, le collègue idéal, et à Nadine ma coéquipière de grimpe.

Merci également à toutes les personnes de l'UMR BioEpAR et de l'équipe Besth, pour tous les moments conviviaux passés en votre compagnie.

Enfin, ce travail n'aurait pas pu se faire sans un bon entourage.

Un grand merci donc à ma famille, qui m'a toujours fait confiance et encouragée malgré mes chemins de traverse pas toujours faciles à suivre.

Merci à tous mes amis de près ou de loin. Nantes, Montpellier, Paris, Luxembourg, Brisbane ou ailleurs, peu importe la distance, c'est votre présence qui compte.

Je n'aurai pas cru qu'une chorale puisse être un lieu d'épanouissement, mais celle-ci est exceptionnelle. Merci donc à la CSN pour tous ces moments magiques passés avec vous.

Merci également au Big Band Universitaire pour m'avoir permis de souffler encore dans le tromblon.

Enfin, merci à Thomas d'avoir été là malgré la distance. Au bonheur de l'aventure commune qui nous attend.

« *Multi multa, nemo omnia novit* »

Sommaire

Préambule	i
Remerciements	iii
Liste des figures	xi
Liste des tableaux	xiii
Chapitre 1 Introduction générale	1
<hr/>	
1 - Contexte et enjeux.....	3
2 - Comment évaluer le statut des vaches vis-à-vis de la DD ?.....	7
3 - Quelles mesures semblent prometteuses pour contrôler la DD ?.....	11
3.1. Comment limiter l'incidence de DD ?.....	11
3.2. Comment améliorer la guérison de la DD ?.....	18
4 - Quelles sont les motivations et freins à l'application de mesures de contrôle de la DD par les éleveurs ?.....	27
5 - Objectifs, stratégie d'analyse et plan de thèse.....	30
Références bibliographiques.....	34
Chapitre 2 Sélection de traitements disponibles et applicables pour contrôler la DD en France	49
<hr/>	
1 - Etat des lieux des pratiques de traitement de la DD utilisées par les éleveurs de bovins laitiers en France.....	52
1.1. Matériel et méthodes.....	52
1.2. Résultats.....	55
1.3. Discussion.....	71
1.4. Conclusion.....	78
2 - Sélection des produits de traitement.....	79
2.1. Sélection du produit de traitement individuel.....	79
2.2. Sélection du produit de traitement collectif.....	81
Références bibliographiques.....	86

Chapitre 3 Développement d’une méthode pour noter les lésions de dermatite digitée dans le cadre d’études épidémiologiques **91**

1 - Résumé de l’article ‘A simple method to score DD in dairy cows in the milking parlor ‘	93
2 - Article ‘A simple method to score DD in dairy cows in the milking parlor ‘	96
2.1. Abstract.....	96
2.2. Introduction.....	97
2.3. Materials and methods.....	99
2.4. Results	104
2.5. Discussion.....	112
2.6. Conclusion	117
Acknowledgments.....	117
References	118

Chapitre 4 Evaluation de l’impact relatif d’un traitement topique collectif et des pratiques d’élevage dans le contrôle de la dermatite digitée **121**

1 - Identification de facteurs influençant la guérison clinique	123
1.1. Résumé de l’article	123
1.2. Article ‘Effectiveness of different regimens of a collective treatment to cure DD in dairy farms under field conditions’	126
References	156
2 - Evaluation de l’impact relatif de protocoles de traitement collectif et de pratiques d’élevage sur l’incidence de la dermatite digitée chez la vache laitière en conditions d’élevage	162
2.1. Introduction.....	162
2.2. Matériel et méthodes	165
2.3. Résultats.....	171
2.4. Discussion	178
2.5. Conclusion	187
Références bibliographiques	188

Chapitre 5 Evaluation de l'impact de la dermatite digitée sur la production laitière de vaches de race Prim'Holstein **195**

1 - Introduction	197
2 - Matériel et méthode.....	199
2.1. Population d'étude	199
2.2. Collecte des données.....	200
2.3. Analyse des données	201
3 - Résultats	205
3.1. Statistiques descriptives	205
3.2. Impact de la DD sur la production laitière	208
3.3. Adéquation des modèles	212
4 - Discussion.....	213
5 - Conclusion	219
Références bibliographiques.....	220

Chapitre 6 Discussion générale **225**

1 - Principaux résultats	228
2 - Intérêts et limites des approches retenues pour investiguer l'efficacité de mesures de contrôle de la dermatite digitée	230
2.1. Estimation concomitante de l'impact de pratiques de traitements et de pratiques d'élevage sur le contrôle de la DD	230
2.2. Estimation de l'impact de la DD sur les performances de production laitière	239
3 - Perspectives	241
3.1. Amélioration des pratiques de traitement	241
3.2. Amélioration de la propreté et du confort des bâtiments d'élevage	244
3.3. Elaboration de plans de contrôle personnalisés	245
Références bibliographiques.....	247

Conclusion générale **253**

Liste des publications réalisées et prévues **255**

Liste des figures

Chapitre 1

Figure 1-1. Illustration des différents stades lésionnels de la dermatite digitée (DD) selon le système de notation initialement décrit par Döpfer (1997)	9
---	---

Chapitre 2

Figure 2-1. Classement utilisé pour définir les différentes catégories de traitement mis en œuvre contre la DD par les 65 éleveurs de bovins laitiers retenus dans le cadre de l'enquête sur les pratiques de traitement contre la DD en France.....	54
Figure 2-2. Modalités d'application des traitements topiques individuels utilisés par les éleveurs en fonction du procédé de traitement utilisé	61
Figure 2-3. Modalités d'application des traitements collectifs utilisées par les éleveurs	63
Figure 2-4. Proportion de traitements conservés en fonction du système de traitement utilisé.....	64
Figure 2-5. Proportion de traitements individuels conservés en fonction des produits de traitements utilisés et de leur modalité d'application	66
Figure 2-6. Proportion de traitements collectifs conservés en fonction des produits de traitements utilisés et des habitudes d'application.....	67
Figure 2-7. Proportion de traitements collectifs conservés en fonction des régimes de traitements utilisés.....	67

Chapitre 3

Figure 3-1 a, b and c. Inspection of the hind feet during milking with a headlamp and a swiveling mirror (a) showing M2 (classical ulcerative or granulomatous stage) (b) and M4 (chronic stage) (c) stages of digital dermatitis (DD) lesions	100
Figure 3-2. Anatomical areas defined for the location of digital dermatitis lesions.....	101

Figure 3-3. Proportion of the different stages of digital dermatitis (DD) lesions (M0 to M4) observed for all farms and per farm during trimming.....	106
Figure 3-4. Percent of specific agreement per stage of digital dermatitis (DD) lesions (M0 to M4) and per observer between scores attributed during the first milking and trimming.....	112

Chapitre 4

Figure 4-1-1. Conduct of the trial.....	137
Figure 4-1-2. Illustration of the M-stages used for scoring of digital dermatitis lesions (adapted from Döpfer et al. (1997)).....	138
Figure 4-1-3. Diagram of subject flow	143
Figure 4-1-4. Cumulative proportion of cure on hind feet initially affected by active digital dermatitis (M1 or M2) for each treatment regimen	146
Figure 4-2-1. Diagramme de flux des individus inclus dans l'analyse d'impact des protocoles de traitement collectifs et de pratiques d'élevage sur l'incidence de la DD	171
Figure 4-2-2. Taux d'incidence de DD cumulé en fonction du régime de traitement	176

Chapitre 5

Figure 5-1. Critères choisis dans la sélection des données à analyser pour estimer l'impact de la dermatite digitée (DD) sur la production laitière au jour du contrôle.....	202
Figure 5-2. Répartition de la valeur des résidus studentisés pour vérifier l'homogénéité de leur variance pour le modèle final primipares (a) et multipares(b)	212

Liste des tableaux

Chapitre 2

Tableau 2-1. Caractéristiques des 65 exploitations retenues dans le cadre de l'enquête sur les pratiques de traitement contre la DD en France.....	56
Tableau 2-2. Description des traitements expérimentés par les 65 éleveurs enquêtés avec indication des principaux produits de traitement utilisés selon les procédés de traitement employés.....	59
Tableau 2-3. Nombre de traitements abandonnés par les éleveurs et principaux motifs d'abandon selon le procédé de traitement expérimenté	68
Tableau 2-4. Principales contraintes mentionnées comme motifs d'abandon des traitements par les éleveurs selon le procédé de traitement expérimenté	70
Tableau 2-5. Caractéristiques des antibiotiques éligibles pour une application locale dans les traitements individuels contre la dermatite digitée	81
Tableau 2-6. Caractéristiques des désinfectants éligibles pour une application locale dans les traitements collectifs contre la dermatite digitée (DD)	83

Chapitre 3

Table 3-1. Distribution of the anatomical location of the different M-stages of digital dermatitis (DD) attributed to the 484 hind feet during trimming	105
Table 3-2. Average level of agreement within observers for the scoring of digital dermatitis (DD) in the milking parlor using the 5 M-stages (M0 to M4) or the simplified 4 M-stages (M0/M1/M2/M34) scoring systems for all farms and by farm	107
Table 3-3. Average level of agreement between observers for the scoring of digital dermatitis (DD) in the milking parlor using the 5 M-stages (M0 to M4) or the simplified 4 M-stages (M0/M1/M2/M34) scoring systems for all farms and by farm.....	108

Table 3-4. Level of agreement (in bold)/disagreement by M-stages pairs for the scoring of digital dermatitis (DD) in the milking parlor within and between observers.....	108
Table 3-5. Average level of agreement between digital dermatitis (DD) scores attributed during milking and trimming (“Gold Standard” Test) using the 5 M-stages (M0 to M4) or the simplified 4 M-stages (M0/M1/M2/M34) scoring systems for all farms and by farm	109
Table 3-6. Average prevalence and sensitivity (Se), specificity (Sp) and predictive values (PPV: positive predictive value; NPV: negative predictive value) for the scoring of digital dermatitis in the milking parlor for absence [M0] versus presence [M1 to M4], considering scoring in the trimming chute as a “Gold-standard”	110
Table 3-7. Levels of agreement (in bold)/disagreement by M-stages pairs for the scoring of digital dermatitis (DD) in the milking parlor compared to DD scoring during trimming	111

Chapitre 4

Table 4-1-1. Median proportion of hind feet with an active digital dermatitis (DD) lesion (M1 or M2) per farm at randomization and 4 weeks later before implementation of collective treatments	134
Table 4-1-2. Characteristics of cows at randomization	135
Table 4-1-3. Scoring system for classification of leg hygiene (adapted from Cook (2006) and Schreiner and Ruegg (2002)).....	138
Table 4-1-4. Overview of farm, cow and foot related potential effect modifiers tested as covariates in the Cox frailty model.....	141
Table 4-1-5. Cox regression analysis to time to cure of active digital dermatitis (M1 or M2) on hind feet	147
Tableau 4-2-1. Protocoles de traitements appliqués contre la dermatite digitée par 52 exploitations bovines laitières dans un essai clinique mené en France entre Novembre 2009 et Octobre 2010.....	167

Tableau 4-2-2. Description de l'incidence de lésions actives de dermatite digitée (M1 ou M2) observée selon le protocole de traitement appliqué au cours des 24 semaines de suivi	173
Tableau 4-2-3. Résultats du modèle de Cox utilisé pour estimer l'impact de différents protocoles de traitement, pratiques d'élevage et caractéristiques des animaux sur le temps avant apparition d'une lésion active de dermatite digitée (M1 ou M2) sur les pieds postérieurs mesurée estimé	174

Chapitre 5

Tableau 5-1. Proportion d'animaux affectés par la dermatite digitée (DD) en fonction de leur parité, la sévérité de l'atteinte et des caractéristiques des animaux à chaque contrôle laitier	207
Tableau 5-2. Association entre les effets fixes du modèle final et la production laitière au jour du contrôle (kg/l) chez les vaches en première lactation	209
Tableau 5-3. Association entre les effets fixes du modèle final et la production laitière au jour du contrôle (kg/l) chez les vaches en seconde lactation et plus	211

Chapitre 1

Introduction générale



1 - Contexte et enjeux

L'élevage bovin a connu de profonds bouleversements depuis les années 1950 dans les pays d'Europe et d'Amérique du Nord, avec une intensification croissante de l'élevage, promue à la fin de la seconde guerre mondiale pour faire face aux risques de famine et perpétuée jusqu'à nos jours afin de garantir des produits d'origine animale, dont les produits laitiers, à des prix accessibles pour le consommateur et compétitifs sur le marché mondial. Cette intensification a été rendue possible par la mécanisation de l'agriculture, un accroissement de la taille des troupeaux et une sélection génétique des animaux, sélection initialement centrée sur des critères de production laitière sans prise en compte de critères de santé. Cette tendance a été poursuivie même après l'instauration des quotas laitiers en 1984. Ainsi en France, alors que seulement 4% des exploitations comptaient plus de 40 vaches laitières en 1984, il y en avait près de 48 % en 2007 dont 12% avec plus de 70 vaches laitières (Agreste, 2007, Barthélemy and Boinon, 2001). Les bâtiments d'élevage ont dû être adaptés pour accueillir ces troupeaux de plus grande taille et les surfaces fourragères restant de taille limitée en Europe, les animaux ont passé de plus en plus de temps en stabulation, certains éleveurs ayant même fait le choix de ne plus faire sortir les vaches laitières en pâtures, pratique appelée « zéro-pâturage ». Même si les stabulations libres, avec logettes ou aire paillée, ont permis d'améliorer les conditions de travail des éleveurs, la liberté de mouvement et les interactions sociales entre animaux (Krohn, 1994), ce type de logement, notamment leur revêtement en béton, reste souvent incriminé comme un des facteurs étant à l'origine de l'accroissement des troubles locomoteurs observé dans les exploitations bovines laitières (Bergsten, 2001, Faull et al., 1996, Haskell et al., 2006). Les prévalences moyennes de boiteries estimées par des chercheurs dans les exploitations bovines laitières étaient ainsi de 14,7% dans le Minnesota et le Wisconsin en 1993 (Wells et al., 1993) et de 24,6% chez des vaches fortes productrices dans le Minnesota en 2003 (Espejo et al., 2006). Ces prévalences étaient cependant assez variables entre exploitations, allant d'aucune vache boiteuse à 70% des animaux observés avec une boiterie (Barker et al., 2010, Espejo et al., 2006). Dans tous les cas, les prévalences de boiteries estimées

par les chercheurs étaient au moins deux fois supérieures à celles qui avaient été estimées par les éleveurs (Espejo et al., 2006, Wells et al., 1993).

Jusqu'à la fin des années 1990, les troubles locomoteurs n'étaient considérés comme préoccupants que du fait des pertes économiques qu'ils pouvaient engendrer. Plusieurs études ont en effet montré qu'ils avaient des répercussions à la fois sur les performances de production laitière (Fourichon et al., 1999, Green et al., 2002, Warnick et al., 2001) et de reproduction (Fourichon et al., 2000, Melendez et al., 2003, Morris et al., 2011). En ajoutant les coûts et pertes liés aux réformes prématurées (Bicalho et al., 2007b, Booth et al., 2004), aux dépréciations des carcasses (Sogstad et al., 2007) et aux traitements, les troubles locomoteurs ont ainsi été classés comme le 3^{ème} trouble de santé en termes d'impact économique dans les exploitations bovines laitières, après les infections intra-mammaires et les troubles de la reproduction, avec des pertes estimées entre 115 et 192 € par cas de boiterie (Baggott and Russell, 1981, Enting et al., 1997, Ettema and Østergaard, 2006).

A partir des années 2000, la préoccupation croissante des citoyens européens envers le bien-être animal a éveillé l'attention des pouvoirs publics sur la lutte contre des maladies d'élevage des vaches laitières considérées jusqu'alors comme du ressort des éleveurs. La lutte contre les troubles locomoteurs a ainsi été récemment désignée par des experts de l'European Food Safety Authority (**EFSA**) comme une des deux actions prioritaires à mener, avec la lutte contre les affections intra-mammaires, pour améliorer le bien-être chez les vaches laitières (Anonymous, 2009a). Ces experts ont pointé un manque de détection et de prise en charge des troubles locomoteurs et recommandé la mise en place de programmes de prévention de ces troubles dans les exploitations bovines laitières (Anonymous, 2009b). Cependant, comme aucun financement ou label ne vient actuellement contrebalancer les coûts des mesures qui visent à améliorer le bien-être animal, leur mise en œuvre repose uniquement sur la volonté des éleveurs. Même si les éleveurs sont conscients de la douleur engendrée par les troubles locomoteurs et cherchent à les diminuer (Leach et al., 2010b), les mesures qui permettent de prévenir les troubles locomoteurs doivent être à la fois compatibles avec leur organisation du travail et être accompagnés d'une certaine rentabilité

économique pour être effectivement mises en place dans les exploitations (Leach et al., 2010a).

Chez les bovins, près de 90% des troubles locomoteurs ont pour origine une affection podale (Weaver et al., 1981). Parmi ces affections, la dermatite digitée (**DD**), ou maladie de Mortellaro, est une de celles qui a connu le plus grand essor dans les exploitations bovines laitières ces 30 dernières années. Décrite la première fois en Italie en 1974 (Cheli and Mortellaro, 1974), cette affection infectieuse et contagieuse s'est répandue à travers le monde, probablement du fait de l'augmentation de la taille des troupeaux, rendue possible par l'introduction plus importante d'animaux, et des changements de pratiques associés. La DD est ainsi maintenant observée dans quasiment tous les pays producteurs de lait (Berry et al., 2004, Cruz et al., 2001, Yano et al., 2009). Dans des études récentes, la DD a été diagnostiquée dans 91% des exploitations laitières aux Pays-Bas (Holzhauer et al., 2006) et 95,7% des exploitations laitières en stabulation libre en Ontario (Cramer et al., 2008), touchant en moyenne entre 5 à 30% des vaches par exploitation (Cramer et al., 2008, Holzhauer et al., 2006, Somers et al., 2005a). Une fois introduite dans une exploitation, le plus souvent suite à l'achat d'un animal infecté, la DD se manifeste par des épisodes récurrents de boiteries liées à la présence de lésions érosives à ulcéraives de la peau digitée, (Blowey and Sharp, 1988), sans quasiment aucune éradication décrite jusqu'à présent (Yeruham and Perl, 1998). Même si la DD a tendance à se manifester par des boiteries moins sévères que d'autres affections podales (Capon et al., 2009, Tadich et al., 2009), sa fréquence et sa persistance la placent parmi une des deux affections podales les plus fréquemment responsables de boiteries dans les exploitations bovines laitières (Bicalho et al., 2007a, Green et al., 2010, Offer et al., 2000).

La mesure actuellement la plus souvent préconisée pour lutter contre la DD est l'application locale d'anti-infectieux, antibiotiques ou désinfectants (Laven and Logue, 2006). Même si l'utilisation d'anti-infectieux paraît incontournable lorsque la maladie est installée, puisque cette maladie multifactorielle a une composante infectieuse, leur utilisation massive est de plus en plus questionnée que ce soit par les éleveurs ou par la société. En effet,

les antibiotiques sont largement utilisés, *via* des pédiluves aux Etats-Unis et essentiellement au cas par cas en Europe, et leur application doit être fréquemment répétée pour contrôler la DD. L'émergence de souches multi-résistantes aux antibiotiques chez des bactéries pathogènes pour l'Homme, a rendu la société critique vis-à-vis de l'utilisation d'antibiotiques chez les animaux de production (Parveen et al., 2006), avec une demande de plus en plus marquée d'en limiter l'usage chez les animaux d'élevage. Par ailleurs, les deux produits les plus utilisés en pédiluve, le formol et le sulfate de cuivre, ont un potentiel toxique à la fois pour l'Homme et pour l'Environnement. Le formol est en effet un puissant irritant par contact et inhalation et est cancérigène chez l'Homme (IARC, 2004, INRS, 2008). Le sulfate de cuivre risque quant à lui d'atteindre des seuils toxiques pour les plantes et les organismes aquatiques en s'accumulant dans les sols suite à des épandages successifs de lisiers dans lesquels ont été déversées les solutions de pédiluves utilisées (INERIS, 2005, Stehouwer and Roth, 2004). Même s'il est actuellement encore utilisé pour l'hygiène vétérinaire, le formol risque donc d'être prochainement retiré de la commercialisation en Union Européenne, comme en témoigne la restriction de ces usages en tant que produit biocide (Anonymous, 2011a, b). Le sulfate de cuivre pourrait également être prochainement interdit dans le cadre de la directive 98/8/CE qui régit l'utilisation des substances biocides (Anonymous, 1998). On assiste donc à une limitation des moyens disponibles pour contrôler la DD alors que les mesures mises en œuvre étaient déjà peu aptes à limiter l'expansion de la DD dans les troupeaux bovins laitiers.

Des acteurs de terrain avaient par ailleurs déjà rapporté observer des efficacités variables des traitements mis en œuvre dans les exploitations ainsi qu'un manque de recommandations concernant les voies de contrôle de la DD (Marc Delacroix, Jean Prodhomme, communications personnelles).

Ces constats ont amené différents acteurs de terrain et chercheurs à se rassembler au sein de l'Unité Mixte Technologique (UMT) « Maîtrise de la Santé des Troupeaux Bovins » afin d'améliorer le contrôle de la DD dans les élevages bovins laitiers. La principale question qui a été posée était alors « Quelles mesures permettraient de diminuer fortement et durablement la

prévalence de la DD dans les exploitations bovines laitières, tout en restant rentables, applicables et respectueuses de l'Homme et de l'Environnement ? ». Cette thèse s'inscrivait ainsi dans ce projet, avec pour objectif général d'évaluer des mesures jugées prometteuses de contrôle de la DD dans des exploitations bovines laitières. Il a donc fallu déterminer quelles pouvaient être ces mesures et comment les évaluer.

2 - Comment évaluer le statut des vaches vis-à-vis de la DD ?

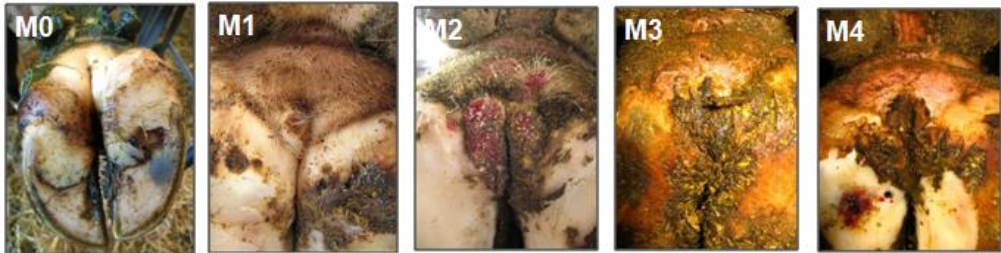
Une des difficultés dans l'évaluation de l'efficacité de mesures de contrôle de la DD est de pouvoir apprécier l'atteinte d'un animal par la DD, en termes de différenciation d'un animal sain et d'un animal atteint, de l'intensité de cette atteinte et de la distinction entre une atteinte incidente ou persistante. Comme cette maladie est à dominante infectieuse impliquant des tréponèmes (**Chapitre 1-3.1**), certains auteurs ont cherché à mesurer des taux d'anticorps dirigés contre ces tréponèmes (Vink et al., 2009). Même si le taux d'anticorps diminue rapidement lorsqu'une lésion disparaît (Trott et al., 2003), la sérologie a une sensibilité trop faible, autour de 0,75, pour que cette méthode soit utilisée pour différencier un animal atteint d'un animal sain (Vink et al., 2009).

L'appréciation du statut d'un animal vis à vis de la DD repose donc essentiellement sur la visualisation des lésions de DD. La DD se manifeste en effet par des lésions caractéristiques, inflammatoires, circonscrites, le plus souvent localisées entre les talons au niveau de la peau bordant l'espace interdigité, avec près de 90% des lésions observées sur les membres postérieurs (Blowey and Sharp, 1988, Cheli and Mortellaro, 1974, Read and Walker, 1998). Ces lésions sont d'abord érosives puis ulcéraives à granulomateuses, souvent bordées de poils hypertrophiés, et peuvent devenir hyperkératosiques voire prolifératives, formant alors une masse bourgeonnante, lorsque la lésion évolue de manière chronique (Döpfer, 2009, Döpfer et al., 1997, Read and Walker, 1998). Du fait de la diversité des caractéristiques morphologiques des lésions observées, il n'y a actuellement toujours pas de consensus sur la définition d'un cas de DD, notion qui reste assez subjective comme en témoignent la variété de systèmes de notation des lésions de DD utilisés (Britt et al., 1999, Döpfer et al., 1997, Manske et al.,

2002). Les premiers systèmes développés pour noter les lésions de DD étaient assez complexes et cherchaient à décrire les lésions en prenant en compte chaque caractéristique morphologique d'une lésion séparément (Britt et al., 1999, Laven and Hunt, 2000). Ainsi, un score était attribué à la couleur des lésions, un à leur volume, un autre à leur taille, parfois un score était également attribué en fonction du nombre de papilles, de la présence d'exsudation à la surface de ces lésions ou de la douleur induite par la palpation des lésions (Britt et al., 1999). L'addition de ces différents scores aboutissait à une note globale de la lésion. Les résultats des études ayant utilisé ces systèmes de notation pour évaluer l'efficacité de traitements était difficilement interprétables et peu comparables entre études, d'une part, du fait d'une subjectivité de certaines notations, et d'autre part, car ils s'exprimaient en scores lésionnels moyens, qui pouvait varier en fonction des caractères choisis et de leurs pondérations (Britt and McClure, 1998, Hernandez et al., 1999, Laven and Hunt, 2002).

Les systèmes de notation plus récents cherchent plutôt à illustrer l'évolution des lésions en différenciant des lésions en début d'évolution, « précoces », de celles qui sont installées, « aiguës », en cours de guérison ou chroniques (Döpfer et al., 1997, Manske et al., 2002). Ces systèmes sont donc plus informatifs, à la fois d'un point de vue clinique et épidémiologique, car ils permettent de prendre en compte à la fois la sévérité de l'atteinte, le potentiel infectieux des lésions, et le sens de l'évolution des lésions, vers une aggravation ou une guérison permettant ainsi de mieux différencier une lésion incidente d'une lésion persistante (Döpfer et al., 1997, Mumba et al., 1999). Le système de notation établi par Döpfer et al. (1997) a servi de base à des experts internationaux pour définir un système de notation standardisé (Greenough et al., 2008) et est actuellement le système le plus utilisé, avec 5 stades nommés M0 à M4, M signifiant Mortellaro (Figure 1-1). M1 correspond à une lésion précoce, M2 est une lésion aiguë, M3 une lésion en voie de cicatrisation, M4 une lésion chronique considérée comme étant cicatrisée et la note M0 est attribuée lorsqu'aucune lésion de DD n'a été observée (Döpfer, 2009, Greenough et al., 2008).

Figure 1-1. Illustration des différents stades lésionnels de la dermatite digitée (DD) selon le système de notation initialement décrit par Döpfer (1997) (M0 : absence de lésion de DD ; M1 : lésion précoce ; M2 : lésion aiguë ; M3 : lésion en cours de cicatrisation ; lésion M4 : lésion chronique)



Même en utilisant cette méthode de notation, des différences d'appréciations de statut vis-à-vis de la DD existent entre études en fonction du stade lésionnel considéré comme étant d'intérêt. Ainsi Holzhauser et al. (2011) n'ont considéré comme vaches atteintes de DD que celles qui présentaient une lésion de type M2 tandis que d'autres auteurs considèrent que les stades M1 et M2 correspondent à une atteinte par la DD (Somers et al., 2005a, Speijers et al., 2010). Le stade M2 est en effet considéré comme étant à la fois le plus douloureux et le plus infectieux, mais des lésions au stade M1 ont un potentiel infectieux et peuvent être douloureuses, notamment lorsqu'elles sont situées dans l'espace interdigité (Holzhauser et al., 2008a, Mumba et al., 1999). Par ailleurs, les stades M0 et M4 sont toujours considérés comme 'guéris' ou 'non atteints' car ils sont non douloureux. Le stade M4 pourrait cependant encore être infectieux car des tréponèmes ont été identifiés par PCR dans les couches profondes de ces types de lésions (Döpfer et al., 2011, Mumba et al., 1999). Si ces tréponèmes s'avéraient être encore vivants, ils pourraient jouer un rôle dans la dynamique de la DD et mériteraient d'être considérés différemment des pieds ne présentant aucune lésion de DD.

Les lésions de DD incluant souvent une partie de l'espace interdigité (Read and Walker, 1998), la méthode de référence pour visualiser ces lésions est de lever les pieds postérieurs des vaches en travail de pareur (Thomsen et al., 2008a, Vink et al., 2009). Même si cette méthode est actuellement reconnue comme étant la plus précise, elle reste peu pratique à employer dans

les grands troupeaux ou quand des évaluations du statut de tous les animaux doivent être répétées fréquemment, ce qui est le cas dans des études épidémiologiques. L'observation des pieds en travail de pareur est en effet, du fait des manipulations nécessaires, assez chronophage, mobilisatrice de main d'œuvre et source de stress pour les animaux, en plus d'être coûteuse (Thomsen et al., 2008a, Vink et al., 2009). Plusieurs études ont donc cherché à développer des méthodes qui permettent de visualiser les lésions sans avoir à lever le pied des animaux. Laven et al. (1999) ont ainsi utilisé un boroscope, sorte de fibroscope rigide, pour visualiser les lésions en salle de traite. Ils ont obtenu une visualisation des lésions assez précise, avec une sensibilité (**Se**) évaluée entre 0,79 et 0,85 et une spécificité (**Sp**) entre 0,83 et 0,85 en fonction du pied, droit ou gauche, considéré (Laven, 1999). Cet appareil reste cependant assez cher, ce qui en limite l'utilisation à grande échelle. D'autres auteurs ont testé des méthodes de visualisation directe en salle de traite, les pieds étant simplement nettoyés et éclairés avec des lampes puissantes (Rodriguez-Lainz et al., 1998, Thomsen et al., 2008a). La détection des lésions était alors soit moins précise (Thomsen et al., 2008a) avec une Se et une Sp respectives de 0,65 et 0,84, à moins de passer un temps relativement long à inspecter les pieds, près d'une minute par vache, durée potentiellement incompatible avec une l'organisation d'une traite (Rodriguez-Lainz et al., 1998), mais qui permettait d'améliorer la précision de la détection avec une Se et une Sp estimées à 0,72 et 0,99 respectivement. Il y a donc un manque de méthodes disponibles, qui soient à la fois fiables, simples d'utilisation, peu coûteuses et compatibles avec le déroulement d'une traite, pour détecter et noter les lésions de DD dans des études épidémiologiques.

L'évaluation du statut d'un animal vis-à-vis de la DD repose actuellement sur la notation des lésions en travail de pareur selon un système de notation qui permet d'illustrer l'évolution des lésions et de prendre en compte la sévérité d'atteinte en termes de douleur et de pouvoir infectieux des lésions. L'observation en travail de pareur reste cependant une méthode contraignante et difficilement employable dans des études épidémiologiques. Il serait donc utile de disposer de méthodes précises mais plus faciles à mettre en œuvre pour évaluer des mesures de contrôle de la DD.

3 - Quelles mesures semblent prometteuses pour contrôler la DD ?

L'objectif du contrôle de la DD, à défaut de pouvoir éradiquer la maladie, est de faire en sorte qu'elle touche durablement la plus faible proportion de vaches possible. Or cette proportion ou prévalence, dépend à la fois de l'apparition de nouveau cas, soit de l'incidence, et de la persistance des lésions de DD. Les mesures à appliquer pour diminuer la prévalence peuvent donc agir *via* deux moyens, limiter l'incidence de la DD et améliorer la guérison des lésions de DD.

3.1. Comment limiter l'incidence de DD ?

Même si l'étiologie de la DD n'est à l'heure actuelle pas complètement élucidée et est multifactorielle, il apparaît maintenant unanimement reconnu qu'un des facteurs déterminant l'apparition de la DD est la pénétration de spirochètes de genre *Treponema* dans la peau digitée (Evans et al., 2009, Klitgaard et al., 2008, Mumba et al., 1999). Les premières études ayant cherché à identifier les tréponèmes responsables de lésions de DD ont permis d'identifier 5 groupes phylogénétiques spécifiques de lésions de DD en Allemagne (Choi et al., 1997) dont 3 ont également été identifiés aux Etats-Unis et en Grande-Bretagne : *Treponema medium/vincentii-like*, *Treponema phagedenis-like* et *Treponema denticola/Treponema putidum-like* (Evans et

al., 2008, Nordhoff et al., 2008, Stamm et al., 2002). D'autres types phylogénétiques de tréponèmes ont également été identifiés, mais leur moindre fréquence suggère un rôle secondaire dans l'étiologie de la DD (Evans et al., 2009, Klitgaard et al., 2008). Les tréponèmes de type *Treponema phagedenis-like* et *Treponema medium/vincentii-like* pourraient être les plus incriminés dans la formation de lésions de DD du fait de leur isolement dans des couches profondes du *stratum spinosum* et dans le derme (Klitgaard et al., 2008, Moter et al., 1998). Plusieurs types de tréponèmes sont souvent isolés simultanément à partir d'une lésion de DD, ce qui suggère qu'une infection poly-tréponémale est nécessaire à la formation des lésions de DD (Evans et al., 2009). Certaines autres bactéries sont fréquemment isolées dans les lésions de DD, telles que *Dichelobacter nodosus* (Collighan and Woodward, 1997), *Campylobacter faecalis* (Döpfer et al., 1997), *Fusobacterium necrophorum* (Cruz et al., 2005) et *Guggenheimella bovis* (Schlafer et al., 2008, Strub et al., 2007), et sont suspectées de participer à la formation des lésions de DD. Ces bactéries pourraient agir en symbiose avec les tréponèmes, en facilitant leur pénétration à travers la barrière cutanée et en créant des poches anaérobies dans le tissu cutané, maintenant ainsi un milieu favorable au développement des tréponèmes. Le rôle précis de ces bactéries dans l'étiologie de la DD n'est pas encore élucidé et il est à l'heure actuelle difficile de dire si ces bactéries sont de simples opportunistes ou si leur présence est nécessaire pour la formation de lésions. Un papillomavirus a récemment été identifié dans des lésions de DD mais son isolement à partir de biopsies de peau sans lésions rend son implication dans la pathogénie de la DD peu probable (Brandt et al., 2011).

Les tréponèmes restent donc actuellement le principal agent incriminé dans la formation des lésions de DD. Une des premières mesures pour limiter l'apparition de la DD serait donc de limiter les sources de ces tréponèmes. Même si de nombreux tréponèmes ont été isolés à partir de biopsies réalisées sur des pieds sains ou de prélèvements effectués dans l'environnement, les tréponèmes spécifiques de la DD n'ont quasiment été isolés qu'à partir de biopsies cutanées de lésions de DD. Récemment, Evans et al. (2011a) ont également isolé ces tréponèmes dans certaines lésions podales associées à la

DD, telles que certaines nécroses de la pince, ulcères de la sole et maladies de la ligne blanche qui semblent plus difficiles à guérir que les mêmes lésions observées dans une exploitation indemne de DD et dont le corium présente une structure modifiée granuleuse et d'odeur nauséabonde. Une autre source de tréponèmes pourrait être des lésions ulcératives de la peau de la mamelle fréquemment observées dans les exploitations touchées par la DD. Deux études ont en effet récemment isolé des tréponèmes associés à la DD dans des biopsies de ces lésions de la peau mammaire mais toutes ces lésions ne contenaient pas systématiquement les tréponèmes associés à la DD (Evans et al., 2010, Stamm et al., 2009). Une troisième source pourrait être des lésions d'une forme de piétain très contagieuse et particulièrement difficile à guérir qui semble être de plus en plus fréquemment observée chez les ovins ; des tréponèmes associés à la DD ont en effet également été isolés à partir de ces lésions (Moore et al., 2005, Sayers et al., 2009). Ces tréponèmes pourraient enfin être transmis *via* le matériel de parage, l'absence de nettoyage des outils de parage entre 2 exploitations ayant été observé comme une pratique augmentant le risque de DD (Wells et al., 1999). L'absence d'isolement de tréponèmes associés à la DD dans l'environnement suggère cependant que les lésions de DD sont le principal réservoir des tréponèmes spécifiques de la DD dans les exploitations bovines laitières (Evans et al., 2011b, Stamm et al., 2009). Deux mesures semblent donc nécessaires pour limiter les sources de tréponèmes. La première est d'éviter d'introduire des animaux infectés. Ces animaux peuvent être soit des animaux achetés, soit éventuellement des animaux qui ont été en contact avec des animaux infectés lors de foires ou concours. Le premier cas semble être le plus fréquemment observé et est souvent décrit comme le principal risque d'introduction de la maladie dans un troupeau indemne de DD (Nutter and Moffitt, 1990, Wells et al., 1999). L'achat de vaches primipares pour le renouvellement est un facteur souvent incriminé comme augmentant la prévalence de DD dans les exploitations. Ce constat pourrait être dû au fait que ces animaux introduisent de nouvelles souches de tréponèmes mais pourrait aussi s'expliquer par le fait que les vaches primipares sont plus sensibles à la DD et étant extérieures à l'exploitation, elles ne sont pas immunisées contre les tréponèmes présents et s'infectent facilement (Rodriguez-Lainz et al., 1999, Wells et al., 1999). Dans

une exploitation affectée, ce sont principalement les animaux atteints de DD qui sont une source de tréponèmes pour les animaux sains. La deuxième mesure importante pour éviter la contamination d'animaux sains devrait donc être d'obtenir une guérison bactériologique de lésions de DD chez les animaux infectés. Plusieurs études suggèrent qu'une augmentation de la pression d'infection pourrait augmenter le risque d'occurrence de la DD (Rodriguez-Lainz et al., 1999, Somers et al., 2005b, Wells et al., 1999) mais aucun seuil d'animaux infectés n'a pour le moment été décrit comme nécessaire pour entretenir l'infection dans une exploitation. Somers et al. (2005b) ont ainsi suggéré de traiter concomitamment tous les animaux afin de diminuer la pression d'infection et ainsi limiter l'incidence.

L'application de traitements collectifs *via* des pédiluves, mesure souvent préconisée pour limiter l'incidence, pourrait donc agir dans ce sens, en traitant concomitamment les animaux et en faisant ainsi baisser la pression d'infection (Cook, 2006, Holzhauser et al., 2008b). Leur efficacité à limiter l'incidence est cependant incertaine. Les résultats d'études transversales ayant cherché à évaluer leur impact sur le contrôle de la DD sont difficilement interprétables car les traitements collectifs sont souvent mis en œuvre en réponse à des prévalences élevées (Frankena et al., 1991, Rodriguez-Lainz et al., 1999, Somers et al., 2005a). Il existe par ailleurs très peu d'essais cliniques des traitements collectifs validés scientifiquement et la plupart de ces essais n'ont mis en évidence aucune efficacité de ces traitements à limiter l'incidence de la DD (Manske et al., 2002, Teixeira et al., 2010, Thomsen et al., 2008b).

Si la présence de tréponèmes spécifiques de la DD est un élément déterminant dans l'apparition de la DD, il n'est cependant pas suffisant à lui seul. En effet, très peu d'infections expérimentales ont réussi à reproduire la DD, et celles qui y sont parvenues ont dû pour cela faire macérer la peau digitée pendant plusieurs jours avant que la mise en contact de cette peau macérée et scarifiée avec un homogénat de lésion de DD induise la formation d'une lésion de DD (Gomez et al., 2011, Read and Walker, 1996). Il semble donc qu'une fragilisation de la barrière cutanée soit nécessaire à la pénétration des tréponèmes pathogènes, mais le mécanisme exact conduisant à la formation des lésions de DD n'a pas encore été élucidé. Un environnement

sale et abrasif au niveau des pieds est un des facteurs fréquemment incriminé comme facteur de risque de DD (Laven, 1999, Somers et al., 2005a). A ce titre, des sols humides et sales, des bétons abrasifs, des chemins d'accès aux pâtures présentant des aspérités, une surdensité d'animaux dans les bâtiments d'élevage et des couchages peu confortables obligeant les animaux à passer plus de temps sur des aires d'exercice moins propres, sont fréquemment associés à un plus grand risque de DD (Barker et al., 2009, Rodriguez-Lainz et al., 1996, Somers et al., 2005a). A l'inverse, le pâturage est associé dans la plupart des études à des prévalence de DD plus faibles (Rodriguez-Lainz et al., 1999, Wells et al., 1999). Même si l'association entre un environnement peu hygiénique et abrasif et la présence de lésions de DD a fréquemment été décrit, le type d'étude dont sont issus ces résultats, des enquêtes cas-témoins pour la plupart, ne permet pas de mettre en évidence un lien de causalité entre cet environnement dégradé et l'apparition de lésions de DD. Comme la mise en place d'études expérimentales avec différents degré d'hygiène semble difficile, il pourrait être intéressant de disposer d'études longitudinales qui vérifient l'association de la qualité de l'environnement avec l'apparition des lésions, et non pas seulement avec la prévalence, afin de préciser le rôle d'un environnement peu hygiénique ou abrasif dans l'apparition et la persistance de lésions de DD.

L'absence de parage préventif des animaux ou de longs intervalles entre parages sont dans la plupart des études observés comme facteurs de risque de DD (Rodriguez-Lainz et al., 1999, Somers et al., 2005a). Ainsi, Somers et al. (2005a), ont montré que les vaches élevées dans les exploitations où les parages étaient réalisés à des intervalles supérieurs à 7 mois avaient 1,9 fois plus de risque d'être atteintes par la DD que dans les exploitations où cet intervalle était réduit entre 5,5 et 7 mois. A l'inverse, Holzhauser et al. (2006) ont montré que des exploitations dans lesquelles les parages étaient réalisés à plus de 12 mois d'intervalle avaient des prévalences inférieures de DD. Ces exemples illustrent bien que des études cas-témoins permettent bien de mettre en évidence des associations, sans pouvoir préjuger d'un lien de causalité entre un facteur et l'apparition de DD.

Plusieurs études ont montré que la DD induisait une réponse immunitaire à la fois humorale et cellulaire (Elliott and Alt, 2009, Moe et al., 2010, Murray et al., 2002, Vink et al., 2009). Les animaux achetés et introduits dans une exploitation où la DD est endémique sont ainsi plus sensibles à la DD (Argaez-Rodriguez et al., 1997, Wells et al., 1999). Argaez-Rodriguez et al. (1997) ont montré que les animaux achetés avaient 3,4 fois plus de risque d'être atteints par la DD que les animaux nés sur l'exploitation. Rodriguez-Lainz et al. (1996) ont eux mis en évidence que l'achat de génisses de remplacement augmentait de 4,5 fois le risque qu'une exploitation ait plus de 5% des animaux qui soient affectés par la DD. Cependant, la diminution rapide des titres d'anticorps dirigés contre les tréponèmes lorsque les lésions de DD disparaissent suggère que cette immunité est de courte durée et insuffisante pour protéger les vaches de nouvelles infections (Trott et al., 2003). Les essais cliniques de vaccination montraient d'ailleurs des résultats controversés. Keil et al. (2002) ont mis en évidence une réduction de l'incidence de la DD comprise entre 79% et 91% chez des veaux vaccinés avec un vaccin anti-tréponèmes inactivé. Ertze et al. (2006) n'ont eux mis en évidence aucune efficacité préventive ni curative d'un vaccin anti-tréponèmes inactivé chez des vaches dans deux exploitations commerciales affectées par la DD de manière endémique. Ainsi, l'efficacité d'une vaccination pour protéger les vaches saines de la DD paraît incertaine, notamment en milieu infecté. En plus de la faible rémanence des anticorps dirigés contre les tréponèmes, une des difficultés dans le développement de vaccins est le manque de connaissances sur le rôle des agents pathogènes isolés de lésions de DD et l'absence d'antigènes-cibles pour les vaccins par méconnaissance des facteurs de virulence des tréponèmes (Elliott et al., 2007). Elliott et al. (2007) ont également suggéré la possible nécessité d'inclure différentes souches de tréponèmes pour que la vaccination puisse être efficace.

Si toutes les vaches sont à priori sensibles à la DD, certains animaux semblent être plus réceptifs que d'autres à la DD. Les vaches de races Prim'Holstein ont ainsi été considérées comme plus à risque comparées à certaines races locales (Holzhauer et al., 2006, Rodriguez-Lainz et al., 1999) mais ces différences pourraient provenir de différences de conduite d'élevage.

L'héritabilité de la DD étant assez faible (entre 0,03 et 0,10) (Onyiro et al., 2008, Waaij et al., 2005), une sélection génétique des animaux paraît assez compromise.

Enfin, certaines périodes de la vie d'une vache semblent être plus propices au développement de la DD, telles que leurs premières lactations et chaque début de la lactation (Holzhauer et al., 2006, Somers et al., 2005a).

Plusieurs mesures ont déjà été suggérées comme pouvant prévenir l'apparition de la DD, avec principalement des mesures portant sur la conduite d'élevage, telles qu'une amélioration du confort et de l'hygiène du logement, la sortie en pâtures des animaux, la réalisation de parages à intervalles rapprochés ou la limitation d'achat de génisses de remplacement. Les associations entre ces pratiques d'élevage et le risque de DD ayant été estimées dans des enquêtes cas-témoin, leur rôle précis dans la survenue de la DD reste cependant incertain et mériterait d'être confirmé. La principale source des tréponèmes, agents déterminants la DD, étant les lésions de DD, le contrôle des animaux à l'achat et la guérison des animaux infectés semblent être des facteurs clés dans la prévention de la DD. Des traitements collectifs ont ainsi été préconisés pour traiter concomitamment les animaux et faire baisser la pression d'infection mais leur efficacité à limiter l'incidence reste incertaine. Il serait intéressant de savoir s'il existe un seuil d'animaux atteints en-deçà duquel la pression d'infection ne serait plus suffisante pour entretenir la maladie dans une exploitation. L'efficacité de la vaccination reste pour l'instant incertaine et la mise au point de vaccins efficaces nécessite d'améliorer les connaissances pour préciser le rôle de différents agents pathogènes dans l'étiologie de la DD, identifier leurs facteurs de virulence et décrire les réactions immunologiques de l'hôte en réponse à l'infection.

3.2. Comment améliorer la guérison de la DD ?

La guérison de la DD est la deuxième voie de limitation de la prévalence de DD en permettant de diminuer la persistance des lésions. Jusqu'à présent, les mesures utilisées pour cicatrifier les lésions de DD ont essentiellement reposé sur l'utilisation d'anti-infectieux appliqués localement sur les lésions, avec une relativement grande variété de principes actifs, voies, moyens et régimes d'applications utilisés (Laven and Logue, 2006).

Deux types d'approche de traitement sont habituellement distingués : soit les traitements sont appliqués au cas par cas, de manière individuelle, suite à la détection des lésions, soit ils sont appliqués collectivement à l'ensemble des animaux, que les vaches aient des lésions ou non, le plus souvent *via* des pédiluves (Laven and Logue, 2006). Ces approches ne sont pas incompatibles et peuvent être utilisées conjointement mais elles ont chacune des intérêts et limites qui leurs sont propres. Une limite commune est cependant liée au mode d'application principalement utilisé dans ces deux approches, l'application topique.

3.2.1. Intérêts et limites propres aux traitements topiques individuels

Un certain nombre de traitements topiques sont disponibles pour traiter les animaux contre la DD de manière individuelle et plusieurs ont déjà montré leur efficacité. L'efficacité de l'application locale d'antibiotiques sur les lésions de DD a ainsi été largement démontrée, que les traitements soient appliqués sur un animal debout en salle de traite ou en levant les pieds en travail de pareur. Parmi les antibiotiques testés, l'oxytétracycline (**OTC**) est l'antibiotique dont l'efficacité est la mieux documentée, avec des guérisons observées dès 3 jours après le début du traitement (Döpfer et al., 2011, Kofler et al., 2004) et entre 72% et 92% de cas observés comme étant guéris 28 jours après le début du traitement dans la plupart des études, soit entre 3 et 25 jours après la dernière application en fonction des régimes de traitement utilisés (Kofler et al., 2004, Manske et al., 2002, van Amstel et al., 1995). D'autres antibiotiques, tels que la lincomycine (Laven and Hunt, 2001, Moore et al., 2001), l'association lincomycine/spectinomycine (Guterbock et al., 1995) et la

valnémuline (Laven and Hunt, 2001) se sont également révélés efficaces, avec des pourcentages de guérison du même ordre que ceux observés pour l'OTC.

Il est par contre plus difficile de dégager un régime optimal d'utilisation. L'OTC a en effet été testée avec des régimes variant d'une application unique (Kofler et al., 2004) à 2 applications par jour pendant 21 jours (Britt and McClure, 1998) lorsque le traitement était appliqué sans pansement, et entre 1 à 2 applications lorsque le traitement était appliqué sous pansement en travail de pareur avec maintien en place du pansement allant de 7 jours (Guterbock et al., 1995, Manske et al., 2002) à 29 jours (Nishikawa and Taguchi, 2008). Il est d'autant plus difficile de dégager un régime optimal d'utilisation que les critères d'efficacité étaient différents en fonction des auteurs. Une application unique, même réalisée en travail de pareur, semble cependant être insuffisante à guérir la plupart des lésions (Nishikawa and Taguchi, 2008, Somers et al., 2005b).

Devant le risque de développement de résistance aux antibiotiques, plusieurs produits désinfectants ont été commercialisés pour un traitement local des lésions de DD. Il existe cependant peu d'essais cliniques scientifiquement validés pour confirmer leur efficacité (Laven and Logue, 2006). Les produits les plus prometteurs semblent être ceux contenant du cuivre, soit sous forme de cuivre solubilisé (Hernandez et al., 1999, Moore et al., 2001, Shearer and Hernandez, 2000) ou de cuivre chélaté (Holzhauer et al., 2011). Ces produits ont cependant la plupart du temps montré une efficacité inférieure aux antibiotiques auxquels ils étaient comparés, avec des pourcentages de guérison 28 jours après le traitement compris entre 33% et 79% (Hernandez et al., 1999, Moore et al., 2001, Shearer and Hernandez, 2000). Seul un produit à base de cuivre chélaté a donné de meilleurs résultats que la chlortétracycline auquel il était comparé, avec un pourcentage de guérison moyen de 92%, 28 jours après le début du traitement. Ces résultats ont cependant été obtenus avec une modalité d'application plus contraignante et différente (application du produit en travail de pareur sous pansement avec renouvellement de l'applications 3 et 7 jours plus tard) de celle utilisée pour l'antibiotique auquel il était comparé (pulvérisation en travail de pareur sans pansement 1 fois par jour pendant 3 jours) (Holzhauer et al., 2011).

L'application de formaldéhyde dilué à 37% a montré une efficacité comparable à celle observée pour l'OTC (Guterbock et al., 1995) mais l'utilisation de ce produit est à déconseiller du fait de ses propriétés cancérigènes et elle a déjà été interdite dans plusieurs pays. Des produits à base d'iode (Britt et al., 1996), de glutaraldéhyde (Manske et al., 2002) ou d'acide peroxyacétique (Hernandez et al., 1999) n'ont quant à eux montré aucune efficacité dans le traitement de la DD.

Malgré l'efficacité de certains traitements topiques individuels, une des limites majeures à leur utilisation est qu'ils nécessitent que les lésions soient détectées et traitées au cas par cas. Or les lésions sont souvent détectées tard par les éleveurs, le plus souvent lorsque les animaux présentent des troubles locomoteurs marqués et il n'est alors pas certain que les traitements aient la même efficacité que lorsqu'ils ont été évalués lors d'essais cliniques (Espejo et al., 2006, Whay, 2002). De plus, cette détection et ces traitements peuvent devenir chronophages si un grand nombre d'animaux sont touchés (Laven and Logue, 2006). C'est pourquoi les traitements collectifs ont été développés et sont souvent préconisés dans les grands troupeaux ou dans les troupeaux où la prévalence de DD est élevée (Laven and Logue, 2006).

3.2.2. Intérêts et limites propres aux traitements topiques collectifs

Il existe une assez grande variété de pratiques dans l'utilisation des traitements topiques collectifs de par la gamme de produits utilisés, leur concentration et leur régime d'application. *A contrario*, très peu d'études ont validé scientifiquement leur efficacité dans le traitement de la DD (Laven and Logue, 2006).

Le moyen le plus fréquemment employé pour appliquer les traitements collectifs est l'utilisation de pédiluves de passage positionnés en sortie de salle de traite. Les pieds sont nettoyés avant traitement, soit au jet d'eau en salle de traite, soit à l'aide d'un pédiluve de « nettoyage » placé avant le pédiluve de traitement, et les solutions de traitement sont renouvelées après un certain nombre de passages, en général autour de 200 (Cook, 2006, Holzhauer et al., 2004, Speijers et al., 2010). Les produits utilisés sont ensuite déversés sur le

sol et se retrouvent mélangés aux effluents d'élevage (eaux vertes, lisiers et fumiers). Les produits se retrouvent donc *in fine* épandus sur les champs.

Jusqu'à récemment, les différents antibiotiques utilisés de manière individuelle contre la DD étaient également préconisés pour une application collective en pédiluve, avec des résultats en terme d'efficacité curative proches de ceux observés lorsque les traitements étaient appliqués de manière individuelle (Hartog et al., 2001, Laven and Hunt, 2000, Laven and Proven, 2000). Seule l'érythromycine avait cependant bénéficié d'un essai clinique contrôlé (Laven and Hunt, 2002). Ces pratiques ne sont cependant pas recommandables du fait des risques de développement d'antibio-résistances et de résidus dans le lait. Aucun antibiotique n'a d'ailleurs d'autorisation de mise sur le marché (AMM) pour cette utilisation en Europe et leur utilisation a peu à peu été abandonnée (Laven and Logue, 2006).

Devant le risque de développement d'antibio-résistances, les désinfectants ont été de plus en plus préconisés en pédiluves, avec en chefs de file, le formaldéhyde et le sulfate de cuivre (Laven and Logue, 2006). Le formaldéhyde est présenté en solution à 37% ou 39%, appelée formol. Ces produits devraient être cependant progressivement abandonnés puisque le formaldéhyde a récemment été interdit dans les pays de l'Union Européenne pour une utilisation en tant que biocide (Anonymous, 2011b) et le sulfate de cuivre risque d'être également prochainement interdit du fait de son potentiel toxique pour l'Environnement (Anonymous, 1998, Klingberg, 2009, Rankin, 2004). Ces deux produits restent cependant les produits de référence en terme d'efficacité pour leur utilisation en pédiluve et ont encore été récemment utilisés comme contrôles positifs dans des études visant à évaluer de nouveaux produits désinfectants (Speijers et al., 2010, Teixeira et al., 2010). Il n'existe cependant pas de consensus ni sur leur efficacité, ni sur un régime d'utilisation optimal. Ainsi, Laven et Hunt (2002) ont observé des proportions de cas guéris assez élevées avec l'utilisation quotidienne de formol ou de sulfate de cuivre dilués à 5%, avec respectivement 63% et 75% de guérisons 21 jours après le début du traitement. A l'inverse, Teixeira et al. (2010) n'ont observé que 17% et 24% de guérison après 28 jours d'utilisation respective de formol dilué à 5% et de sulfate de cuivre dilué à 10%, ces solutions étant appliqués deux fois par

semaines pendant 28 jours. Speijers et al. (2010), n'ont eux observé que 36% de guérison suite à l'utilisation de sulfate de cuivre dilué à 5% pendant 35 jours avec une utilisation pendant 4 traites successives, 1 fois par semaine.

Les désinfectants développés pour palier au retrait du formol et pour limiter le potentiel toxique du sulfate de cuivre, contiennent encore souvent du sulfate de cuivre mais en quantité moindre, associé à divers autres désinfectants tels que des minéraux (zinc, aluminium), le glutaraldéhyde, des ammoniums quaternaires ou des acides. Très peu d'études ont cependant évalué leur efficacité et celles validées scientifiquement n'ont la plupart du temps démontré aucune efficacité curative ou une efficacité limitée de ces produits utilisés en pédiluve. Ainsi, Thomsen et al. (2008b) n'ont montré aucune efficacité de trois produits commerciaux contenant soit du glutaraldéhyde (Virocid®), des acides organiques (Kickstart 2®) ou des ammoniums quaternaires (HoofCare DA®). Aucune efficacité curative n'a non plus été démontrée pour l'hypochlorite de sodium ou le carbonate de sodium (Holzhauer et al., 2008b, Speijers et al., 2010). Teixeira et al. (2010) ont observé une efficacité d'une solution de phénoxyéthanol (T-Hexx Dragonhyde®) utilisée diluée à 5% 2 fois par semaine, mais avec seulement 22% des pieds guéris après 4 semaines de traitement. Une étude a observé des taux de guérisons élevés avec l'utilisation d'une solution contenant du cuivre ionisé et acidifié (Hoof Pro +®), avec près de 83% des pieds guéris après 5 mois de traitement (Manske et al., 2002), mais cette étude avait observé également un fort taux de guérison spontanée (55%).

Très peu d'études ont évalué d'autres moyens d'application que l'application *via* un pédiluve de passage. Holzhauer et al. (2008b) ont évalué l'utilisation d'une solution désinfectante commerciale (Feetcare®) en pédiluve de stationnement et ont conclu à une inefficacité de ce traitement. Quelques études ont également évalué l'efficacité d'une mousse contenant des acides et du peroxyde d'hydrogène (Kovex Foam®) déversée sur l'aire d'attente avec des résultats controversés et le plus souvent une absence d'efficacité curative contre la DD (Bergsten et al., 2007, Blowey and Williams, 2004, Fiedler, 2004, Journal and Carteron, 2002). Il n'existe donc à l'heure actuelle pas

d'autres moyens d'applications validés que l'application des traitements collectifs *via* des pédiluves de passage.

Les taux de guérison relativement faibles observés avec l'utilisation de produits désinfectants non toxiques posent la question de leur utilité dans le contrôle de la DD. Il n'est en effet pas certain que des désinfectants puissent être utilisés à des doses non toxiques tout en permettant de traiter les lésions de DD. Différents auteurs ont ainsi suggéré que les traitements collectifs utilisant des désinfectants devraient être utilisés avec une visée préventive et non curative (Cook, 2006, Teixeira et al., 2010). Les désinfectants agiraient alors en limitant le développement des lésions (Laven and Logue, 2006).

3.2.3. Limites des traitements topiques

Il existe deux limites majeures dans l'utilisation des traitements topiques. La première est le fort taux de récurrence observé après l'application de traitements topiques, allant de 48% 47 jours après traitement à près de 90% 11 mois après traitement, alors que les lésions avaient été considérées comme cliniquement guéries (Nuccitelli and Berry, 2007, Read and Walker, 1998). Le mécanisme qui conduit à ces récurrences n'est pas encore élucidé et pourrait correspondre à de la résurgence ou de la ré-occurrence. Plusieurs auteurs ont en effet suggéré qu'une application locale d'anti-infectieux pouvait être insuffisante pour que ces anti-infectieux atteignent des concentrations capables d'inactiver les agents pathogènes localisés dans les couches profondes du tissu cutané, ce qui conduirait à la persistance de ces agents et à la résurgence de lésions (Berry et al., 1999, Döpfer et al., 2011, Mumba et al., 1999). Différents antibiotiques, tels que le ceftiofur (Guterbock et al., 1995, Read and Walker, 1998), la cefquinome (Laven, 2006), l'érythromycine (Laven, 2006) et l'oxytétracycline (Silva et al., 2005), ont ainsi été testés en application parentérale pour traiter la DD. Les résultats de ces études ont montré des efficacités comparables ou inférieures (Silva et al., 2005) à celles d'antibiotiques appliqués localement, alors qu'ils sont souvent plus chers, sont associés à des temps d'attente pour le lait, et augmentent le risque de développement d'antibio-résistance pour la flore commensale. Aucune étude n'a d'ailleurs investigué s'ils permettaient une guérison bactériologique des

lésions et s'ils limitaient la récurrence des lésions. Leur utilité dans le traitement de la DD n'est donc pour le moment pas certaine. Il est également possible que l'utilisation d'anti-inflammatoires soit utile dans la guérison des DD. La persistance des tréponèmes serait en effet indirectement due à la réaction inflammatoire induite par leur pénétration dans la peau et leur stimulation de l'inflammation. Cette réaction conduit à l'accumulation de cellules et protéines inflammatoires sur le site de pénétration des tréponèmes, qui induirait la disjonction des cellules épithéliales et la formation de poches anaérobies favorables au développement des tréponèmes et autres bactéries anaérobies (Edwards et al., 2003). Pourtant, aucun traitement anti-inflammatoire n'a pour le moment été testé, ni recommandé (Laven and Logue, 2006) et leur utilisation pourrait également poser des problèmes de temps d'attente, voire d'avortement des vaches gestantes. Les interventions chirurgicales, telles que le débridement des lésions ou leur ablation, et la cautérisation des lésions n'ont quant à elles pas permis de limiter la récurrence des lésions, alors que ces interventions sont plus invasives que les traitements anti-infectieux topiques (Silva et al., 2004). Une absence de récurrence était bien sûr observée lorsque le pied avait été amputé, mais cette pratique ne semble guère envisageable en intervention courante (Silva et al., 2004).

La deuxième hypothèse avancée pour expliquer le fort taux de récurrence est que ces récurrences seraient en fait des ré-occurrences, du fait d'une immunité peu protectrice contre la DD. Il est alors possible soit que les traitements appliqués au cas par cas ou que la fréquence d'administration des traitements ne soient pas suffisants pour faire diminuer la pression d'infection, soit qu'il existe des sources d'agents pathogènes non identifiées qui entretiennent la maladie. La solution préconisée à l'heure actuelle devant ce fort taux de récurrence est l'application répétée des traitements, que ces traitements soient appliqués de manière individuelle ou collective. Il n'existe cependant pas de consensus sur la fréquence d'application optimale (Laven and Logue, 2006).

La deuxième limite à l'utilisation de topiques est que leur efficacité semble être influencée par différents facteurs, tels que l'historique des traitements pratiqués dans l'exploitation, les caractéristiques des animaux ou

la sévérité des lésions. Deux études menées dans des exploitations qui avaient utilisé des tétracyclines en pédiluve pendant plusieurs années ont ainsi rapporté que l'OTC appliquée de manière locale était peu efficace, avec des pourcentages de guérison à 30 jours avoisinant les 20% (Nishikawa and Taguchi, 2008, Shearer and Hernandez, 2000), ce qui renforce les hypothèses de développement d'antibio-résistances. Hernandez et Shearer (2000) ont eux observé que seulement 9% de lésions situées dans l'espace interdigité étaient guéries 30 jours après application d'OTC en salle de traite. Nishikawa et Taguchi (2008) ont constaté une mauvaise guérison lorsque la taille des lésions était importante et chez les primipares, observation également constatée par Moore et al. (2001). Enfin, une étude récemment menée dans 5 exploitations (Holzhauer et al., 2011), a rapporté une grande variation de pourcentages de guérison 28 jours après l'application locale de chlortétracycline, allant de 44% à 100% en fonction des exploitations. Les auteurs n'avançaient pas d'explication sur ces différences mais Kofler et al. (2004) ont suggéré que la propreté des sols pouvait influencer l'efficacité des traitements topiques. Ces auteurs conseillaient ainsi de maintenir les animaux sur un sol propre pendant au moins 30 minutes après l'application des traitements pour limiter la dilution des produits de traitement avec les déjections.

Il est donc possible qu'il n'existe pas de traitement idéal pour un troupeau mais que le choix des principes actifs et des régimes de traitement doive être adapté en fonction des particularités de chaque exploitation. Ainsi, des traitements appliqués à un troupeau pourrait se révéler inefficace dans d'autres. Il semble donc important de considérer les caractéristiques des exploitations, des animaux et la sévérité des lésions de DD dans des études cherchant à évaluer l'efficacité de traitements, ces traitements devant également être pratiques à administrer pour en améliorer l'observance.

Les mesures utilisées pour guérir la DD reposent actuellement essentiellement sur l'utilisation de traitements topiques appliqués de manière individuelle ou collective. Les traitements individuels sont plus efficaces que les traitements collectifs pour guérir les lésions mais ils nécessitent que les éleveurs détectent et traitent les animaux au cas par cas ce qui peut se révéler être astreignant dans des grands troupeaux ou dans les troupeaux où la prévalence de DD est élevée. Le traitement de référence en topique individuel reste l'oxytétracycline mais certains désinfectants à base de cuivre semblent prometteurs. L'utilisation de désinfectants en traitements collectifs appliqués *via* des pédiluves semble intéressante pour limiter le temps à passer à détecter et traiter individuellement les animaux atteints de DD. Il semble cependant difficile d'obtenir des concentrations qui soient efficaces pour guérir les lésions installées sans atteindre des seuils toxiques pour l'environnement.

La capacité des traitements topiques à atteindre les agents pathogènes situés dans les couches profondes de la peau reste questionnée et le fort taux de récurrence observé après traitement implique que les traitements soient appliqués régulièrement sans qu'aucune fréquence optimale d'utilisation n'ait été déterminée. L'efficacité des traitements topiques semble être influencée par différents facteurs tels que l'historique des traitements, la propreté des sols, la sévérité des lésions de DD et la parité des animaux. Ces facteurs sont cependant rarement pris en compte dans l'évaluation des mesures de contrôle.

4 - Quelles sont les motivations et freins à l'application de mesures de contrôle de la DD par les éleveurs ?

Les experts européens consultés pour déterminer les mesures à mettre en place pour améliorer le bien-être des vaches laitières ont pointé comme un des problèmes à améliorer en priorité, le manque de détection et de prise en charge des troubles locomoteurs par les éleveurs (Anonymous, 2009b). Il paraît donc important de déterminer les raisons de ce manque de prise en charge afin de proposer des mesures de contrôle applicables sur le terrain par les éleveurs.

Un des premiers facteurs qui incite les éleveurs à lutter contre les troubles locomoteurs est l'observation d'une boiterie franche, principalement du fait de leur volonté de réduire la douleur associée aux boiteries chez leurs animaux et de leur fierté d'avoir un troupeau en bonne santé (Leach et al., 2010b). Contrairement à ce que l'on pourrait penser, les éleveurs citaient souvent ces deux arguments avant l'impact négatif des boiteries sur les performances de production lorsqu'ils étaient interrogés sur les facteurs les motivant à lutter contre les boiteries (Leach et al., 2010b). Or, on sait que les éleveurs ont tendance à sous-estimer le nombre de vaches boiteuses, observant entre 2 à 5 fois moins de vaches boiteuses que les chercheurs ou vétérinaires utilisant une grille de notation des boiteries et détectant essentiellement les animaux les plus sévèrement atteints (Espejo et al., 2006, Leach et al., 2010a, Wells et al., 1993). Dans le cas de la DD, la proportion d'animaux atteints pourrait être encore plus sous-estimée par les éleveurs car les lésions de DD induisent des troubles locomoteurs de sévérité variable, allant d'une simple gêne qui se manifeste par des piétinements à de franches suppressions d'appuis, en fonction de la sévérité des lésions, de leur localisation et probablement du type de sol et des sensibilités individuelles des animaux (Frankena et al., 2009, Hernandez and Shearer, 2000, Read and Walker, 1998). Des lésions ne provoquant pas de boiteries sévères ne seront donc probablement pas considérées comme problématiques par les éleveurs, même si elles sont détectées, alors qu'elles participent à la propagation de la maladie dans le troupeau et seraient probablement les plus faciles à guérir. Il est donc

nécessaire de démontrer l'intérêt de la détection de ces lésions aux éleveurs et le cas échéant, de leur proposer des outils adaptés à cette détection.

Le deuxième critère qui détermine l'intervention des éleveurs est leur capacité à estimer les pertes induites par une maladie. En effet de nombreux éleveurs enquêtés par Leach et al. (2010a) ont expliqué qu'ils intervenaient fréquemment et rapidement lorsqu'ils détectaient des problèmes de mammites, de cellules ou des problèmes de fertilité parce que ces troubles de la santé avaient des impacts qui étaient visibles et qu'ils pouvaient facilement estimer (Leach et al., 2010a). A l'inverse, seulement 30% des éleveurs ont pu estimer un coût lié aux boiteries et ces estimations étaient très variables d'un éleveur à l'autre, avec des coûts estimés comme relevant principalement des pertes de production laitière et des coûts de traitement (Leach et al., 2010a). Cette estimation peut être d'autant plus difficile dans le cas de la DD qu'il existe relativement peu d'études sur son impact économique et que celles qui ont cherché à l'estimer ont assimilé une atteinte par la DD à une boiterie (Bruijnis et al., 2010, Cha et al., 2010, Ettema et al., 2010). Lorsque les chercheurs se sont intéressés à l'impact d'une lésion de DD sans que celle-ci ne soit nécessairement associée à une observation de boiterie, seul l'impact de la DD sur la production laitière a été estimé avec des effets à court-terme assez variables, allant d'aucune perte (Amory et al., 2008, Ettema et al., 2007) jusqu'à une perte de 5,5 kg de lait par jour (Pavlenko et al., 2011). De plus, l'impact de la DD à l'échelle d'une exploitation peut varier en fonction de la présentation clinique de la maladie et de sa prévalence dans chaque exploitation. Une estimation plus fine de l'impact de la DD sur les performances de production serait une première étape importante pour éclairer les éleveurs sur l'impact économique de la DD dans leur exploitation.

Trois facteurs étaient souvent cités par les éleveurs comme limitant leur prise en charge des troubles locomoteurs : le manque de temps, le manque de moyens humains et le coût des traitements (Leach et al., 2010b). Les mesures à mettre en place pour contrôler les troubles locomoteurs sont en effet considérées comme étant chronophages et impliquant une surcharge de travail importante (Leach et al., 2010a), avec des traitements souvent appliqués individuellement alors que l'augmentation du nombre de vaches par éleveur a

tendance à limiter le temps disponible pour une attention au cas par cas. Par ailleurs, l'identification précise de l'affection podale à l'origine du trouble locomoteur et donc la détermination du traitement adapté, nécessite de lever les pieds en travail et soit de traiter soi-même les lésions, ce qui demande du temps et implique une capacité à reconnaître et traiter les affections podales, soit de faire appel à un pédicure bovin ou à un vétérinaire, ce qui représente un certain coût (Mill and Ward, 1994). La prise en charge des troubles locomoteurs serait donc potentiellement meilleure si les éleveurs étaient mieux formés à la reconnaissance et au traitement des affections podales. Dans le cas de la DD, il pourrait être utile de développer un outil simple qui leur permette de mieux estimer la prévalence de la DD dans leur troupeau en se basant sur la proportion de vaches atteintes et non seulement sur la proportion de celles présentant des boiteries sévères. Enfin, le fait qu'un facteur de motivation souvent suggéré par les éleveurs soit « une augmentation du prix du lait » semble indiquer les limites des éleveurs à investir dans des mesures coûteuses de contrôle des maladies. Une mesure de contrôle de la DD sera donc d'autant plus appliquée qu'elle est facile à mettre en œuvre, peu chronophage et ne demande pas d'investissements financiers importants.

Enfin, 11% des éleveurs enquêtés par Stokes et al. (2011) ont déploré un manque de connaissances sur la DD et de solutions pour traiter la DD.

Le défaut de mise en place de mesures de contrôle de la DD par les éleveurs semble provenir de leur difficulté à mesurer l'ampleur de la maladie et son impact dans leur exploitation. Il est donc nécessaire de montrer l'intérêt qu'apporterait le contrôle de cette maladie, en termes d'impact économique mais aussi d'atteinte du bien-être de leurs animaux. Le développement d'outils pour détecter les animaux atteints avant qu'ils ne manifestent des boiteries sévères pourrait également être d'une aide précieuse pour mieux évaluer l'ampleur de la maladie. Quoi qu'il en soit, les mesures de contrôle proposées devront être compatibles avec leur organisation du travail et ne pas demander d'investissements trop importants, dans la conjoncture actuelle, pour être effectivement mises en place par les éleveurs.

5 - Objectifs, stratégie d'analyse et plan de thèse

Devant l'augmentation de la prévalence de la DD préjudiciable au bien-être des vaches laitières et l'échec apparent des mesures mise en places pour la contrôler, l'objectif général de la thèse était d'évaluer des mesures qui semblent prometteuses pour diminuer durablement la prévalence de la DD, en permettant de limiter et de raisonner l'utilisation d'antibiotiques, tout en étant respectueuses de l'Homme et de l'Environnement et en restant acceptables par les éleveurs.

Notre premier objectif était d'évaluer le bénéfice apporté par l'application de traitements collectifs utilisant des produits désinfectants non toxiques en plus de traitements individuels antibiotiques par rapport à l'utilisation de ces traitements individuels seuls pour contrôler la DD. En effet, il existe encore beaucoup d'interrogations sur l'intérêt des traitements collectifs et il n'est pas sûr que leur application soit nécessaire dans toutes les exploitations. L'application de traitements collectifs pourrait cependant, dans certaines situations, être une mesure intéressante pour contrôler la DD. En effet, le fait de traiter concomitamment tous les animaux pourrait, en limitant le développement de nouvelles lésions, faire baisser la pression d'infection, limiter l'incidence et *in fine* limiter le recours aux traitements individuels qui restent chronophages et utilisent souvent des antibiotiques. Ces traitements individuels semblent cependant être nécessaires pour guérir les lésions installées. L'application de traitements collectifs pourrait par ailleurs rester compatible avec l'organisation du travail des éleveurs sans demander d'investissements financiers trop importants, à condition de disposer de moyens d'applications alternatifs aux pédiluves qui peuvent être difficilement mis en place dans certaines exploitations.

Notre second objectif était de préciser le rôle que jouent les pratiques d'élevage dans l'augmentation de l'incidence et dans la guérison des lésions de DD. Certaines pratiques ont en effet été identifiées comme étant associées à des prévalences de DD élevées et jouent très probablement un rôle dans le contrôle de la DD. Même si un changement de ces pratiques risque d'être plus difficilement acceptable par les éleveurs du fait des changements

d'infrastructures ou de conduite d'élevage complexes et coûteux qu'il induirait, il nous a semblé important de préciser le rôle de ces pratiques d'élevage dans le contrôle de la DD, d'une part parce qu'elles pourraient agir sur l'efficacité des traitements évalués et d'autre-part, parce que la connaissance de leur rôle permettrait de mieux conseiller les éleveurs non encore installés dans leur choix de conduite d'élevage.

Notre troisième objectif était d'estimer l'impact de la DD sur les performances de production laitière, première étape pour évaluer l'impact économique de la DD dans les exploitations et, à terme, le ratio coût-bénéfice attendu suite à la mise en place de mesures de contrôle. Cette estimation semble en effet être un des arguments utiles pour motiver les éleveurs à mettre en place des mesures de contrôle.

Comme les pratiques de traitement collectif peuvent être assez variables entre exploitations et que les études transversales ne permettent pas de préciser le lien de causalité pouvant exister entre une exposition et le paramètre mesuré, la conduite d'un essai clinique contrôlé semblait être la plus appropriée pour évaluer le bénéfice apporté par l'application de traitements collectifs en plus de traitements individuels. Nous avons vu que les deux questions principales sur les traitements collectifs portaient sur le régime d'application nécessaire pour guérir les lésions et limiter l'incidence et sur des moyens alternatifs aux pédiluves pour appliquer les traitements. Nous avons choisi de mettre en place des protocoles de traitement collectifs avec différents régimes d'application et deux moyens d'application, un pédiluve de passage et un moyen alternatif. Par ailleurs, nous avons vu que les conditions d'élevage pouvaient influencer la dynamique de la DD et potentiellement interférer avec l'efficacité des traitements. Nous avons donc choisi de mettre en place cet essai clinique dans différentes exploitations confrontées à la DD de manière endémique, de manière à améliorer l'extrapolation des résultats d'efficacité obtenus. En collectant dans cet essai des données relatives à la conduite d'élevage, nous pouvions également préciser le rôle de certaines pratiques d'élevage sur l'apparition et la persistance de lésions de DD. Nous avons alors choisi de mener cet essai dans le maximum d'exploitations que nous pouvions suivre de manière à pouvoir identifier d'éventuelles pratiques peu représentées

mais pouvant impacter le contrôle de la DD. Avec cet essai clinique, nous disposons d'un jeu de données assez important avec des mesures répétées du statut des animaux vis-à-vis de la DD. Nous avons donc demandé l'extraction des données issues des contrôles laitiers de ces exploitations pour mettre en relation le statut d'un animal vis-à-vis de la DD et sa production laitière mesurée mensuellement et ainsi estimer l'impact de la DD sur les performances de production laitière.

Deux étapes préalables ont été nécessaires avant de pouvoir mettre en place cet essai. La première a été de définir les protocoles de traitement à comparer dans l'essai clinique. Il a donc fallu choisir des produits de traitement et des modalités d'application des traitements disponibles et acceptables par les éleveurs en France. Une enquête a donc été réalisée auprès de 72 éleveurs de bovins laitiers dans différents bassins laitiers en France afin d'identifier les modalités d'application des traitements individuels et collectifs acceptables par les éleveurs de bovins laitiers en France. Comme l'objectif de l'essai clinique était d'évaluer différentes modalités d'application des traitements collectifs, et non pas l'efficacité de produits de traitement, il a fallu sélectionner un produit de traitement à appliquer pour les traitements collectifs, et un produit également pour le traitement individuel des lésions sévères. La sélection des produits a été réalisée parmi les produits commercialisés en France sur la base de publications relatant leur efficacité. Cette enquête ainsi que la sélection des produits à évaluer dans l'étude d'intervention sont présentés dans le **Chapitre 2**.

La deuxième étape a consisté à développer et évaluer les performances d'une méthode de notation des lésions de DD qui puisse être suffisamment fiable et simple d'utilisation pour évaluer le statut des animaux vis-à-vis de la DD dans l'essai clinique. Nous avons donc évalué la concordance intra- et inter-observateurs ainsi que la précision d'une méthode consistant à inspecter les pieds postérieurs en salle de traite à l'aide d'un miroir télescopique et d'une lampe frontale puissante, dans 4 exploitations bovines laitières. L'évaluation de cette méthode est présentée dans le **Chapitre 3**.

Le **Chapitre 4** présente les protocoles de traitement et pratiques d'élevage identifiés dans l'essai clinique comme influençant d'une part la guérison et d'autre part l'incidence de la DD. Cette étude a été menée pendant 6 mois dans 52 exploitations bovines laitières, les exploitations ayant été réparties de manière quasi-aléatoire dans 4 groupes de traitements en stratifiant sur la prévalence initiale de DD. Le choix des protocoles et des produits de traitement ont découlé de l'analyse présentée dans le **Chapitre 2**. Les exploitations étaient suivies toutes les 4 semaines par 14 investigateurs, le statut des vaches vis-à-vis de la DD étant évalué à chaque visite pendant la traite selon la méthode présentée au **Chapitre 3**. L'effet des traitements et des pratiques d'élevage sur la guérison et l'incidence de DD ont été estimés à l'aide d'analyses de survie.

Le **Chapitre 5** s'intéresse à l'impact de la DD sur la production laitière. Cet impact a été estimé à l'aide d'un modèle d'analyse de variance à effets mixtes à partir des données issues des contrôles laitiers pour les animaux dont le statut vis-à-vis de la DD avait été évalué dans l'essai clinique présenté dans le **Chapitre 4**.

Enfin, le **Chapitre 6** consiste en une discussion générale du projet de thèse. Les principaux résultats de la thèse y sont d'abord rappelés et mis en perspectives. Les méthodes employées pour investiguer l'efficacité de mesures de contrôle de la DD sont ensuite discutées. Nous présentons enfin quelques perspectives d'application des résultats des travaux de cette thèse sur le terrain et pistes de recherche pour améliorer le contrôle de la DD.

Références bibliographiques

- Agreste. 2007. Principaux cheptels selon leur effectif. Accessed Dec. 3, 2011. Online: <http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/structure2008T13.pdf>
- Amory, J. R., Z. E. Barker, J. L. Wright, S. A. Mason, R. W. Blowey, and L. E. Green. 2008. Associations between sole ulcer, white line disease and digital dermatitis and the milk yield of 1824 dairy cows on 30 dairy cow farms in England and Wales from February 2003-November 2004. *Prev. Vet. Med.* 83(3-4):381-391.
- Anonymous. 1998. Directive 98/8/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 février 1998 concernant la mise sur le marché des produits biocides. *JO (CE)*. 123:1-63.
- Anonymous. 2009a. Scientific Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare on a request from European Commission on the overall effects of farming systems on dairy cow welfare and disease. *The EFSA Journal* 1143:1-38.
- Anonymous. 2009b. Scientific opinion on welfare of dairy cows in relation to leg and locomotion problems based on a risk assessment with special reference to the impact of housing, feeding, management and genetic selection. *The EFSA Journal* 1142:19-57.
- Anonymous. 2011a. Avis aux producteurs, importateurs et distributeurs de substances actives et de produits biocides et autres responsables de la mise sur le marché de produits biocides, et aux utilisateurs de produits biocides concernant l'interdiction d'utilisation de certains produits biocides. *JO (RF)* 213(92):15430.
- Anonymous. 2011b. Décision de la commission du 1^{er} juillet 2011 concernant la non-inscription de certaines substances à l'annexe I, I A ou I B de la directive 98/8/CE du Parlement européen et du Conseil concernant la mise sur le marché des produits biocides. *JO (UE)* 175:28-29.
- Argaez-Rodriguez, F. J., D. W. Hird, J. Hernandez de Anda, D. H. Read, and A. Rodriguez-Lainz. 1997. Papillomatous digital dermatitis on a commercial dairy farm in Mexicali, Mexico: incidence and effect on reproduction and milk production. *Prev. Vet. Med.* 32(3-4):275-286.
- Baggott, D. G. and A. M. Russell. 1981. Lameness in cattle. *British Vet. J.* 137(1):113-132.

- Barker, Z. E., J. R. Amory, J. L. Wright, S. A. Mason, R. W. Blowey, and L. E. Green. 2009. Risk factors for increased rates of sole ulcers, white line disease, and digital dermatitis in dairy cattle from twenty-seven farms in England and Wales. *J. Dairy Sci.* 92(5):1971-1978.
- Barker, Z. E., K. A. Leach, H. R. Whay, N. J. Bell, and D. C. J. Main. 2010. Assessment of lameness prevalence and associated risk factors in dairy herds in England and Wales. *J. Dairy Sci.* 93(3):932-941.
- Barthélemy, D. and J. P. Boinon. 2001. La gestion des quotas laitiers dans trois pays membres de l'union européenne : objectifs marchands versus objectifs non marchands. in *Journée du département ESR : quelle politique laitière pour l'Union Européenne ?* INRA, Paris, France.
- Bergsten, C. 2001. Effects of conformation and management system on hoof and leg diseases and lameness in dairy cows. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 17(1):1-23, v.
- Bergsten, C., J. Hultgren, and A. Hillstrom. 2007. Using copper sulphate, peracetic acid or a combination of both in foot bath for the control of digital dermatitis and heel horn erosion in dairy cows. Page 96 in *Proc. of 13th International Congress in Animal Hygiene*, Tartu, Estonia.
- Berry, S. L., D. H. Read, and R. D. Walker. 1999. Recurrence of papillomatous digital dermatitis (footwarts) in dairy cows after treatment with lincomycin HCL or oxytetracycline HCl. *J. Dairy Sci.* 82 (suppl 1):34.
- Berry, S. L., R. L. Walker, D. H. Read, D. W. Hird, and R. A. Ertze. 2004. The current state of knowledge on (papillomatous) digital dermatitis in dairy cattle: with particular reference to control. Pages 130-137 in *Proc. 13th Intern. Symp. 5th Conf. Lameness Ruminants*. Zemlic, B., Maribor, Slovenija.
- Bicalho, R. C., S. H. Cheong, G. Cramer, and C. L. Guard. 2007a. Association between a visual and an automated locomotion score in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 90(7):3294-3300.
- Bicalho, R. C., F. Vokey, H. N. Erb, and C. L. Guard. 2007b. Visual locomotion scoring in the first seventy days in milk: impact on pregnancy and survival. *J. Dairy Sci.* 90(10):4586-4591.
- Blowey, R. and M. Williams. 2004. Use of a novel foot foam in the control of digital dermatitis. in *Proc. 13th Intern. Symp. 5th Conf. Lameness Ruminants* Zemlic, B., Maribor, Slovenija.

- Blowey, R. W. and M. W. Sharp. 1988. Digital dermatitis in dairy cattle. *Vet. Rec.* 122(21):505-508.
- Booth, C. J., L. D. Warnick, Y. T. Gröhn, D. O. Maizon, C. L. Guard, and D. Janssen. 2004. Effect of Lameness on Culling in Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 87(12):4115-4122.
- Brandt, S., V. Apprich, V. Hackl, R. Tober, M. Danzer, C. Kainzbauer, C. Gabriel, C. Stanek, and J. Kofler. 2011. Prevalence of bovine papillomavirus and *Treponema* DNA in bovine digital dermatitis lesions. *Vet. Microbiol.* 148(2/4):161-167.
- Britt, J. B. and J. McClure. 1998. Field trials with antibiotic and non antibiotic treatments for Papillomatous digital dermatitis. *Bovine Pr.* 32(2):25-28.
- Britt, J. S., S. L. Berry, J. Shearer, T. Hemling, B. J. Steevens, and M. Dreher. 1999. A uniform protocol for evaluating response to treatment of papillomatous digital dermatitis lesions. *Bovine Pr.* 33(2):149-154.
- Britt, J. S., J. Gaska, E. F. Garrett, D. Konkle, and M. Mealy. 1996. Comparison of topical application of three products for treatment of papillomatous digital dermatitis in dairy cattle. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 209(6):1134-1136.
- Brujinis, M. R. N., H. Hogeveen, and E. N. Stassen. 2010. Assessing economic consequences of foot disorders in dairy cattle using a dynamic stochastic simulation model. *J. Dairy Sci.* 93(6):2419-2432.
- Capion, N., S. M. Thamsborg, and C. Enevoldsen. 2009. Prevalence and severity of foot lesions in Danish Holstein heifers through first lactation. *Vet. J.* 182(1):50-58.
- Cha, E., J. A. Hertl, D. Bar, and Y. T. Grohn. 2010. The cost of different types of lameness in dairy cows calculated by dynamic programming. *Prev. Vet. Med.* 97(1):1-8.
- Cheli, R. and C. Mortellaro. 1974. Digital dermatitis in cattle. / La dermatite digitale del bovino. Pages 208-213 in VIII International meeting on diseases of cattle. VI Congresso della Societa' Italiana di Buiatria, Milan, 1974. Tipografia Editoriale Piacentina Gallarati., Piacenza; Italy.
- Choi, B. K., H. Nattermann, S. Grund, W. Haider, and U. B. Gobel. 1997. Spirochetes from digital dermatitis lesions in cattle are closely related to

treponemes associated with human periodontitis. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 47(1):175-181.

Collighan, R. J. and M. J. Woodward. 1997. Spirochaetes and other bacterial species associated with bovine digital dermatitis. *FEMS microbiology letters* 156(1):37-41.

Cook, N. 2006. Footbath alternatives. (14 Jul., 2011). Accessed Dec. 3, 2011. Online: <http://www.dairylandhoofcare.com/Articles/New-Articles/Footbath%20Alternatives.pdf>

Cramer, G., K. D. Lissemore, C. L. Guard, K. E. Leslie, and D. F. Kelton. 2008. Herd- and cow-level prevalence of foot lesions in Ontario dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 91(10):3888-3895.

Cruz, C., D. Driemeier, C. Cerva, and L. G. Corbellini. 2001. Bovine digital dermatitis in southern Brazil. *Vet. Rec.* 148(18):576-577.

Cruz, C. E., C. A. Pescador, Y. Nakajima, and D. Driemeier. 2005. Immunopathological investigations on bovine digital epidermitis. *Vet. Rec.* 157(26):834-840.

Döpfer, D. 2009. Digital Dermatitis. The dynamics of digital dermatitis in dairy cattle and the manageable state of disease. *CanWest Veterinary Conference.* Accessed Dec. 3, 2011. Online: <http://www.canwestconference.ca/proceedings/Bovine-Hoof-Health-Symposium/Digital-Dermatitis.pdf> ; <http://www.hoofhealth.ca/Dopfer.pdf>

Döpfer, D., A. Koopmans, F. A. Meijer, I. Szakall, Y. H. Schukken, W. Klee, R. B. Bosma, J. L. Cornelisse, A. J. van Asten, and A. A. ter Huurne. 1997. Histological and bacteriological evaluation of digital dermatitis in cattle, with special reference to spirochaetes and *Campylobacter faecalis*. *Vet. Rec.* 140(24):620-623.

Döpfer, D., M. Lopez-Benavides, M. Buchalova, C. Mateus, N. Cook, A. Dusick, T. Hemling, M. Socha, D. Read, and A. Gomez. 2011. Clinical, histological, and microbial cure of acute digital dermatitis lesions and the influence of topical treatments upon cure. Page 25 in *Proc. 16th Intern. Symp. 8th Conf. Lameness Ruminants.* Laven, R., Rotorua, New Zealand.

Edwards, A. M., D. Dymock, and H. F. Jenkinson. 2003. From tooth to hoof: treponemes in tissue-destructive diseases. *J. Appl. Microbiol.* 94(5):767-780.

- Elliott, M. K. and D. P. Alt. 2009. Bovine immune response to papillomatous digital dermatitis (PDD)-associated spirochetes is skewed in isolate reactivity and subclass elicitation. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 130(3-4):256-261.
- Elliott, M. K., D. P. Alt, and R. L. Zuerner. 2007. Lesion formation and antibody response induced by papillomatous digital dermatitis-associated spirochetes in a murine abscess model. *Infect. Immun.* 75(9):4400-4408.
- Enting, H., D. Kooij, A. A. Dijkhuizen, R. B. M. Huirne, and E. N. Noordhuizen-Stassen. 1997. Economic losses due to clinical lameness in dairy cattle. *Livest. Prod. Sci.* 49(3):259-267.
- Ertze, R. A., D. H. Read, D. W. Hird, and S. L. Berry. 2006. Field evaluation of prophylactic and therapeutic effects of a vaccine against (papillomatous) digital dermatitis in dairy cattle on two California dairies. *Bovine Pr.* 40(2):76-82.
- Espejo, L. A., M. I. Endres, and J. A. Salfer. 2006. Prevalence of lameness in high-producing holstein cows housed in freestall barns in Minnesota. *J. Dairy Sci.* 89(8):3052-3058.
- Ettema, J., S. Østergaard, and A. R. Kristensen. 2010. Modelling the economic impact of three lameness causing diseases using herd and cow level evidence. *Prev. Vet. Med.* 95(1-2):64-73.
- Ettema, J. F., N. Capion, and A. E. Hill. 2007. The association of hoof lesions at claw trimming with test-day milk yield in Danish Holsteins. *Prev. Vet. Med.* 79(2-4):224-243.
- Ettema, J. F. and S. Østergaard. 2006. Economic decision making on prevention and control of clinical lameness in Danish dairy herds. *Livest. Sci.* 102(1):92-106.
- Evans, N. J., R. W. Blowey, D. Timofte, D. R. Isherwood, J. M. Brown, R. Murray, R. J. Paton, and S. D. Carter. 2011a. Association between bovine digital dermatitis treponemes and a range of 'non-healing' bovine hoof disorders. *Vet. Rec.* 168(8):214.
- Evans, N. J., J. M. Brown, I. Demirkan, R. D. Murray, W. D. Vink, R. W. Blowey, C. A. Hart, and S. D. Carter. 2008. Three unique groups of spirochetes isolated from digital dermatitis lesions in UK cattle. *Vet. Microbiol.* 130(1-2):141-150.

- Evans, N. J., J. M. Brown, I. Demirkan, P. Singh, B. Getty, D. Timofte, W. D. Vink, R. D. Murray, R. W. Blowey, R. J. Birtles, C. A. Hart, and S. D. Carter. 2009. Association of unique, isolated treponemes with bovine digital dermatitis lesions. *J. Clin. Microbiol.* 47(3):689-696.
- Evans, N. J., J. M. Brown, R. D. Murray, B. Getty, R. J. Birtles, C. A. Hart, and S. D. Carter. 2011b. Characterization of novel bovine gastrointestinal tract *Treponema* isolates and comparison with bovine digital dermatitis treponemes. *Appl. Environ. Microbiol.* 77(1):138-147.
- Evans, N. J., D. Timofte, S. D. Carter, J. M. Brown, R. Scholey, D. H. Read, and R. W. Blowey. 2010. Association of treponemes with bovine ulcerative mammary dermatitis. *Vet. Rec.* 166(17):532-533.
- Faull, W. B., J. W. Hughes, M. J. Clarkson, D. Y. Downham, F. J. Manson, J. B. Merritt, R. D. Murray, W. B. Russell, J. E. Sutherst, and W. R. Ward. 1996. Epidemiology of lameness in dairy cattle: the influence of cubicles and indoor and outdoor walking surfaces. *Vet. Rec.* 139(6):130-136.
- Fiedler, A. 2004. Investigation of the efficacy of the Kovex-foam-system in the decrease of the incidence of *Dermatitis digitalis*; *Dermatitis interdigitalis* and *Erosio unguulae*. Pages 148-150 in *Proc. 13th Intern. Symp. 5th Conf. Lameness Ruminants*. Zemlic, B., Maribor, Slovenija.
- Fourichon, C., H. Seegers, N. Bareille, and F. Beaudeau. 1999. Effects of disease on milk production in the dairy cow: a review. *Prev. Vet. Med.* 41(1):1-35.
- Fourichon, C., H. Seegers, and X. Malher. 2000. Effect of disease on reproduction in the dairy cow: A meta-analysis. *Theriogenology* 53(9):1729-1759.
- Frankena, K., J. G. Somers, W. G. Schouten, J. V. van Stek, J. H. Metz, E. N. Stassen, and E. A. Graat. 2009. The effect of digital lesions and floor type on locomotion score in Dutch dairy cows. *Prev. Vet. Med.* 88(2):150-157.
- Frankena, K., E. N. Stassen, J. P. Noordhuizen, J. O. Goelema, J. Schipper, H. Smelt, and H. Romkema. 1991. Prevalence of lameness and risk indicators for *dermatitis digitalis* (Mortellaro disease) during pasturing and housing of dairy cattle. Pages 107-118 in *Proc. Ann. meeting Soc. Vet. Epidemiology and Preventive Medicine*, London, UK.
- Gomez, A., N. Cook, D. Döpfer, N. Bernardoni, A. Dusick, and D. Read. 2011. An experimental infection model for digital dermatitis. Page 15 in *Proc.*

16th Intern. Symp. 8th Conf. Lameness Ruminants. Laven, R., Rotorua, New Zealand.

Green, L. E., J. Borkert, G. Monti, and N. Tadich. 2010. Associations between lesion-specific lameness and the milk yield of 1,635 dairy cows from seven herds in the Xth region of Chile and implications for management of lame dairy cows worldwide. *Animal Welfare* 19(4):419-427.

Green, L. E., V. J. Hedges, Y. H. Schukken, R. W. Blowey, and A. J. Packington. 2002. The impact of clinical lameness on the milk yield of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85(9):2250-2256.

Greenough, P. R., C. K. W. Muelling, D. Döpfer, and D. J. Tomlinson. 2008. International atlas of lesions of cattle feet. Nomenclature and atlas update. Page 40 in Proc. 15th Intern. Symp. 7th Conf. Lameness Ruminants. Niemi, J., Kuopio, Finland.

Guterbock, W. M., C. L. Borelli, and D. H. Read. 1995. Evaluation of four therapies of papillomatous digital dermatitis in dairy cattle. Pages 240-241 in Proc. Annu. Mtg. Am. Assoc. Bov. Pract. AHBP, Rome, Italy.

Hartog, B. J., S. H. M. Tap, H. J. Pouw, D. A. Poole, and R. A. Laven. 2001. Systemic bioavailability of erythromycin in cattle when applied by footbath. *Vet. Rec.* 148(25):782-783.

Haskell, M. J., L. J. Rennie, V. A. Bowell, M. J. Bell, and A. B. Lawrence. 2006. Housing system, milk production, and zero-grazing effects on lameness and leg injury in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89(11):4259-4266.

Hernandez, J. and J. K. Shearer. 2000. Efficacy of oxytetracycline for treatment of papillomatous digital dermatitis lesions on various anatomic locations in dairy cows. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 216(8):1288-1290.

Hernandez, J., J. K. Shearer, and J. B. Elliott. 1999. Comparison of topical application of oxytetracycline and four nonantibiotic solutions for treatment of papillomatous digital dermatitis in dairy cows. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 214(5):688-690.

Holzhauser, M., C. J. Bartels, D. Döpfer, and G. van Schaik. 2008a. Clinical course of digital dermatitis lesions in an endemically infected herd without preventive herd strategies. *Vet. J.* 177(2):222-230.

- Holzhauser, M., C. J. Bartels, M. van Barneveld, C. Vulders, and T. Lam. 2011. Curative effect of topical treatment of digital dermatitis with a gel containing activated copper and zinc chelate. *Vet. Rec.* 169(21):555.
- Holzhauser, M., D. Döpfer, J. de Boer, and G. van Schaik. 2008b. Effects of different intervention strategies on the incidence of papillomatous digital dermatitis in dairy cows. *Vet. Rec.* 162(2):41-46.
- Holzhauser, M., C. Hardenberg, C. J. Bartels, and K. Frankena. 2006. Herd- and cow-level prevalence of digital dermatitis in the Netherlands and associated risk factors. *J. Dairy Sci.* 89(2):580-588.
- Holzhauser, M., O. C. Sampimon, and G. H. Counotte. 2004. Concentration of formalin in walk-through footbaths used by dairy herds. *Vet. Rec.* 154(24):755-756.
- IARC. 2004. IARC classifies formaldehyde as carcinogenic to humans IARC Press Release. (153). Accessed Dec. 3, 2011. Online: <http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2004/pr153.html>
- INERIS. 2005. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques - Cuivre et ses dérivés - Version N°1-5-février 05. Page 66 pp. INERIS.
- INRS. 2008. Le point des connaissances sur le formaldéhyde . ED 5032. Page 4. INRS.
- Journel, C. and T. Carteron. 2002. Foot disease of dairy cattle: controlling [interdigital] dermatitis with a foam bath [of peracetic acid]. / *Maladie des pieds des vaches laitières: maîtriser la dermatite digitée avec de la mousse.* *Point Vet.* 33(228):14-15.
- Keil, D. J., A. Liem, D. L. Stine, and G. A. Anderson. 2002. Serological and clinical response of cattle to farm specific digital dermatitis bacterins. Page 385 in *Proc. 12th Intern. Symp. Lameness Ruminants.* Shearer, J. K., Orlando, FL.
- Klingberg, K. 2009. Copper Sulfate Foot Bath Treatment for Animal Health: Impact on Manure Nutrient Content, Crops, Soil and the Environment. Accessed Dec. 3, 2011. Online: <http://www.docstoc.com/docs/23141497/Copper-Sulfate-Foot-Bath-Treatment-for-Animal-Health-Impact>.

- Klitgaard, K., M. Boye, N. Capion, and T. K. Jensen. 2008. Evidence of multiple treponema phylotypes involved in bovine digital dermatitis as shown by 16S rRNA gene analysis and fluorescence in situ hybridization. *J. Clin. Microbiol.* 46(9):3012-3020.
- Kofler, J., M. Pospichal, and M. Hofmann-Parisot. 2004. Efficacy of the non-antibiotic paste Protexin Hoof-Care for topical treatment of digital dermatitis in dairy cows. *J. Vet. Med. Ser. A* 51(9-10):447-452.
- Krohn, C. C. 1994. Behavior of dairy-cows kept in extensive (loose housing pasture) or intensive (tie stall) environments .3. Grooming, exploration and abnormal-behavior. *Appl. Environ. Microbiol.* 42(2):73-86.
- Laven, R. A. 1999. The environment and digital dermatitis. *Cattle Practice* 7:349-355.
- Laven, R. A. 2006. Efficacy of systemic cefquinome and erythromycin against digital dermatitis in cattle. *Vet. Rec.* 159(1):19-20.
- Laven, R. A. and H. Hunt. 2000. A comparison of local and systemic antibiotics for the treatment of digital dermatitis. Pages 193-197 in *Proc. 11th Intern. Symp. Lameness Ruminants, Parma, Italy.*
- Laven, R. A. and H. Hunt. 2001. Comparison of valnemulin and lincomycin in the treatment of digital dermatitis by individually applied topical spray. *Vet. Rec.* 149(10):302-303.
- Laven, R. A. and H. Hunt. 2002. Evaluation of copper sulphate, formalin and peracetic acid in footbaths for the treatment of digital dermatitis in cattle. *Vet. Rec.* 151(5):144-146.
- Laven, R. A. and D. N. Logue. 2006. Treatment strategies for digital dermatitis for the UK. *Vet. J.* 171(1):79-88.
- Laven, R. A. and M. J. Proven. 2000. Use of an antibiotic footbath in the treatment of bovine digital dermatitis. *Vet. Rec.* 147(18):503-506.
- Leach, K. A., H. R. Whay, C. M. Maggs, Z. E. Barker, E. S. Paul, A. K. Bell, and D. C. J. Main. 2010a. Working towards a reduction in cattle lameness: 1. Understanding barriers to lameness control on dairy farms. *Res. Vet. Sci.* 89(2):311-317.
- Leach, K. A., H. R. Whay, C. M. Maggs, Z. E. Barker, E. S. Paul, A. K. Bell, and D. C. J. Main. 2010b. Working towards a reduction in cattle lameness: 2. Understanding dairy farmers' motivations. *Res. Vet. Sci.* 89(2):318-323.

- Manske, T., J. Hultgren, and C. Bergsten. 2002. Topical treatment of digital dermatitis associated with severe heel-horn erosion in a Swedish dairy herd. *Prev. Vet. Med.* 53(3):215-231.
- Melendez, P., J. Bartolome, L. F. Archbald, and A. Donovan. 2003. The association between lameness, ovarian cysts and fertility in lactating dairy cows. *Theriogenology* 59(3-4):927-937.
- Mill, J. M. and W. R. Ward. 1994. Lameness in dairy cows and farmers' knowledge, training and awareness. *Vet. Rec.* 134(7):162-164.
- Moe, K. K., T. Yano, K. Misumi, C. Kubota, W. Yamazaki, M. Muguruma, and N. Misawa. 2010. Analysis of the IgG Immune Response to *Treponema phagedenis*-Like Spirochetes in Individual Dairy Cattle with Papillomatous Digital Dermatitis. *Clin. Vaccine Immunol.* 17(3):376-383.
- Moore, D. A., S. L. Berry, M. L. Truscott, and V. Koziy. 2001. Efficacy of a nonantimicrobial cream administered topically for treatment of digital dermatitis in dairy cattle. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 219(10):1435-1438.
- Moore, L. J., M. J. Woodward, and R. Grogono-Thomas. 2005. The occurrence of treponemes in contagious ovine digital dermatitis and the characterisation of associated *Dichelobacter nodosus*. *Vet. Microbiol.* 111(3-4):199-209.
- Morris, M. J., K. Kaneko, S. L. Walker, D. N. Jones, J. E. Routly, R. F. Smith, and H. Dobson. 2011. Influence of lameness on follicular growth, ovulation, reproductive hormone concentrations and estrus behavior in dairy cows. *Theriogenology* 76(4):658-668.
- Moter, A., G. Leist, R. Rudolph, K. Schrank, B. K. Choi, M. Wagner, and U. B. Gobel. 1998. Fluorescence in situ hybridization shows spatial distribution of as yet uncultured treponemes in biopsies from digital dermatitis lesions. *Microbiology.* 144(9):2459-2467.
- Mumba, T., D. Döpfer, C. Kruitwagen, M. Dreher, W. Gaastra, and B. A. van der Zeijst. 1999. Detection of spirochetes by polymerase chain reaction and its relation to the course of digital dermatitis after local antibiotic treatment in dairy cattle. *J. Vet. Med. Ser. B* 46(2):117-126.
- Murray, R. D., D. Y. Downham, I. Demirkan, and S. D. Carter. 2002. Some relationships between spirochaete infections and digital dermatitis in four UK dairy herds. *Res. Vet. Sci.* 73(3):223-230.

- Nishikawa, A. and K. Taguchi. 2008. Healing of digital dermatitis after a single treatment with topical oxytetracycline in 89 dairy cows. *Vet. Rec.* 163(19):574-576.
- Nordhoff, M., A. Moter, K. Schrank, and L. H. Wieler. 2008. High prevalence of treponemes in bovine digital dermatitis—a molecular epidemiology. *Vet. Microbiol.* 131(3-4):293-300.
- Nuccitelli, B. and S. L. Berry. 2007. The long term recurrence of digital dermatitis after treatment with lincomycin HCl on a commercial dairy farm. Page 289 in *Proc. of 40th Annu. Conf. of Am. Assoc. Bov. Pract. American Association of Bovine Practitioners, Vancouver, British Columbia, Canada.*
- Nutter, W. T. and J. A. Moffitt. 1990. Digital dermatitis control. *Vet. Rec.* 126(8):200-201.
- Offer, J. E., D. N. Logue, and D. McNulty. 2000. Observations of lameness, hoof conformation and development of lesions in dairy cattle over four lactations. *Vet. Rec.* 147(4):105-109.
- Onyiro, O. M., L. J. Andrews, and S. Brotherstone. 2008. Genetic parameters for digital dermatitis and correlations with locomotion, production, fertility traits, and longevity in Holstein-Friesian dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91(10):4037-4046.
- Parveen, S, Lukasuk, J, Scott, M. T, Tamplin, L. M, Portier, M. K, Sheperd, S, Braun, K, Farrah, and R. S. 2006. Geographical variation in antibiotic resistance profiles of *Escherichia coli* isolated from swine, poultry, beef and dairy cattle farm water retention ponds in Florida. Vol. 100. No. 1. Blackwell, Oxford, ROYAUME-UNI.
- Pavlenko, A., C. Bergsten, I. Ekesbo, T. Kaart, A. Aland, and L. Lidfors. 2011. Influence of digital dermatitis and sole ulcer on dairy cow behaviour and milk production. *Animal* 5(8):1259-1269.
- Rankin, M. 2004. Agronomic and Environmental Issues with Foot Bath Solution Land Spreading. in 4-State Dairy Conference. Wisconsin, USA.
- Read, D. and R. Walker. 1996. Experimental transmission of papillomatous digital dermatitis (footwarts) in cattle. *Vet. Pathol.* 33:607.
- Read, D. H. and R. L. Walker. 1998. Papillomatous digital dermatitis (footwarts) in California dairy cattle: clinical and gross pathologic findings. *J. Vet. Diagn. Invest.* 10(1):67-76.

- Rodriguez-Lainz, A., D. W. Hird, and D. H. Read. 1996. Case-control study of papillomatous digital dermatitis in southern California dairy farms. *Prev. Vet. Med.* 28:117-131.
- Rodriguez-Lainz, A., P. Melendez-Retamal, D. W. Hird, and D. H. Read. 1998. Papillomatous digital dermatitis in Chilean dairies and evaluation of a screening method. *Prev. Vet. Med.* 37(1-4):197-207.
- Rodriguez-Lainz, A., P. Melendez-Retamal, D. W. Hird, D. H. Read, and R. L. Walker. 1999. Farm- and host-level risk factors for papillomatous digital dermatitis in Chilean dairy cattle. *Prev. Vet. Med.* 42(2):87-97.
- Sayers, G., P. X. Marques, N. J. Evans, L. O'Grady, M. L. Doherty, S. D. Carter, and J. E. Nally. 2009. Identification of *Spirochetes* Associated with Contagious Ovine Digital Dermatitis. *J. Clin. Microbiol.* 47(4):1199-1201.
- Schlafer, S., M. Nordhoff, C. Wyss, S. Strub, J. Hubner, D. M. Gescher, A. Petrich, U. B. Gobel, and A. Moter. 2008. Involvement of *Gugenheimella bovis* in digital dermatitis lesions of dairy cows. *Vet. Microbiol.* 128(1-2):118-125.
- Shearer, J. K. and J. Hernandez. 2000. Efficacy of two modified nonantibiotic formulations (Victory) for treatment of papillomatous digital dermatitis in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83(4):741-745.
- Silva, L. A., C. A. Silva, J. R. Borges, M. C. Fioravanti, G. T. Borges, and I. B. Atayde. 2005. A clinical trial to assess the use of sodium hypochlorite and oxytetracycline on the healing of digital dermatitis lesions in cattle. *The Canadian Vet. J.* 46(4):345-348.
- Silva, L. A. F., I. B. Atayde, M. C. S. Fioravanti, D. Eurides, K. S. Oliveira, C. A. Silva, D. Vieira, and E. G. Araujo. 2004. Comparative study of three surgical treatments for two forms of the clinical presentation of bovine pododermatitis. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1026:118-124.
- Sogstad, Å. M., O. Østerås, T. Fjeldaas, and O. Nafstad. 2007. Bovine claw and limb disorders related to culling and carcass characteristics. *Livest. Sci.* 106(1):87-95.
- Somers, J. G., K. Frankena, E. N. Noordhuizen-Stassen, and J. H. Metz. 2005a. Risk factors for digital dermatitis in dairy cows kept in cubicle houses in The Netherlands. *Prev. Vet. Med.* 71(1-2):11-21.

- Somers, J. G., W. G. Schouten, K. Frankena, E. N. Noordhuizen-Stassen, and J. H. Metz. 2005b. Development of claw traits and claw lesions in dairy cows kept on different floor systems. *J. Dairy Sci.* 88(1):110-120.
- Speijers, M. H. M., L. G. Baird, G. A. Finney, J. McBride, D. J. Kilpatrick, D. N. Logue, and N. E. O'Connell. 2010. Effectiveness of different footbath solutions in the treatment of digital dermatitis in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93(12):5782-5791.
- Stamm, L. V., H. L. Bergen, and R. L. Walker. 2002. Molecular typing of papillomatous digital dermatitis-associated *Treponema* isolates based on analysis of 16S-23S ribosomal DNA intergenic spacer regions. *J. Clin. Microbiol.* 40(9):3463-3469.
- Stamm, L. V., R. L. Walker, and D. H. Read. 2009. Genetic diversity of bovine ulcerative mammary dermatitis-associated *Treponema*. *Vet. Microbiol.* 136(1-2):192-196.
- Stehouwer, R. and G. Roth. 2004. Copper Sulfate Hoof Baths and Copper Toxicity in Soil. *Penn State University Field Crop News.* 4. Accessed Dec. 3, 2011. Online: <http://www.das.psu.edu/news/dd200403-03>
- Stokes, J., H. Whay, K. Leach, and D. Main. 2011. Farmer's management strategies for digital dermatitis control in England and Wales. Page 176 in *Proc. 16th Intern. Symp. 8th Conf. Lameness Ruminants.* Laven, R., Rotorua, New Zealand.
- Strub, S., J. R. van der Ploeg, K. Nuss, C. Wyss, A. Luginbuhl, and A. Steiner. 2007. Quantitation of *Guggenheimella bovis* and treponemes in bovine tissues related to digital dermatitis. *FEMS microbiology letters* 269(1):48-53.
- Tadich, N., E. Flor, and L. Green. 2009. Associations between hoof lesions and locomotion score in 1098 unsound dairy cows. *Vet. J.* 184(1):60-65.
- Teixeira, A. G. V., V. S. Machado, L. S. Caixeta, R. V. Pereira, and R. C. Bicalho. 2010. Efficacy of formalin, copper sulfate, and a commercial footbath product in the control of digital dermatitis. *J. Dairy Sci.* 93(8):3628-3634.
- Thomsen, P. T., I. C. Klaas, and K. Bach. 2008a. Short communication: scoring of digital dermatitis during milking as an alternative to scoring in a hoof trimming chute. *J. Dairy Sci.* 91(12):4679-4682.
- Thomsen, P. T., J. T. Sørensen, and A. K. Ersbøll. 2008b. Evaluation of three commercial hoof-care products used in footbaths in Danish dairy herds. *J. Dairy Sci.* 91(4):1361-1365.

- Trott, D. J., M. R. Moeller, R. L. Zuerner, J. P. Goff, W. R. Waters, D. P. Alt, R. L. Walker, and M. J. Wannemuehler. 2003. Characterization of *Treponema phagedenis*-like spirochetes isolated from papillomatous digital dermatitis lesions in dairy cattle. *J. Clin. Microbiol.* 41(6):2522-2529.
- van Amstel, S. R., S. van Vuuren, and C. L. Tutt. 1995. Digital dermatitis: report of an outbreak. *J. S. Afr. Vet. Assoc.* 66(3):177-181.
- Vink, W. D., G. Jones, W. O. Johnson, J. Brown, I. Demirkan, S. D. Carter, and N. P. French. 2009. Diagnostic assessment without cut-offs: Application of serology for the modelling of bovine digital dermatitis infection. *Prev. Vet. Med.* 92(3):235-248.
- Waaïj, E. H. v. d., M. Holzhauer, E. Ellen, C. Kamphuis, and G. d. Jong. 2005. Genetic parameters for claw disorders in Dutch dairy cattle and correlations with conformation traits. *J. Dairy Sci.* 88(10):3672-3678.
- Warnick, L. D., D. Janssen, C. L. Guard, and Y. T. Grohn. 2001. The effect of lameness on milk production in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84(9):1988-1997.
- Weaver, A. D., L. Andersson, A. De Laistre Banting, P. N. Demerzis, P. F. Knezevic, D. J. Peterse, and F. Sankovic. 1981. Review of disorders of the ruminant digit with proposals for anatomical and pathological terminology and recording. *Vet. Rec.* 108(6):117-120.
- Wells, S. J., L. P. Garber, and B. A. Wagner. 1999. Papillomatous digital dermatitis and associated risk factors in US dairy herds. *Prev. Vet. Med.* 38(1):11-24.
- Wells, S. J., A. M. Trent, W. E. Marsh, and R. A. Robinson. 1993. Prevalence and severity of lameness in lactating dairy cows in a sample of Minnesota and Wisconsin herds. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 202(1):78-82.
- Whay, H. 2002. Locomotion scoring and lameness detection in dairy cattle. *In Pract.* 24(8):444-449.
- Yano, T., R. Yamagami, K. Misumi, C. Kubota, K. K. Moe, T. Hayashi, K. Yoshitani, O. Ohtake, and N. Misawa. 2009. Genetic heterogeneity among strains of *Treponema phagedenis*-like spirochetes isolated from dairy cattle with papillomatous digital dermatitis in Japan. *J. Clin. Microbiol.* 47(3):727-733.

Yeruham, I. and S. Perl. 1998. Clinical aspects of an outbreak of papillomatous digital dermatitis in a dairy cattle herd. *J. S. Afr. Vet. Assoc.* 69(3):112-115.

Chapitre 2

Sélection de traitements disponibles et applicables pour contrôler la DD en France



Pour contrôler la DD, deux types de mesures sont disponibles, médicales et non médicales. Comme nous l'avons vu dans le **Chapitre 1**, il existe peu de données sur l'efficacité de mesures non médicales et les traitements contre la DD sont les mesures qui sont les plus faciles à mettre en œuvre dans les exploitations car elles demandent des investissements limités pour les éleveurs. Il existe néanmoins beaucoup d'interrogations à leur sujet, notamment sur l'intérêt des traitements collectifs et sur les régimes optimaux pour contrôler la DD, ce qui nous a incités à mettre en place une étude pour évaluer différents protocoles de traitement utilisant un traitement individuel et plusieurs régimes de traitements collectifs (**Chapitre 4**). Nous devons donc au préalable sélectionner des produits qui puissent être efficaces dans des conditions d'application acceptables par les éleveurs. Or, si on sait que les conditions d'applications des traitements doivent être compatibles avec l'organisation des éleveurs pour être effectivement appliqués (Leach et al., 2010), les critères qui conditionnent l'application des traitements peuvent être variables d'une exploitation à l'autre en fonction de l'organisation du travail des éleveurs, des lieux disponibles pour appliquer les traitements et de perceptions différentes des contraintes acceptables en fonction des éleveurs. La DD étant présente depuis au moins 20 ans en France (Gourreau et al., 1992), certains éleveurs ont pu essayer différentes pratiques de traitement et en apprécier les avantages et inconvénients. Il nous a donc paru intéressant de dresser un état des lieux des pratiques de traitements mises en place par les éleveurs en France contre la DD en s'intéressant notamment aux motifs qui les avaient poussés à abandonner certaines pratiques, afin d'éviter tester dans l'essai clinique des pratiques de traitements qui ne seraient finalement pas applicables. Pour ce faire, une enquête transversale sur les pratiques de traitement de la DD a été réalisée auprès d'éleveurs bovins laitiers français et est présentée en première partie de ce chapitre. Cette enquête a été réalisée par une étudiante en dernière année d'études vétérinaires, Marie Madeleine Auzanneau, travail que j'ai co-encadré et qui a servi de base à la rédaction de sa thèse vétérinaire (Auzanneau, 2009).

Par ailleurs, nous voulions utiliser un produit unique pour les traitements individuels et un seul produit également pour les traitements collectifs dans l'essai clinique présenté en **Chapitre 4**, l'objectif étant de comparer l'efficacité de régimes et voies d'application et non de produits de traitement. Il a donc fallu sélectionner ces produits sur des critères d'efficacité en se basant sur l'efficacité relatée dans la bibliographie. Cette sélection est présentée en deuxième partie de ce chapitre.

1 - Etat des lieux des pratiques de traitement de la DD utilisées par les éleveurs de bovins laitiers en France

1.1. Matériel et méthodes

Une enquête a été réalisée au printemps 2009 auprès de 72 éleveurs de vaches laitières dont les exploitations étaient localisées dans les principaux bassins laitiers français. Le nombre d'exploitations à inclure a été défini sur un critère pratique comme étant le maximum d'exploitations pouvant être enquêtées en 3 mois. Ces exploitations ont été recrutées de manière à pouvoir observer une diversité de pratiques de traitement. Nous avons donc inclus des exploitations qui avaient entrepris leur premier traitement contre la DD depuis au moins 2 ans, afin que ces éleveurs aient pu tester différentes pratiques et aient un recul suffisant sur les traitements mis en place. Ces exploitations ont été recrutées dans les principaux bassins laitiers (FranceAgriMer, 2011), en veillant à inclure des exploitations situées dans les régions transfrontalières, afin de prendre en compte la potentielle influence de pratiques de pays limitrophes sur les pratiques et les ressentis pouvant exister vis-à-vis des traitements. Le recrutement des exploitations a été réalisé à partir des indications des vétérinaires et pédicures bovins travaillant dans ces régions.

Chaque exploitation a été visitée une fois par une même personne, une étudiante en dernière année d'études vétérinaires, Marie-Madeleine Auzanneau. Durant cette visite, un entretien était réalisé en face à face avec un des éleveurs de l'exploitation, l'éleveur répondant à un questionnaire semi-ouvert. Ce questionnaire avait été testé au préalable dans 2 exploitations. La

première partie de ce questionnaire permettait de récolter des données relatives aux caractéristiques générales du troupeau (nombre de vaches traitées, races présentes, type de bâtiment, type de salle de traite), à la conduite d'élevage (conduite de renouvellement, pratiques de nettoyage des sols, conduite de pâturage, pratiques de parage) et aux manifestations de la DD dans le troupeau laitier (historique de la DD dans le troupeau, méthode de détection de la DD, catégories d'animaux atteints, périodicité et saisonnalité des manifestations de la DD). L'éleveur était ensuite interrogé sur les traitements entrepris contre la DD depuis le diagnostic de la maladie dans son exploitation. Pour chaque traitement, les éleveurs étaient interrogés sur le type de traitement (individuel ou collectif), la voie (topique ou générale), le moyen (pédiluve, tapis, pansement, ...) et le régime d'application (durée et fréquence d'application), ainsi que sur le produit utilisé et la concentration à laquelle il avait été utilisé. Le lieu de traitement et les mesures potentielles de nettoyage des pieds avant traitement étaient également demandés. Si un traitement collectif avait été entrepris, il était demandé aux éleveurs de préciser si ce traitement était appliqué de manière régulière ou si ce traitement avait été appliqué suite à une épizootie, ainsi que le nombre de passages de vaches avant renouvellement des solutions. L'efficacité des solutions désinfectantes peut en effet être affectée par la présence de matières fécales, dont la quantité augmente avec le nombre d'animaux passant dans les bacs de solution. Il est ainsi souvent recommandé de ne pas faire passer plus de 200 animaux dans les bacs de traitement (Berry et al., 2002, Holzhauer et al., 2004). Il leur était ensuite demandé s'ils appliquaient toujours ce traitement au jour de l'entretien ou si le traitement avait été abandonné et d'indiquer alors les facteurs qui avaient motivé le maintien ou l'abandon du traitement. Les éleveurs devaient enfin préciser leur satisfaction globale vis-à-vis du traitement en fonction de 4 critères : l'efficacité perçue (disparition de la boiterie, guérison des lésions, absence de récurrence), la facilité d'application, le coût des traitements et leur dangerosité pour l'éleveur ou ses vaches. Ils pouvaient également avancer d'autres arguments leur semblant importants dans leur décision.

Les données ont été saisies dans un tableur Excel (Microsoft Corp., Redmont, WA) puis analysées à l'aide du logiciel SAS ® version 9.1.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC). Pour l'analyse des données, les différents traitements ont été catégorisés en fonction de leur système et de leur procédé de traitement. Cette catégorisation est illustrée dans la **Figure 2-1**.

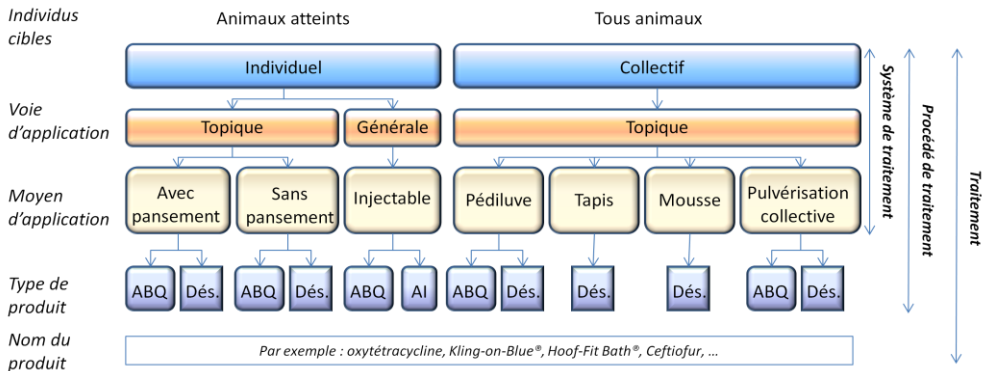


Figure 2-1. Classement utilisé pour définir les différentes catégories de traitement mis en œuvre contre la DD par les 65 éleveurs de bovins laitiers retenus dans le cadre de l'enquête sur les pratiques de traitement contre la DD en France

Un traitement a été défini comme un procédé de traitement combiné avec un produit de traitement ou plusieurs produits de traitement utilisés concomitamment. Les modalités d'application de chaque traitement comprennent les concentrations employées, la fréquence et la durée des traitements, la réalisation d'un nettoyage des pieds avant traitement et le fait que le pied ait été levé ou non pour appliquer le traitement. Les motifs d'abandon ont été regroupés en 5 catégories : inefficacité à guérir les lésions, observation de récurrences, traitement contraignant d'application, traitement coûteux et traitement dangereux pour l'utilisateur ou les animaux. L'unité utilisée pour les analyses statistiques était un traitement expérimenté par un éleveur. L'analyse des données a d'abord consisté à décrire les principales caractéristiques de l'échantillon. Les différents traitements expérimentés par

les éleveurs ont ensuite été répertoriés en fonction des procédés de traitements utilisés et leurs modalités d'application ont été décrites. L'influence des systèmes et des modalités d'application des traitements sur la conservation des principaux traitements expérimentés a été évaluée en comparant les pourcentages de traitement conservés à l'aide de test de Chi-2 ou de Fisher, le seuil de significativité ayant été fixé à 5%. Enfin, pour chaque procédé de traitement, les principaux motifs d'abandon des traitements ont été répertoriés.

1.2. Résultats

1.2.1. Description de l'échantillon

A partir des 72 exploitations enquêtées dans les 5 principaux bassins laitiers français, 65 exploitations bovines répondaient finalement aux critères d'inclusion, dont 29 exploitations localisées dans l'Ouest, 22 dans l'Est, 7 en Normandie, 4 dans le Nord et 3 dans le Sud-est.

Les principales caractéristiques des exploitations sont présentées dans le **Tableau 2-1**.

Tableau 2-1. Caractéristiques des 65 exploitations retenues dans le cadre de l'enquête sur les pratiques de traitement contre la DD en France

Caractéristique	% d'exploitation (nombre)
Taille du troupeau laitier¹	
35-60	30,8 (20)
61-90	46,2 (30)
91-150	23,1 (15)
Race²	
Prim'Holstein	75,4 (49)
Normandes	7,7 (5)
Prim'Holstein et autres races	17,9 (11)
Type de logement	
Logettes	83,1 (54)
Aire paillée	13,8 (9)
Niche à vache	3,1 (2)
Conduite de pâturage	
Pâturage une partie de l'année	55,4 (36)
Parcours une partie de l'année	13,8 (9)
Zéro-pâturage	30,8 (20)
Fréquence de parage préventif	
Jamais	30,8 (20)
1 fois /an	52,3 (34)
2 à 3 fois / an	17,9 (11)
Achat	
Jamais	29,2 (19)
Occasionnellement	58,5 (38)
Régulièrement	12,3 (8)
Historique de DD	
2 – 5 ans	43,1 (28)
5 – 10 ans	36,9 (24)
10 – 22 ans	20,0 (13)
Prévalence actuelle de DD estimée par l'éleveur³	
0	7,8 (5)
0,01 – 0,05	17,2 (11)
0,06 – 0,10	20,3 (13)
0,11 – 0,50	54,7 (35)

¹nombre de vaches en lactation

²race majoritaire ($\geq 90\%$) ; autres races : Montbéliardes, Brunes des Alpes, Red'Holstein, Normandes, croisées

³proportion moyenne annuelle de vaches atteintes par la DD estimée par les éleveurs

Les éleveurs ont rapporté détecter la DD selon deux procédés : soit ils détectaient la maladie une fois que les lésions étaient installées et provoquaient des manifestations cliniques, soit ils recherchaient activement la présence de lésions de DD. Tous les éleveurs ont déclaré que l'apparition d'une boiterie leur permettait de détecter une vache atteinte de DD et pour 11% (n=7), cette détection pouvait également faire suite à la perception d'une odeur nauséabonde. Onze pourcents des éleveurs (n=7) procédaient à un dépistage des lésions de DD en inspectant tous les postérieurs des animaux en salle de traite après nettoyage au jet d'eau à l'œil nu. Parmi ces éleveurs, 4 effectuaient ce dépistage de manière régulière mensuellement, 2 éleveurs le pratiquaient suite à une flambée de cas et 1 éleveur pratiquait ce dépistage une fois dans l'hiver. La détection d'une lésion aboutissait alors au traitement individuel de cet animal. Les sessions de parage préventif étaient également reconnues comme un moment de détection et de traitement des animaux atteints.

La plupart des éleveurs ont relevé que la DD apparaissait essentiellement lorsque les conditions environnementales étaient humides (n=24) ou en hiver (n=24). Quatorze éleveurs ont noté que des flambées de cas survenaient surtout en début de lactation et 5 lorsque la ration était acidogène. Dix éleveurs n'ont pas noté que la DD se manifestait dans leur troupeau sous forme de flambées de cas, la maladie étant plutôt présente de manière persistante sans variation de prévalence, tout au long de l'année.

1.2.2. Description des traitements expérimentés par les éleveurs

Parmi les 65 éleveurs inclus, 8 n'ont utilisé que des traitements individuels et 1 éleveur n'a utilisé que des traitements collectifs. Les 56 autres ont essayé au moins une fois un traitement collectif et un traitement individuel. Les médianes du nombre de traitements expérimentés par éleveur étaient de 2 traitements [1- 8] et 2 traitements individuels [1- 6].

Les 65 éleveurs ont ainsi utilisé 95 traitements différents selon le procédé et le produit employé. Chaque traitement ayant pu être essayé par

plusieurs éleveurs, l'échantillon d'analyse comprenait au total 335 traitements. Parmi ces traitements, 8 systèmes de traitement ont pu être différenciés, dont 4 systèmes utilisés pour appliquer les traitements individuels et 4 pour appliquer les traitements collectifs (**Tableau 2-2**).

Les traitements individuels ont ainsi majoritairement été appliqués par voie topique sans pansement (120 traitements expérimentés), puis par voie topique avec pansement (n=23) ou par voie parentérale (n=19). Une intervention chirurgicale, par cryothérapie, ablation ou cautérisation des lésions, a également été employée à 3 occasions. Les traitements collectifs ont majoritairement été appliqués *via* des pédiluves de passages (n=105), avec différents types de pédiluves (bétonnés, bacs plastiques, pédiluve automatique Vink®). Quelques traitements ont également été appliqués *via* des tapis imbibés (n=29), une mousse (n=17) ou la pulvérisation de désinfectants sur les pieds postérieurs de tous les animaux (n=19).

Tableau 2-2. Description des traitements expérimentés par les 65 éleveurs enquêtés avec indication des principaux produits de traitement utilisés selon les procédés de traitement employés

Système de traitement	Type de produit ¹	Nombre de traitements ²	Nombre de produits ³	Principaux produits de traitement ⁴
Traitements individuels		165		
Topique pansement	sa: Abq	85	4	OTC, CTC, LS
Topique pansement	sa: Des	35	12	HFG, HFL, Pédiline
Topique pansement	av: Abq	7	1	OTC
Topique pansement	av: Des	16	6	HFG, CuSO4
Injection parentérale	Abq	15	4	Ceftiofur
Injection parentérale	AI	4	2	Flunixin, Kétoprofène
Chirurgie	-	3	-	-
Traitements collectifs		170		
Pédiluve passage	de Abq	4	2	OTC, LS
Pédiluve passage	de Des	101	24	Formol, CuSO4, KOB, HFB, PN
Tapis	Des	29	8	Formol
Mousse	Des	17	1	Kovex foam
Pulvérisation collective	Abq	9	2	OTC, LS
Pulvérisation collective	Des	10	5	HFL

¹ Abq : antibiotique ; Des : désinfectant ; AI : anti-inflammatoire

² nombre de traitements expérimentés, un traitement étant défini par sa voie et son moyen d'application, le ou les produits de traitement utilisé(s) et les individus traités

³ nombre de produits de traitement utilisés par procédé de traitement

⁴ OTC : oxytétracycline ; CTC : chlortétracycline ; LS : lincomycine-spectinomycine ; HFG : Hoof-Fit Gel® ; HFL : Hoof-Fit Liquid ; HFB : Hoof-Fit Bath® ; CuSO4 : sulfate de cuivre ; KOB : Kling-On Blue® ; PN : Pat'Net®

Parmi les produits de traitements, trois antibiotiques ont été principalement utilisés, l'oxytétracycline (**OTC**, Oxytetrin Spray®, Oxytetrin P®) et l'association lincomycine-spectinomycine (LincoSpectin 100®), essentiellement pour des applications individuelles topiques sans pansement. Ces produits ont cependant également été utilisés pour des traitements collectifs appliqués soit via des pédiluves de passage (n=4) ou par pulvérisations collectives (n=9). Le ceftiofur (Excenel®, Excenel RTU®) reste le produit le plus utilisé par voie parentérale (n=12). Quelques éleveurs ont également employé des anti-inflammatoires, flunixin (Méflosyl®) ou kétoprofène (Ketofen®) par voie générale (n=4). Les désinfectants ont été utilisés pour des traitements collectifs (n=101) et des traitements topiques individuels, avec ou sans pansement (n=51). En traitement individuel, ces désinfectants étaient essentiellement des solutions commerciales soit à base de cuivre et zinc chélatés (Hoof-Fit Gel®, Hoof-Fit Liquid®), soit composée de sulfate de cuivre (**CuSO₄**), sulfate d'aluminium, glutaraldéhyde et ammonium quaternaire (Pédiline®). Même si une grande variété de produits de traitements a été utilisée en pédiluves de passage, le formol et le CuSO₄ restent les produits qui ont été les plus employés (n=60), le plus souvent concomitamment (n=43). Trois solutions commerciales de désinfectants ont également été utilisées par plusieurs éleveurs en pédiluve, une solution composée de sulfate de cuivre, sulfate de zinc et acides organiques (Kling-on Blue®, n=7), une composée de cuivre et zinc chélatés (Hoof-Fit Bath®, n=5) et une contenant du cuivre ionisé, du sulfate de zinc et des aldéhydes (Pat'Net®, n=5). Les 19 autres solutions commerciales ont été utilisées dans 1 ou 2 traitements. L'application de traitements collectifs *via* une mousse mise en suspension sur l'aire d'attente ou les quais de traite, utilise un seul produit composé de peroxyde d'hydrogène et d'acides organiques (Kovex Foam®, n=17). Pour la pulvérisation collective, la solution composée de cuivre et zinc chélatés (Hoof-Fit Liquid®) a été la solution désinfectante la plus utilisée (n=6). Enfin, le formol reste le produit le plus expérimenté lorsque les traitements étaient appliqués collectivement *via* des tapis imbibés (n=17).

Dans 95% des cas, le critère qui avait motivé l'application d'un traitement individuel était l'observation d'une boiterie, avec seulement 5% des traitements appliqués suite à la détection d'une lésion sans boiterie. 22% des traitements individuels avec pansement et 42% des traitements injectables ont été appliqués sur des animaux présentant des boiteries sévères, contre 6% des traitements topiques appliqués sans pansements. Les traitements collectifs ont été mis en place soit suite à une épizootie (39% des cas), soit ils étaient appliqués de manière régulière toute l'année (42%) ou uniquement l'hiver (19%).

Les modalités d'application des traitements topiques individuels sont présentées en **Figure 2-2**.

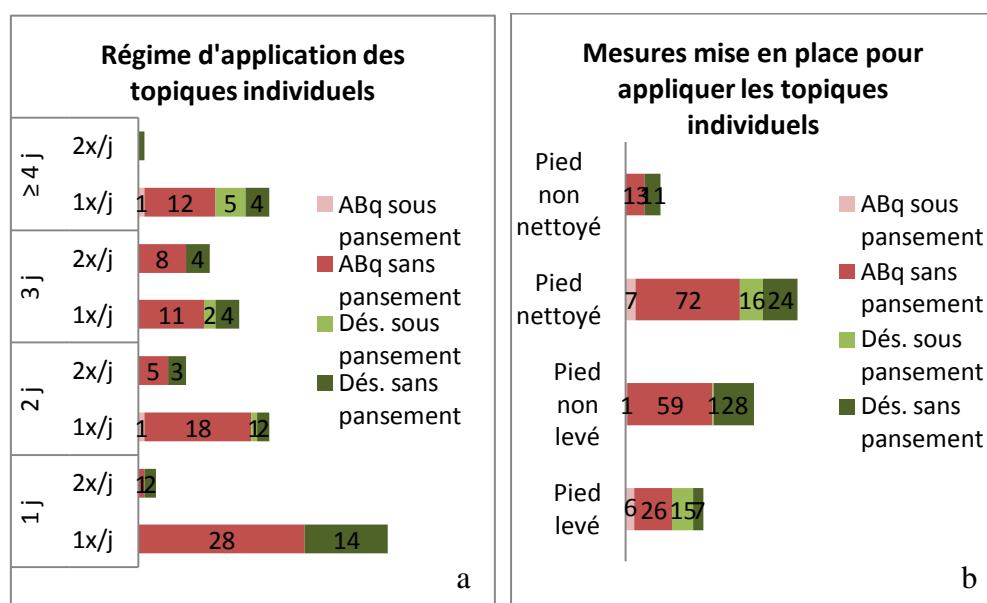


Figure 2-2. Modalités d'application des traitements topiques individuels utilisés par les éleveurs en fonction du procédé de traitement utilisé (a : régime d'application ; b : mesures mises en place ; ABq : antibiotique ; Dés. : désinfectant)

Les traitements individuels ont majoritairement été appliqués pendant 1 à 2 jours, 1 fois par jour. Les pieds étaient nettoyés avant traitement dans 90% des cas. Les postérieurs étaient levés quasi systématiquement lorsque les produits étaient administrés avec un bandage mais ils étaient majoritairement non levés lorsqu'aucun pansement n'était appliqué (73% des cas).

Les modalités d'application des traitements collectifs, en termes de fréquence d'application et de concentration des deux principaux produits de traitement, sont représentées dans la **Figure 2-3**.

Les méthodes de réalisation des traitements collectifs ont été très variées avec 95 manières d'application différentes décrites. Les régimes d'application sont ainsi très variables, la plupart des éleveurs ayant appliqué les traitements collectifs pendant 5 à 7 jours consécutifs mais à une fréquence mensuelle voire moins fréquemment. Les traitements étaient appliqués dans 90 % des cas pendant 1 à 4 jours consécutifs quand ils étaient appliqués hebdomadairement ou tous les 15 jours (médiane : 2 jours) et entre 1 et 7 jours consécutifs lorsqu'ils étaient appliqués toutes les 4 à 6 semaines (médiane : 4 jours) et entre 1 et 5 jours consécutifs quand les traitements étaient appliqués tous les 2 mois ou moins fréquemment (médiane : 3 j). Le formol et le sulfate de cuivre étaient utilisés dilués entre 2% à 10%, mais près de la moitié des éleveurs ne connaissait pas la dilution employée. La médiane de renouvellement des solutions de traitements était tous les 130 passages, cette fréquence allant de moins de 80 (25% des traitements) à plus de 700 passages (5% des traitements). Dans 61% des cas, les solutions de traitements ont été renouvelées tous les 200 passages de vaches ou plus fréquemment. Les pieds n'étaient pas nettoyés dans 72% des cas avant l'application des traitements collectifs. Lorsqu'ils l'étaient, ce nettoyage était soit réalisé au jet d'eau en salle de traite (12% des traitements), soit en plaçant un bac d'eau avant le pédiluve contenant la solution de traitement (4% des traitements). Dans 10% des cas, les éleveurs ne se sont pas prononcés.

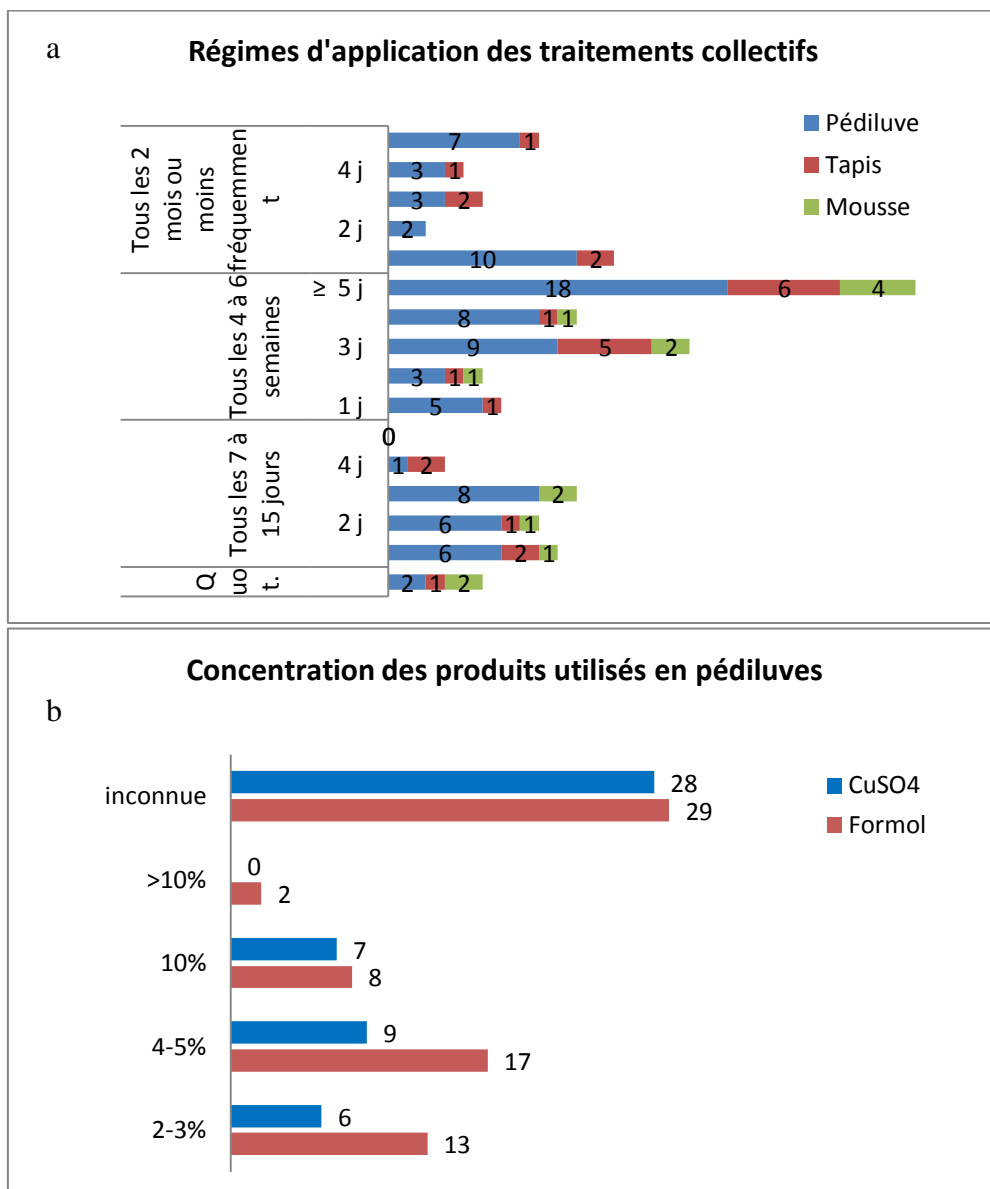


Figure 2-3. Modalités d'application des traitements collectifs utilisées par les éleveurs (a : régime d'application ; Quot. : quotidienne ; b : concentration du formol et du sulfate de cuivre [CuSO₄] dans les pédiluves)

1.2.3. Influence des systèmes, produits et modalités d'application sur la conservation des traitements

La satisfaction vis-à-vis d'un traitement a été appréciée par le fait que l'éleveur avait conservé ce traitement suite à ses différentes expériences. Le pourcentage de conservation des traitements en fonction du système de traitement utilisé sont présentés dans la **Figure 2-4**. Les traitements individuels ont été significativement plus conservés que les traitements collectifs ($p=0,01$). Parmi les traitements individuels, les topiques avec pansement ont eu tendance à être plus conservés que les autres systèmes de traitement (différence non significative [NS]), mais ils ont été beaucoup moins utilisés que les traitements sans pansement. Parmi les traitements collectifs, les tapis ont été significativement moins conservés que tous les autres systèmes d'application ($p=0,0001$). Enfin, les traitements individuels appliqués par voie topique sans pansement ont été plus conservés que les pédiluves de passage ($p=0,03$).

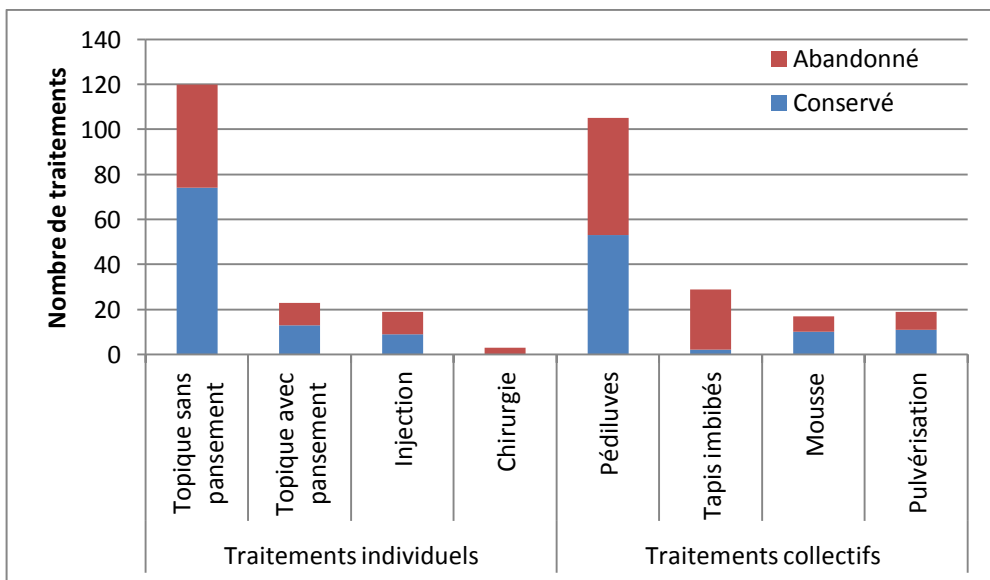


Figure 2-4. Proportion de traitements conservés en fonction du système de traitement utilisé

L'évaluation de l'influence des produits et modalités d'application sur l'abandon ou la conservation des traitements par les éleveurs n'a été possible que pour les traitements pour lesquels un nombre suffisant de traitements avaient été expérimentés par les éleveurs. Nous avons donc pu évaluer ces influences sur les traitements individuels topiques et les traitements collectifs appliqués *via* un pédiluve ou un tapis.

Pour les traitements individuels, nous avons évalué l'influence des produits de traitements et de 2 modalités d'application sur la conservation des traitements topiques appliqués sans pansement : la contrainte d'application (pied levé ou non) et la durée d'application. Les proportions de traitements conservés en fonction de ces critères sont illustrées dans la **Figure 2-5**. Les traitements topiques utilisant des antibiotiques ont été significativement plus conservés que les traitements utilisant des désinfectants ($p=0,0015$). Parmi ces produits, les tétracyclines ont été les plus conservées, significativement plus que la solution Pédiline® ($p=0,005$) et les autres désinfectants ($p=0,01$). Le LincoSpectin® a également été plus conservée que la solution Pédiline® ($p=0,05$). Aucune différence significative n'a été mise en évidence en fonction de la contrainte, pied levé ou non ($p=0,93$). La durée du traitement influençait par contre significativement l'abandon ou la conservation des traitements ($p=0,004$), avec une tendance à ce que les traitements appliqués plus de 4 jours soient plus conservés. Les différences de proportion de traitements conservés entre durées 2 à 2 n'étaient cependant pas significativement différentes.

Pour les traitements collectifs, nous avons évalué l'influence des produits de traitement (formol, CuSO_4 , combinaison des 2, 3 solutions commerciales les plus utilisées), des habitudes d'applications (régulière ou irrégulière), des régimes de traitement sur la conservation des traitements. Les proportions de traitements collectifs conservés en fonction des produits et des habitudes de traitement sont illustrées dans la **Figure 2-6**. Les résultats relatifs aux régimes de traitement sont présentés en **Figure 2-7**. Le produit utilisé a significativement influencé la conservation du traitement ($p<0,0001$). La solution de Kling-on Blue® est celle qui a été la plus conservée,

significativement plus que le formol ou la solution de Pat'Net® ($p=0,05$). Les habitudes de traitement n'ont pas significativement influencé la conservation des traitements. Les traitements collectifs ont été plus fréquemment conservés lorsque ces traitements étaient appliqués pendant 1 jour tous les 2 mois ou moins fréquemment, avec une proportion de traitements conservés significativement plus importante lorsque les traitements étaient appliqués tous les deux mois ou moins fréquemment en comparaison à tous les 7 à 15 jours ($p=0,02$) et tous les 4 à 6 semaines ($p=0,03$).

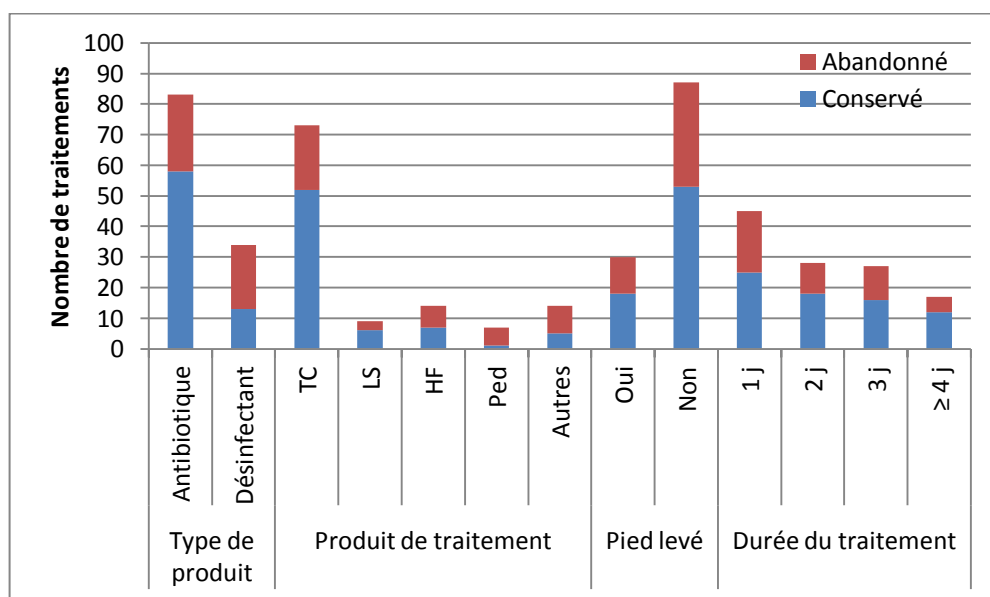


Figure 2-5. Proportion de traitements individuels conservés en fonction des produits de traitements utilisés et de leur modalité d'application (TC : tétracyclines ; LS : LincoSpectin ; HF : Hoof-Fit® ; Ped : Pédiline®)

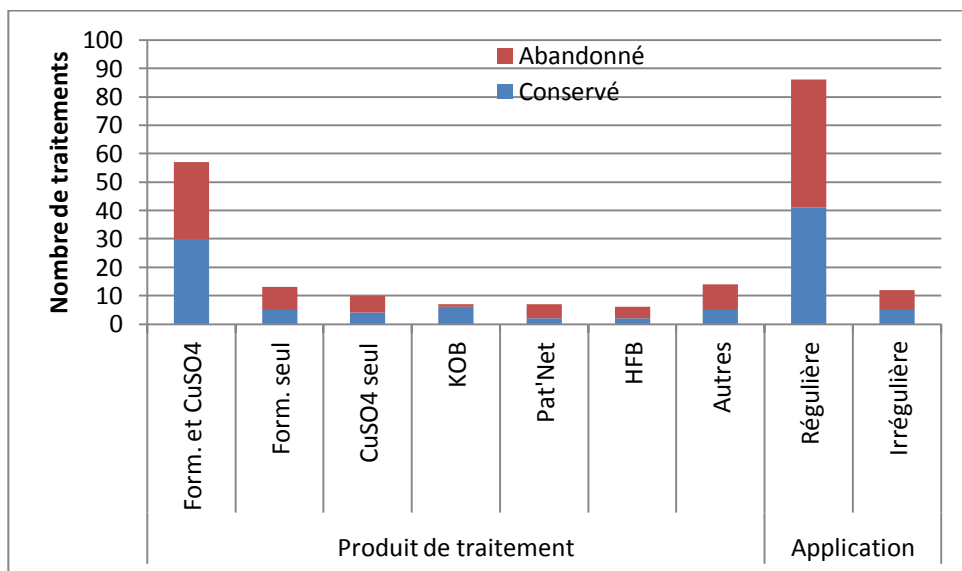


Figure 2-6. Proportion de traitements collectifs conservés en fonction des produits de traitements utilisés et des habitudes d'application (Form. : formol ; CuSO4 : sulfate de cuivre ; KOB : Klingon Blue® ; HFB : Hoof-Fit Bath)

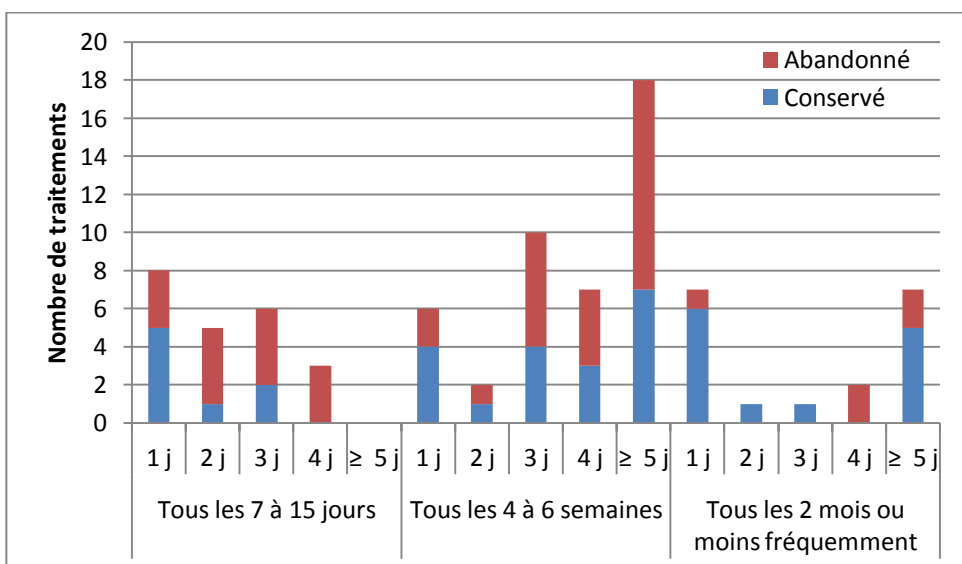


Figure 2-7. Proportion de traitements collectifs conservés en fonction des régimes de traitements utilisés

1.2.4. Principaux motifs d'abandon rapportés par les éleveurs selon les procédés de traitement expérimentés

Le **Tableau 2-3** présente les principaux motifs d'abandon cités par les éleveurs en fonction des procédés de traitement utilisés. Au total, 48,7% des traitements entrepris ont été abandonnés.

Tableau 2-3. Nombre de traitements abandonnés par les éleveurs et principaux motifs d'abandon selon le procédé de traitement expérimenté

Procédé de traitement ¹	Nombre d'abandon	Principaux motifs d'abandon ²					
		Ineff.	Réc	Contr	Coût	Dang	Autre ³
Traitements individuels (n=165)	69						
Topique sans pansement – Abq (n=85)	25	8	13	10	3	0	0
Topique sans pansement – Des (n=35)	21	12	4	5	2	3	5
Topique avec pansement – Abq (n=7)	0	–	–	–	–	–	–
Topique avec pansement – Des (n=16)	10	3	6	5	5	0	1
Injection – Abq (n=15)	8	8	8	0	7	0	0
Injection – AI (n=4)	2	2	2	0	2	0	0
Chirurgie (n=3)	3	0	0	1	0	0	3
Traitements collectifs (n=170)	94						
Pédiluve de passage – Abq (n=4)	4	0	0	0	0	0	4
Pédiluve de passage – Des (n=101)	48	38	0	14	12	7	10
Tapis – Des (n=29)	27	19	27	11	9	2	1
Mousse – Des (n=17)	7	7	2	1	5	0	2
Pulvérisation collective – Abq (n=9)	5	2	3	3	1	0	1
Pulvérisation collective – Des (n=10)	3	3	1	1	1	0	0
Total	163	102	67	51	47	12	27

¹ Abq : antibiotique ; Des : désinfectant ; AI : anti-inflammatoire

² Nombre de fois où cette raison a été invoquée pour expliquer l'abandon du traitement ; Ineff : inefficacité à guérir les lésions ; Réc. : récurrence ; Contr. : application contraignante ; Coût : coût élevé ; Dang. : dangerosité ou inconfort pour l'utilisateur

³ Douleur ou irritation pour les animaux, risque de développement d'antibio-résistance, utilisation hors AMM, risque de résidus dans le lait, nécessité de l'intervention du vétérinaire, opportunité de changer de traitement, traitement inactivé du fait de l'humidité du sol

Tous les traitements chirurgicaux entrepris ont été abandonnés. Les raisons invoquées pour cet abandon étaient la douleur engendrée par l'intervention et la nécessité de faire appel à un vétérinaire. Tous les pédiluves contenant des antibiotiques ont également été abandonnés, du fait des risques de développement d'antibio-résistance, de l'utilisation des produits hors AMM et des risques de résidus dans le lait.

Les motifs d'abandon invoqués par les éleveurs pour les autres procédés sont sensiblement différents en fonction des procédés de traitements, mais l'inefficacité des traitements à guérir les lésions de DD et l'observation de récurrences sont les motifs d'abandon les plus fréquemment invoqués. Ainsi, ces deux motifs ont été cités dans la totalité des abandons des traitements injectables et 79% des abandons de traitements collectifs utilisant des désinfectants.

Les contraintes ressenties ont également été souvent citées mais avec des arguments qui peuvent varier en fonction des procédés de traitement employés (**Tableau 2-4**). Les tapis imbibés de désinfectant ont été en partie abandonnés du fait de la difficulté à les manipuler et à les nettoyer correctement. Le manque de temps a été fréquemment cité comme un motif d'abandon pour l'application de topiques individuels ou de tapis et pédiluves de passage, mais cet argument dépendait du nombre d'animaux à traiter pour les topiques individuels. La réticence des animaux à passer sur les tapis ou dans les pédiluves était alors rapportée comme un inconvénient qui augmentait le temps de travail (cité dans 15% des abandons). Dans 16% des abandons, les traitements collectifs utilisant des pédiluves ou des tapis ont également été abandonnés car ils demandaient une mobilisation de main d'œuvre trop importante.

Le coût des traitements a été moins fréquemment cité, mais était un argument majeur dans l'abandon des traitements injectables (cité dans 90% des abandons) et du système de traitement collectif par mousse (cité dans 29% des abandons).

Tableau 2-4. Principales contraintes mentionnées comme motifs d'abandon des traitements par les éleveurs selon le procédé de traitement expérimenté

Procédé de traitement ¹	No. d'abandon	Principales contraintes mentionnées ²					
		Temps ³	Main d'œuvre	Cont	Manip	Robot	Temps traite
Traitements individuels	69						
Topique sans pansement - Abq	25	4	0	5	0	0	1
Topique sans pansement - Des	21	1	0	3	0	0	1
Topique avec pansement - Abq	0	–	–	–	–	–	–
Topique avec pansement - Des	10	2	1	2	0	0	0
Injection - Abq	8	0	0	0	0	0	0
Injection - AI	2	0	0	0	0	0	0
Chirurgie	3	0	0	1	0	0	0
Traitements collectifs	94						
Pédiluve de passage - Abq	4	0	0	0	0	0	0
Pédiluve de passage - Des	48	5	6	0	0	2	1
Tapis - Des	27	5	2	0	4	0	0
Mousse - Des	7	0	0	0	0	0	1
Pulvérisation collective - Abq	5	2	1	0	0	0	0
Pulvérisation collective - Des	3	1	0	0	0	0	0
Total	163	20	10	11	4	2	4

¹ Abq : antibiotique ; Des : désinfectant ; AI : anti-inflammatoire

² Nombre de fois où cet argument a été évoqué comme motif d'abandon : Cont. : contention des animaux ; Manip : manipulation du matériel de traitement ; Robot : incompatibilité avec un robot de traite ; Temps de traite : allongement du temps de traite

³ Traitements jugés chronophages sans précision pour les traitements collectifs et chronophages lorsqu'un nombre important d'animaux doivent être traités pour les traitements individuels

Enfin, la dangerosité des produits de traitement a été essentiellement évoquée pour les traitements ayant utilisé du formol, ce produit étant perçu comme irritant à la fois pour l'utilisateur et les animaux (cité dans 28% des abandons des traitements ayant utilisé du formol). Un inconfort voire des irritations ou des détériorations du matériel de traitement ont également cités comme inconvénient pour deux produits désinfectants, l'eau de javel (2 citations) et le Pédiline® (4 citations).

1.3. Discussion

L'objectif de cette enquête était de dresser un état des lieux des pratiques de traitement mises en œuvre contre la DD par les éleveurs de bovins en France afin d'identifier les critères qui pouvaient limiter l'application de certains traitements. Au total, les 65 éleveurs enquêtés ont essayé 95 traitements différents. Le traitement le plus employé et conservé a été le traitement individuel des animaux par application locale de tétracyclines sans bandage sur une durée allant de 1 à 4 jours, traitement jugé le plus souvent efficace pour guérir les lésions. Parmi les traitements collectifs, des pédiluves de passage utilisant des solutions de formol et de sulfate de cuivre ont été les plus employés, mais ces traitements ont souvent été abandonnés, du fait d'une faible efficacité perçue et des contraintes liées à leur application. Les traitements collectifs les plus conservés ont été ceux utilisant des solutions désinfectantes pulvérisées sur les pieds des animaux, mais ces traitements ont été utilisés par un faible nombre d'éleveurs.

Même si les informations recueillies sur les motivations des éleveurs à conserver ou à abandonner un traitement sont des premiers indicateurs des facteurs qui peuvent limiter l'applicabilité des traitements sur le terrain, il convient de rester prudent quant au poids à donner à ces motifs et à leur interprétation. Il faut en effet d'abord considérer que ces motifs ne sont pas exhaustifs. Des facteurs peuvent ne pas avoir été souvent cités comme motifs d'insatisfaction et d'abandon, simplement parce qu'ils avaient été jugés peu applicables et n'avaient donc pas été mis en œuvre. Le nombre d'éleveurs ayant mis en place un traitement est ainsi un indicateur utile et complémentaire pour apprécier les pratiques de traitement que les éleveurs sont prêts à appliquer. Par ailleurs, l'efficacité perçue par les éleveurs, fréquemment citée comme motif de conservation ou d'abandon d'un traitement, est fortement dépendante de la manière dont les éleveurs ont appliqué les traitements et cette manière peut elle-même dépendre d'autres limites, telles qu'un manque de temps ou une volonté de limiter les coûts des traitements. Ces facteurs n'auront alors pas été cités comme critères limitant

l'application des traitements, alors qu'ils peuvent être indirectement à l'origine de l'abandon de certains traitements. Enfin, il faut considérer que des traitements ont pu être jugés inefficaces, simplement du fait d'un mauvais diagnostic de l'affection à l'origine de la boiterie. Une vache peut en effet présenter une lésion de dermatite digitée et une autre affection podale. L'observation d'une boiterie devrait donc systématiquement conduire à lever le pied des vaches et les inspecter, pratique qui est rarement réalisée par les éleveurs, soit par manque d'équipement, de temps ou de connaissance. Devant l'observation d'une boiterie, les éleveurs ont ainsi souvent tendance à appliquer un traitement antibiotique en première intention, dont l'administration est plus facile à réaliser, ce qui conduit souvent à des administrations d'antibiotiques inefficaces et inutiles (Guatteo et al., 2011).

De manière générale, cette enquête a révélé qu'il existait une grande diversité des pratiques de traitements et que de nombreux traitements avaient été entrepris en dehors des bonnes pratiques de traitement, voire hors AMM. Devant la diversité des produits de traitements disponibles contre la DD, dont la plupart ne nécessitent pas de prescription vétérinaire, les éleveurs ont tendance à faire différents essais et à choisir ensuite le traitement empiriquement, en fonction de leur ressenti en termes d'efficacité et de contraintes d'application. L'application des traitements se fait donc, dans la plupart des cas, sans prescription basée sur des connaissances scientifiques. Même si ces essais peuvent venir d'un manque de méthodes d'application des traitements scientifiquement validées, certaines pratiques, telles que l'utilisation d'antibiotiques hors AMM ou l'application de pédiluves sans nettoyage préalable des pieds, montrent qu'il y a un réel défaut d'information, voire de formation sur les bonnes pratiques de traitement de la DD. Les vétérinaires et les pédicures bovins ont un rôle important à jouer dans l'amélioration de ces pratiques, notamment concernant l'utilisation des antibiotiques, prescrits par les vétérinaires et souvent appliqués sur leurs conseils ou les conseils des pédicures bovins.

Les traitements topiques appliqués de manière individuelle et utilisant des antibiotiques ont été fréquemment conservés par les éleveurs, car jugés

efficaces sans être trop contraignants d'application ni trop coûteux. L'efficacité curative des traitements topiques individuels perçue par les éleveurs, notamment lorsque des tétracyclines étaient utilisées, est en accord avec plusieurs essais cliniques, et ce malgré des fréquences et durées de traitement pratiquées par les éleveurs souvent inférieures à celles qui ont été évaluées dans les essais (Kofler et al., 2004, Laven and Logue, 2006, van Amstel et al., 1995). Les topiques utilisant des désinfectants ont été moins souvent conservés que ceux utilisant des antibiotiques, principalement du fait d'une efficacité jugée moindre pour guérir les lésions. Ces constats sont également plutôt en accord avec plusieurs études ayant évalué l'utilisation de désinfectants (Hernandez et al., 1999, Manske et al., 2002). Une étude récente a observé une bonne efficacité du Hoof-Fit gel®, un des produits employé par les éleveurs, mais dans cette étude le produit était appliqué en travail de pareur avec pansement et l'application était répétée à 3 occasions (Holzhauer et al., 2011). La différence d'efficacité perçue peut donc provenir de différence dans la manière d'appliquer les produits. Les principaux inconvénients relevés par les éleveurs étaient qu'ils observaient souvent des récurrences et que les traitements pouvaient devenir chronophages quand de nombreux animaux devaient être traités. Ces récurrences ont effectivement été souvent citées dans différents essais cliniques (Berry et al., 1999, Nuccitelli and Berry, 2007) et la limite du temps nécessaire pour appliquer les traitements individuels lorsqu'un nombre important d'animaux sont à traiter est également une limite connue, qui justifie en partie les préconisations de traitement collectifs (Laven and Logue, 2006).

Parmi les traitements individuels, les traitements injectables par voie parentérale, déjà peu utilisés, ont souvent été abandonnés car jugés inefficaces et coûteux. Il faut cependant se rappeler que ces traitements ont plus souvent été entrepris lorsque les vaches présentaient une boiterie jugée sévère, reflétant potentiellement une atteinte par des lésions de DD sévères, et que des lésions à un stade avancé pourraient répondre moins bien aux anti-infectieux (Nishikawa and Taguchi, 2008). Il est également possible, comme mentionné précédemment, que la DD n'était pas à l'origine de la boiterie sévère observée,

ce qui a pu faire conclure à tort à l'inefficacité du traitement. L'inefficacité perçue de ces traitements injectables pourrait donc être liée au critère qui a motivé leur utilisation et non pas à leur inefficacité réelle. Le coût élevé de ces traitements était un inconvénient également souvent cité, qui peut expliquer que les éleveurs aient réservé ces traitements aux animaux plus sévèrement atteints. C'est en effet le ceftiofur qui a été le plus souvent utilisé car l'utilisation de cet antibiotique ne demande pas de délai d'attente pour le lait, ce qui permet aux éleveurs de livrer le lait des animaux soignés même si le lait d'animaux malades ne devrait théoriquement pas être livré. Ces traitements restant onéreux, il n'est pas certain que les éleveurs soient prêts à utiliser des antibiotiques par voie injectable sur des animaux jugés moins sévèrement atteints et ce n'est d'ailleurs pas forcément souhaitable si les antibiotiques utilisés sont des antibiotiques de dernière génération, comme le ceftiofur.

L'application d'un pansement sur les lésions aurait pu être perçue comme trop contraignante car elle nécessite de lever le pied des animaux, mais cet argument a peu été cité pour justifier l'abandon de ces pratiques par les éleveurs. Ces traitements ont été cependant moins souvent entrepris par les éleveurs que des traitements sans pansement, potentiellement du fait d'une moins grande facilité d'application. Les pansements étaient plus souvent appliqués lorsque les vaches présentaient des boiteries jugées sévères. Il est donc possible que les éleveurs ne considèrent pas la mise en place d'un pansement comme contraignante lorsque ces traitements sont appliqués de manière ciblée sur des animaux jugés comme nécessitant ce type de traitement. Il n'est par contre pas certain qu'ils soient prêts à l'appliquer sur tous les animaux atteints.

De manière générale, les traitements individuels ont été appliqués tard, lorsque les animaux présentaient une boiterie et que les lésions de DD devaient déjà être assez conséquentes. Un traitement tardif des lésions peut avoir deux inconvénients : premièrement, les traitements appliqués sur des lésions de taille importante peuvent être moins efficaces que s'ils avaient été appliqués sur des lésions plus précoces (Nishikawa and Taguchi, 2008) et deuxièmement, ces lésions étant infectieuses, elles ont pu contaminer un

nombre plus important d'animaux que si elles avaient été précocement. Il serait donc intéressant de développer des méthodes qui permettent aux éleveurs de détecter et traiter plus précocement les lésions de DD.

Les traitements collectifs ont été jugés moins satisfaisants par les éleveurs que les traitements individuels. Le nombre d'éleveurs les ayant entrepris semble témoigner d'un certain intérêt pour ces traitements mais plus de la moitié des traitements collectifs entrepris ont été abandonnés. Ainsi, 47,5% des pédiluves contenant des désinfectants ont été abandonnés. Il est possible que cet abandon soit en partie lié à la prochaine interdiction du formol et à la difficulté des éleveurs à s'en procurer, puisque la majorité de ces pédiluves avaient été utilisés avec du formol seul ou combiné avec du sulfate de cuivre. Cependant, 79% des éleveurs ayant abandonné l'utilisation de pédiluves contenant des désinfectants ont avancé comme principal argument, l'inefficacité de ces traitements à guérir les lésions. Ces constats peuvent être contradictoires avec certains rapports scientifiques (Laven and Hunt, 2002, Laven and Logue, 2006). Des études récentes rapportent cependant des pourcentages de guérison assez faibles que ce soit avec le formol ou le sulfate de cuivre, alors même que les traitements étaient appliqués au moins 1 fois tous les 15 jours (Speijers et al., 2010, Teixeira et al., 2010).

Quoi qu'il en soit, différents aspects de la réalisation des traitements collectifs pourraient expliquer l'inefficacité des traitements collectifs dans les conditions appliquées par les éleveurs. Dans cette enquête, la plupart des éleveurs appliquaient les pédiluves une fois tous les mois ou moins fréquemment. Or, même si aucun régime optimal n'a pour l'instant été décrit, les traitements étaient appliqués par les éleveurs à des fréquences bien inférieures à celles utilisées dans des essais cliniques (Laven and Logue, 2006). Les régimes d'application utilisés par les éleveurs pourraient donc être insuffisants à guérir les lésions. Par ailleurs, très peu d'éleveurs ont nettoyé les pieds de leurs animaux avant application des traitements collectifs. Ce défaut de nettoyage pourrait également expliquer l'inefficacité perçue car les pieds des animaux sont souvent sales lorsqu'ils sont en stabulation (Nielsen et al.,

2011) et la contamination fécale des solutions de pédiluves inactive la plupart des principes actifs (Gradle et al., 2002, Laven and Logue, 2006). Enfin, la plupart des éleveurs ne connaissaient pas les concentrations employées, même approximativement. Or, la concentration des principes actifs dans les pédiluves peut influencer leur efficacité (Speijers et al., 2010). Des concentrations trop faibles ont donc pu être insuffisantes à guérir les lésions. A l'inverse, des concentrations trop fortes, notamment du formol, ont pu être responsables des irritations et douleurs mentionnées par certains éleveurs après que les animaux soient passés en pédiluve (Shearer, 2005). On voit donc la nécessité d'informer les éleveurs sur les bonnes pratiques à respecter dans l'application des traitements collectifs pour espérer observer une efficacité et de déterminer les régimes de traitement optimaux.

Il est possible que les traitements collectifs aient été appliqués peu fréquemment et sans nettoyage préalable des pieds car ces pratiques restaient compatibles avec l'organisation du travail des éleveurs, auquel cas des traitements appliqués plus fréquemment avec un nettoyage préalable des pieds pourraient être jugés comme inapplicables par certains éleveurs. Il n'est cependant pas certain que les éleveurs soient conscients de l'impact de la manière d'appliquer un traitement sur l'efficacité de ce même traitement. Ainsi, ce sont plutôt les traitements les moins contraignants qui sont conservés par les éleveurs, comme le montre l'exemple des pédiluves plus fréquemment conservés lorsqu'ils étaient appliqués pendant 1 jour, tous les 2 mois ou moins fréquemment. Par ailleurs deux motifs d'abandon souvent cités, la mobilisation trop importante de personnel et de temps, pourraient provenir du matériel employé. Ainsi, parmi les inconvénients cités à l'utilisation des pédiluves ou des tapis, plusieurs éleveurs ont évoqué la réticence des animaux à passer dans les pédiluves et sur les tapis et la difficulté à manipuler ce matériel, voir à le nettoyer dans le cas des tapis. Il serait donc intéressant soit d'améliorer le dessin de ce matériel pour faciliter sa manipulation et le passage des animaux, soit de trouver des systèmes d'application des traitements alternatifs aux pédiluves.

Le système d'application à l'aide d'une mousse mise en suspension sur l'aire d'attente pourrait permettre de pallier aux contraintes pratiques de l'utilisation des pédiluves. 41% des éleveurs ayant essayé ce système l'ont cependant abandonné pour des raisons de coût et d'inefficacité perçue. Ce système pourrait donc rester intéressant d'un point de vue pratique mais devrait être plus efficace et moins coûteux pour être conservé par les éleveurs.

Une autre solution pourrait être la pulvérisation collective sur les postérieurs des animaux. Ce système de traitement a été peu entrepris mais a cependant été conservé par 70% des éleveurs qui l'ont appliqué en utilisant des désinfectants. Même si elle reste chronophage et demande de la main d'œuvre, cette méthode pourrait présenter une bonne alternative aux pédiluves car elle pourrait être mieux acceptée par les animaux, demander un matériel plus facile à manipuler et nécessiter moins de principe actif.

1.4. Conclusion

La diversité des traitements entrepris par les éleveurs reflète bien le manque de repères quant à une utilisation optimale des traitements contre la DD. Devant la multitude de produits disponibles sans indication de régimes d'application, les éleveurs ont fait différentes tentatives de traitements et leur choix semble ensuite avoir reposé sur leur expérience en termes d'efficacité et de praticité sans qu'aucun traitement n'ait été jugé entièrement satisfaisant. Le principal critère de conservation d'un traitement avancé par les éleveurs étant son aptitude à guérir les lésions de DD, les traitements individuels utilisant des tétracyclines appliqués localement sans pansement pendant 1 à 4 jours consécutifs ont globalement été bien acceptés par les éleveurs. Ces traitements étaient souvent appliqués tard, une fois que les animaux boitaient, ce qui a pu limiter leur efficacité et permettre à la maladie de se propager. Il serait donc utile de mettre à leur disposition une méthode qui permette de détecter et donc de traiter plus précocement les animaux atteints. Les éleveurs ont souvent déploré une observation fréquente de récurrences suite à l'application de traitements individuels et le temps à consacrer à ces traitements lorsque de nombreux animaux devaient être traités. De nombreux traitements collectifs ont ainsi été essayés en utilisant principalement des désinfectants appliqués *via* des pédiluves de passage. Les traitements par pédiluves ont pu présenter 2 inconvénients liés au matériel de traitement, à savoir la réticence des animaux à passer dans les bacs de traitement et une manipulation difficile du matériel de traitement, qui pourraient expliquer que ces traitements aient souvent été utilisés peu fréquemment, sans nettoyage préalable des pieds, et qu'en parallèle ils aient présenté une efficacité jugée insuffisante par de nombreux éleveurs. Le régime de traitement le plus conservé a ainsi été l'application mensuellement ou moins fréquemment. Ce régime n'est pas évalué dans la littérature et il faudrait vérifier s'il peut être efficace pour contrôler la DD. En parallèle, il serait intéressant de disposer de méthodes d'application des traitements collectifs moins contraignantes d'application que les pédiluves. Les systèmes de mousse mises en suspension dans l'aire d'attente ou de pulvérisations collectives sur les postérieurs semblent, à ce titre, assez prometteurs. Il faudra cependant préciser la manière d'appliquer ces traitements et montrer que toute contrainte supplémentaire, telle qu'une augmentation de fréquence d'application des traitements, présente un avantage en termes d'efficacité à guérir les animaux.

2 - Sélection des produits de traitement

Après avoir identifié des modalités d'application acceptables par les éleveurs, l'objectif de cette étude était d'identifier, parmi les produits commercialisés en France, au moins deux produits qui puissent être utilisés dans l'essai clinique (**Chapitre 4**), avec au moins un produit qui puisse être appliqué par voie topique individuellement et un produit qui puisse être appliqué collectivement *via* un pédiluve ou une méthode alternative aux pédiluves. Il a donc fallu identifier les produits commercialisés en France avec une indication pour le traitement de la dermatite digitée et sélectionner les produits sur leur efficacité en se basant sur les résultats d'essais cliniques. En deuxième intention, la praticité d'utilisation pouvait aider aux choix des produits de traitement.

2.1. Sélection du produit de traitement individuel

Il existe pour les traitements individuels deux catégories de produits, les antibiotiques et les désinfectants. Comme nous l'avons vu dans le **Chapitre 1**, les études scientifiques ont généralement montré une moins bonne efficacité des désinfectants à guérir les lésions de DD que les antibiotiques sauf lorsque les désinfectants avaient été utilisés dans des situations qui peuvent être trop contraignantes pour une utilisation au quotidien par les éleveurs (Holzhauer et al., 2011, Laven and Logue, 2006). Parmi les antibiotiques, les tétracyclines et la lincomycine, associée ou non à la spectinomycine, sont les molécules qui ont montré la meilleure efficacité à guérir les lésions de DD (Laven and Logue, 2006). Nous avons donc listé les produits applicables par voie topique et contenant ces principes actifs en s'intéressant à leur concentration, leurs indications thérapeutiques et au temps d'attente qu'ils impliquaient à partir du dictionnaire des médicaments vétérinaires (**DMV**) (Anonymous, 2011). Aucun antibiotique contenant de la lincomycine ou l'association lincomycine-spectinomycine n'a d'autorisation de mise sur le marché (**AMM**) en France pour une utilisation chez la vache laitière. Il restait donc 4 traitements topiques contenant des tétracyclines et

commercialisés en France avec une indication chez la vache laitière. Les caractéristiques de ces produits sont présentées dans le **Tableau 2-5**.

Même si un seul produit a une indication spécifique pour la DD, tous les produits contenant des tétracyclines et applicables par voie topique chez les bovins ont une AMM pour des applications sur des plaies cutanées infectées par des germes sensibles aux tétracyclines. Les lésions de DD répondent bien à ces critères, puisque ce sont des lésions cutanées impliquant principalement des tréponèmes et que ces tréponèmes sont sensibles aux tétracyclines (Evans et al., 2008, Yano et al., 2009). Les produits commercialisés ayant des concentrations en tétracyclines similaires, chaque produit aurait donc pu être choisi. Nous avons choisi l'Oxytétrin P® essentiellement pour des raisons pratiques, ce produit étant censé pouvoir être appliqué même lorsque la bombe aérosol est positionnée avec l'embout vers le bas, facteur qui semblait pouvoir poser problème avec d'autres bombes aérosols lorsque les produits devaient être appliqués en salle de traite (Auzanneau MM., communication personnelle).

Tableau 2-5. Caractéristiques des antibiotiques éligibles pour une application locale dans les traitements individuels contre la dermatite digitée (Source : DMV 2011 ; OTC : oxytétracycline ; CTC : chlortétracycline)

Principe actif	Concentration (mg/ml)	Indications thérapeutiques	Temps d'attente	Nom Déposé (Laboratoire)
Oxytétracycline dihydrate	25	Affections à germes sensibles à l'OTC Plaies de toutes natures	Lait : nul Viande : nul	Duphacycline Spray® (Pfizer)
Oxytétracycline chlorhydrate	31	Traitement local des plaies cutanées infectées par des germes sensibles à l'OTC	Lait : nul Viande : nul	Oxytetrin P® (Intervet)
Chlortétracycline chlorhydrate	11	Prévention des infections des plaies superficielles traumatiques ou chirurgicales. Peut être utilisé dans le cadre d'un traitement des infections superficielles de la peau et du sabot, en particulier de la DID et de la DD contenant des germes sensibles à la CTC	Lait : nul Viande : nul	Cyclo Spray® (Virbac)
Chlortétracycline chlorhydrate & Sulfanilamide	2,6 45	Affections cutanées à germes sensibles à l'association CTC / sulfanilamide	Lait : nul Viande : nul	Orospray® (Vétoquinol)

2.2. Sélection du produit de traitement collectif

Pour les traitements collectifs, nous voulions sélectionner un produit unique qui soit applicable en pédiluve et selon une méthode alternative au pédiluve. Comme le système qui permet de mettre en suspension des désinfectants sur l'aire d'attente est assez coûteux et commercialisé uniquement avec son propre produit (Kovex Foam®), nous avons choisi de tester les traitements collectifs avec deux modalités d'application : un pédiluve de passage et un pulvérisateur permettant d'appliquer le produit collectivement sur les postérieurs en salle de traite. Il a donc fallu sélectionner un produit qui puisse être utilisé selon ces deux méthodes d'administration. Les produits désinfectants utilisables dans les traitements collectifs pourraient apparaître dans le DMV au titre des produits non médicamenteux, parmi lesquels sont listés un certain nombre de produits d'hygiène (Partie IV). Cependant, aucun produit à base de désinfectant avec une indication pour le contrôle d'affections

podales chez les bovins n'apparaissait dans le DMV. Nous avons donc procédé à une recherche sur internet afin d'établir une liste de ces produits. Après avoir détaillé la composition de ces produits, la sélection a été réalisée selon les critères suivants :

- préconisation pour une utilisation en traitement collectif des pieds des bovins,
- ne contenant pas de formol,
- applicable en pédiluve et en pulvérisation,
- avec au moins un essai clinique pour ce produit ou un produit avec une composition similaire qui ait montré une efficacité curative voire préventive contre la dermatite digitée.

Les produits ont donc été classés selon ces différents critères, le produit sélectionné devant répondre à tous ces critères. A rang de classement équivalent, un produit était classé d'intérêt supérieur s'il ne contenait pas ou moins de sulfate de cuivre. La synthèse de cette sélection est présentée dans le **Tableau 2-6**.

Devant le peu d'essais cliniques ayant cherché à évaluer l'efficacité de désinfectants autres que le formol ou le sulfate de cuivre pour des traitements collectifs de la DD, la sélection sur un critère d'efficacité a dû être réalisée sur les résultats d'une ou deux études, dont la plupart n'ont pas été soumises à un comité de lecture (Brizzi et al., 2007, Brydl et al., 2004, Goossens and Hemling, 2007, Klaas, 2008, Plomp, 2002). Leur fiabilité peut donc être discutable. Il est également possible que des études aient pu montrer une inefficacité de certains traitements, mais que celles-ci n'aient pas été publiées, notamment si l'étude avait été financée par le laboratoire producteur de ce produit.

Chapitre 2 - Sélection de traitements disponibles et applicables pour contrôler la DD en France

Tableau 2-6. Caractéristiques des désinfectants éligibles pour une application locale dans les traitements collectifs contre la dermatite digitée (DD)

Produit de traitement		Critères ²			Références
Nom déposé	Principe actif ¹	Cur.	Prév.	Appl.	
Hoof-fit®	Chelates Cu et Zn	Oui	NR	Oui	(Plomp, 2002)
HoofClear®	Chelates Cu et Zn	Oui	NR	Oui	(Jorritsma et al., 2007)
Pédiline®	CuSO ₄ , AlSO ₄ , Ammo IV, glutar.	Oui ³	NR	Oui	(Brydl et al., 2004)
Kling On Blue®	CuSO ₄ , ZnSO ₄ , acides	Var.	Non	Non	(Brizzi et al., 2007, Klaas, 2008)
Hoof Pro +®	Cu ionisé et acidifié	Var.	Non	Oui	(Hernandez et al., 1999, Manske et al., 2002)
Sol. Delaval®	DA Ammo IV, acides	Var.	Non	Pos.	(Goossens and Hemling, 2007)
Podocur SV®	CuSO ₄ , AlSO ₄ , ZnSO ₄ , Ammo IV, glutar.	NR ⁴	NR ⁴	Oui	–
Ino Feet®		NR ⁴	NR ⁴	Oui	–
Sol. Delaval®	500 CuSO ₄ , Ammo IV, acides, glutar.	Non	NR	Pos.	(Bergsten et al., 2007)
Kickstart®	H ₂ O ₂ , acides	Non	Non	Pos.	(Thomsen et al., 2008)
Virocid®	Ammo IV, glutar.	Non	Non	Pos.	(Thomsen et al., 2008)

¹ Cu : cuivre ; Zn : Zinc, Al : aluminium, SO₄ : sulfate ; Ammo IV : ammoniums quaternaires ; glutar. : glutaraldéhyde ; H₂O₂ : peroxyde d'hydrogène

² Cur : efficacité curative contre la DD ; Prév : efficacité préventive contre la DD ; Appl. : applicable en pédiluve et pulvérisateur ; NR : non renseigné ; Var. : variable ; Pos. : non prévue mais possible

³ avec un régime d'application supérieure aux préconisations fabricant

⁴ composition proche du Pédiline®

Avec ces réserves, deux produits semblent être potentiellement intéressants car ayant déjà montré une certaine efficacité dans des essais cliniques et pouvant être utilisés à la fois à l'aide d'un pédiluve de passage ou d'un pulvérisateur. Il s'agit des produits de la gamme Hoof-Fit® et Hoof-Clear®, ces deux produits ayant pour principes actifs des minéraux chélatés, cuivre et zinc (Jorritsma et al., 2007, Plomp, 2002). Le produit Pédiline® a été évalué comme efficace dans une étude (Brydl et al., 2004), mais les auteurs avaient employé un régime d'application supérieur à celles recommandées par le fabricant et ce produit avait été jugé irritant par plusieurs éleveurs enquêtés (**Chapitre 2-1**). Le Kling-on-Blue® avait plutôt été bien conservé par les éleveurs de l'enquête (**Chapitre 2-1**), mais ce produit paraît être difficilement applicable à l'aide d'un pulvérisateur car il demande que la poudre soit mise en suspension à l'aide d'un compresseur haute pression. Ce produit n'avait de toute façon montré son efficacité que dans une des deux études qui l'ont évalué (Brizzi et al., 2007). Il en est de même pour 2 autres produits qui auraient pu être utilisés à la fois en pédiluve et en pulvérisation, le Hoof Pro +® et la solution de pédiluve Double Action Delaval®. Enfin trois produits n'ont montré aucune efficacité ni à prévenir, ni à guérir les lésions de DD dans les études où ils avaient été évalués : la solution Pédiluve 500 Delaval® (Bergsten et al., 2007), et les produits Kickstart® et Virocid® (Thomsen et al., 2008).

Les produits les plus prometteurs à utiliser pour les traitements collectifs étaient donc ceux à base de minéraux chélatés de la gamme Hoof-Fit® ou Hoof-Clear®. Ces deux produits sont fabriqués par des laboratoires néerlandais et disponibles par internet. Pour plus de facilités, nous nous sommes tournés vers les produits de la gamme Hoof-Fit® qui disposent d'un revendeur en France (Dominique Bernier, SARL Bov'Idée, Beaucouzé, France).

Deux produits ont donc été sélectionnés pour l'étude d'intervention sur la base de leur efficacité et de leur praticité. Il s'agit d'un antibiotique contenant de l'oxytétracycline qui peut être appliqué avec une bombe aérosol maintenue la tête en bas (Oxytetrin P®) pour les traitements individuels et d'un désinfectant contenant du cuivre et du zinc chélatés (Hoof-Fit® ou Hoof-Clear®) qui peut être appliqué en pédiluve et en pulvérisation pour les traitements collectifs.

Références bibliographiques

- Anonymous. 2011. Dictionnaire des Médicaments Vétérinaires. 16e ed. Editions du Point Vétérinaire.
- Auzanneau, M. M. 2009. Etat des lieux des pratiques de gestion de la Maladie de Mortellaro par les éleveurs de bovins [Inventory practices of French dairy farmers to control digital dermatitis (Mortellaro disease)]. Page 171. Nantes, France.
- Bergsten, C., J. Hultgren, and A. Hillstrom. 2007. Using copper sulphate, peracetic acid or a combination of both in foot bath for the control of digital dermatitis and heel horn erosion in dairy cows. Page 96 in Proc. of 13th International Congress in Animal Hygiene, Tartu, Estonia.
- Berry, S. L., D. H. Read, and R. D. Walker. 1999. Recurrence of papillomatous digital dermatitis (footwarts) in dairy cows after treatment with lincomycin HCL or oxytetracycline HCl. J. Dairy Sci. 82 (suppl 1):34.
- Berry, S. L., D. H. Read, R. L. Walker, and D. W. Hird. 2002. Etiology, treatment and prospects for vaccination against (papillomatous) digital dermatitis. Pages 5-11 in Proc. 12th Intern. Symp. Lameness Ruminants. Shearer, J. K., Orlando, FL.
- Brizzi, A., C. Cortesi, N. Martemucci, C. Biacca, L. Fornari, and M. Tagliaferri. 2007. Un nuovo prodotto per bagni podali: osservazioni sul suo impiego nel bovino da latte- [A new product for footbathing: observations on its use in Dairy cows]. Pages 3-12 in Proc. of 29th Congresso Nazionale della Societa Italiana di Buiatria, Castellaneta, Italy.
- Brydl, E., V. Jurkovich, L. Kõnyves, A. E. Tirián, M. Alexov, and F. Vona. 2004. Treatment of digital dermatitis without using of antibiotics - a clinical trial. in Proc. 13th Intern. Symp. 5th Conf. Lameness Ruminants. Zemlic, B., Maribor, Slovenija.
- Evans, N. J., J. M. Brown, I. Demirhan, R. Birtles, C. A. Hart, and S. D. Carter. 2008. In vitro susceptibility of bovine digital dermatitis associated spirochaetes to antimicrobial agents. Vet. Microbiol. 135(1-2) :115-120.
- FranceAgriMer. 2011. Évolution des structures de production laitière en France - lait de vache. Page 36 in Les études de FranceAgriMer. FranceAgriMer.

Goossens, X. and T. Hemling. 2007. Comparison of the efficacy of double action and copper sulphate footbath solutions for the control of digital dermatitis in lactating dairy cows. Page 209 in Proc. of 40th Annu. Conf. of Am. Assoc. Bov. Pract. . American Association of Bovine Practitioners, Vancouver, British Columbia, Canada.

Gourreau, J. M., D. W. Scott, and J. F. Rousseau. 1992. La dermatite digitée des bovins. *Point Vet.* 24(143):49-57.

Gradle, C. D., J. Felling, and A. O. Dee. 2002. Treatment of digital dermatitis lesions in dairy cows with a novel nonantibiotic formulation in a foot bath. Pages 363-365 in Proc. 12th Intern. Symp. Lameness Ruminants Shearer, J. K., Orlando, FL.

Guatteo, R., A. Relun, A. Douart, and N. Bareille. 2011. Les agents infectieux impliqués dans les affections podales des bovins. *Point Vet.* 42:42-49.

Hernandez, J., J. K. Shearer, and J. B. Elliott. 1999. Comparison of topical application of oxytetracycline and four nonantibiotic solutions for treatment of papillomatous digital dermatitis in dairy cows. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 214(5):688-690.

Holzhauser, M., C. J. Bartels, M. van Barneveld, C. Vulders, and T. Lam. 2011. Curative effect of topical treatment of digital dermatitis with a gel containing activated copper and zinc chelate. *Vet. Rec.* 169(21):555.

Holzhauser, M., O. C. Sampimon, and G. H. Counotte. 2004. Concentration of formalin in walk-through footbaths used by dairy herds. *Vet. Rec.* 154(24):755-756.

Jorritsma, R., B. J. G. Lansink, and D. Döpfer. 2007. [Comparison of the effects of two walk-through footbaths on the prevalence of digital dermatitis and interdigital dermatitis on a commercial dairy farm]. *Tijdschrift voor diergeneeskunde* 132(1):949-952.

Klaas, I. 2008. The Effect of Two Different Footbath Solutions on Digital Dermatitis. Pages 186-189 in Proc. 15th Intern. Symp. 7th Conf. Lameness Ruminants. Niemi, J., Kuopio, Finland.

Kofler, J., M. Pospichal, and M. Hofmann-Parisot. 2004. Efficacy of the non-antibiotic paste Protexin Hoof-Care for topical treatment of digital dermatitis in dairy cows. *J. Vet. Med. Ser. A* 51(9-10):447-452.

- Laven, R. A. and H. Hunt. 2002. Evaluation of copper sulphate, formalin and peracetic acid in footbaths for the treatment of digital dermatitis in cattle. *Vet. Rec.* 151(5):144-146.
- Laven, R. A. and D. N. Logue. 2006. Treatment strategies for digital dermatitis for the UK. *Vet. J.* 171(1):79-88.
- Leach, K. A., H. R. Whay, C. M. Maggs, Z. E. Barker, E. S. Paul, A. K. Bell, and D. C. J. Main. 2010. Working towards a reduction in cattle lameness: 1. Understanding barriers to lameness control on dairy farms. *Res. Vet. Sci.* 89(2):311-317.
- Manske, T., J. Hultgren, and C. Bergsten. 2002. Topical treatment of digital dermatitis associated with severe heel-horn erosion in a Swedish dairy herd. *Prev. Vet. Med.* 53(3):215-231.
- Nielsen, B. H., P. T. Thomsen, and J. T. Sørensen. 2011. Identifying risk factors for poor hind limb cleanliness in Danish loose-housed dairy cows. *Animal* 5(10):1613-1619.
- Nishikawa, A. and K. Taguchi. 2008. Healing of digital dermatitis after a single treatment with topical oxytetracycline in 89 dairy cows. *Vet. Rec.* 163(19):574-576.
- Nuccitelli, B. and S. L. Berry. 2007. The long term recurrence of digital dermatitis after treatment with lincomycin HCl on a commercial dairy farm. Page 289 in *Proc. of 40th Annu. Conf. of Am. Assoc. Bov. Pract.* American Association of Bovine Practitioners, Vancouver, British Columbia, Canada.
- Plomp, G. H. M. 2002. Practical trial. Intra-Bath concept. Page 12. HX-UTD Nutreco / Intracare BV Haaften, Haaften, Neth.
- Shearer, J. 2005. Pieds et membres - Prévention et contrôle des problèmes locomoteurs chez les bovins laitiers. in *Symposium sur les bovins laitiers.* Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Canada, Ste Hyacinthe, Canada.
- Speijers, M. H. M., L. G. Baird, G. A. Finney, J. McBride, D. J. Kilpatrick, D. N. Logue, and N. E. O'Connell. 2010. Effectiveness of different footbath solutions in the treatment of digital dermatitis in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93(12):5782-5791.

Teixeira, A. G. V., V. S. Machado, L. S. Caixeta, R. V. Pereira, and R. C. Bicalho. 2010. Efficacy of formalin, copper sulfate, and a commercial footbath product in the control of digital dermatitis. *J. Dairy Sci.* 93(8):3628-3634.

Thomsen, P. T., J. T. Sørensen, and A. K. Ersbøll. 2008. Evaluation of three commercial hoof-care products used in footbaths in Danish dairy herds. *J. Dairy Sci.* 91(4):1361-1365.

van Amstel, S. R., S. van Vuuren, and C. L. Tutt. 1995. Digital dermatitis: report of an outbreak. *J. S. Afr. Vet. Assoc.* 66(3):177-181.

Yano, T., K. K. Moe, T. Chuma, and N. Misawa. 2009. Antimicrobial susceptibility of *Treponema phagedenis*-like spirochetes isolated from dairy cattle with papillomatous digital dermatitis lesions in Japan. *J. Vet. Med. Sci.* 72(3):379-382.

Chapitre 3

Développement d'une méthode pour noter les lésions de dermatite digitée dans le cadre d'études épidémiologiques



1 - Résumé de l'article 'A simple method to score DD in dairy cows in the milking parlor '

L'objectif de cette étude était d'évaluer les performances d'une méthode de notation des lésions de dermatite digitée (DD), qui soit suffisamment simple pour pouvoir être utilisée en routine et dans le cadre d'études épidémiologiques. Cette méthode consistait à inspecter les postérieurs des vaches en salle de traite à l'aide d'un miroir télescopique orientable et d'une lampe frontale, les pieds ayant au préalable été nettoyés avec un jet d'eau.

Pour ce faire, une étude a été menée dans 4 exploitations bovines laitières commerciales en France, les exploitations étant équipées soit d'une salle de traite en épi (n=3) soit d'une salle de traite par l'arrière (n=1). Pour évaluer la concordance intra-observateur, les pieds postérieurs de 242 vaches de race Prim'Holstein ont été inspectés pendant 2 traites consécutives. Ces inspections ont été réalisées concomitamment par 5 observateurs afin d'évaluer la concordance inter-observateurs. Suite à la deuxième traite, les pieds ont été inspectés en travail de pareur, méthode actuellement considérée comme étant le 'Gold-Standard', pour évaluer la précision de la méthode évaluée. Les pieds ont été notés selon le système de notation initialement décrit par Döpfer et al. (1997) et validé par des experts internationaux lors du congrès international sur les boiteries des ruminants tenu en 2008. Ce système permet de prendre en compte l'évolution des lésions de DD au cours de la maladie avec 5 stades : M0 ('M', pour 'Mortellaro') : absence de lésions de DD ; M1 : lésion circonscrite érosive < 2 cm de diamètre ; M2 : stade classique, lésion circonscrite ulcérateuse à granulomateuse > 2 cm de diamètre ; M3 : lésion en cours de cicatrisation, recouverte par une croûte et M4 : lésion chronique dyskératosique (épithélium épaissi) et/ou proliférative. Les observateurs avaient été entraînés à utiliser ce système de notation à l'aide de photographies pendant 3 sessions, avant le début de l'étude. Les performances de la méthode ont été évaluées en utilisant à la fois ce système en 5 stades et un système de notation simplifié dans lequel les stades M3 et M4 ont été regroupés en un seul stade. Les concordances des notations intra-observateur,

inter-observateurs et entre la notation en salle de traite et en travail de pareur ont été évaluées à l'aide du pourcentage d'accord global (PA_o) et des coefficients de kappa simple (κ) et pondéré (κ_w). Une recherche des stades les plus discordants a été effectuée en calculant les pourcentages d'accords et de désaccords par paires de stades et les pourcentages d'accords spécifiques pour chaque stade. La précision de la méthode pour détecter une lésion de DD a été évaluée en plus, en calculant la sensibilité (Se), la spécificité (Sp) et les valeurs prédictives positives (VPP) et négatives (VPN).

Comme la majorité des désaccords portaient sur une confusion entre les stades M3 et M4, les performances de la méthode de notation en salle de traite ont été améliorées en utilisant le système de notation simplifié. Avec ce système de notation simplifié, la méthode présentait une bonne concordance intra-observateur (PA_o =80%, κ_w =0,71) et une bonne concordance inter-observateurs (PA_o =77%, κ_w =0,66). La concordance des notations réalisées en salle de traite avec celles réalisées en travail de pareur était modérée (PA_o =69%, κ_w =0,58). La méthode de notation en salle de traite a présenté à la fois une bonne sensibilité (Se=0,90) et une bonne spécificité (Sp=0,80) pour détecter une lésion de DD. Le temps nécessaire pour l'inspection des postérieurs était de 60 secondes en moyenne par animal (2 pieds postérieurs) au début de l'étude et 30 secondes à la fin. Cette méthode pourrait donc être utilisée pendant la traite après un peu d'entraînement sans rallonger excessivement le temps de traite.

Comme les stades M3 et M4 étaient jusqu'à présent considérés comme non actifs et guéris dans les études épidémiologiques, le regroupement de ces deux stades en un stade unique ne devrait pas interférer avec les interprétations des résultats d'études futures qui utiliseraient ce système de notation simplifié. Après ces deux stades, le stade M1 est celui qui a été le moins bien discriminé étant soit confondu avec le stade M2 du fait d'une différenciation de diamètre parfois délicate (plus ou moins 2 cm), soit avec une lésion M4 lorsque les lésions étaient vraiment très petites et entourées d'un épithélium dyskérotosique ou localisées dans l'espace interdigité. La confusion avec un stade M2 n'est pas trop problématique puisque ces deux stades sont souvent

considérés comme une lésion 'active' de DD. Celle avec le stade M4 pourrait, du fait de biais de classification, diminuer l'estimation des effets observés.

Comme l'espace interdigité ne peut pas être inspecté, puisque les pieds des animaux ne sont pas levés en salle de traite, cette méthode de notation en salle de traite reste moins précise que la notation des lésions en travail de pareur. Sa facilité de mise en œuvre et son faible coût associés à une bonne fiabilité en font cependant une bonne alternative à la notation en travail des pareurs lorsque des notations de la DD doivent être réalisées sur un nombre important d'animaux où lorsque ces notations doivent être répétées fréquemment. Elle pourrait donc être utilisée par les chercheurs dans des études épidémiologiques. Elle pourrait également être utile pour les éleveurs, après une formation à la reconnaissance des lésions, pour les aider à détecter et traiter plus précocement les lésions de DD et suivre l'évolution de la maladie dans leurs troupeaux.

2 - Article 'A simple method to score DD in dairy cows in the milking parlor '

A. Relun^{* †‡§#}, R. Guatteo^{* †‡§#}, P. Roussel^{* †}, N. Bareille^{* †‡§#}

^{*}*UMT Cattle Herd Health Control, F-44307 Nantes, France*

[†]*Livestock Institute, Department Welfare, health, traceability, hygiene, 149 rue de Bercy, F-75595 Paris, France*

[‡]*ONIRIS, Nantes Atlantic National College of Veterinary Medicine, Food Science and Engineering UMR 1300 Bio-aggression, Epidemiology and Risk Analysis, F-44307 Nantes, France*

[§]*INRA, UMR 1300 Bio-aggression, Epidemiology and Risk Analysis, F-44307 Nantes, France*

[#]*Université Nantes Angers Le Mans, France*

Journal of Dairy Science, Novembre 2011, 94(11):5424-5434

2.1. Abstract

The diagnosis of digital dermatitis (DD) in cows is crucial for researchers to evaluate the effectiveness of control measures. The objective of this study was to evaluate intra- and inter-observer agreement and accuracy of a simple method to score DD lesions that is based on the inspection of cleaned feet in the milking parlor with a swivelling mirror and a powerful headlamp. The hind feet of 242 Holstein cows from 4 farms were inspected concurrently by five observers (to assess inter-observer agreement) during two consecutive milkings (to assess intra-observer agreement). This inspection was followed by an inspection of the feet in a trimming-chute, considered to be the "Gold-Standard" Test, to test for accuracy. The reliability of the method was assessed using both the 5 M-stages scoring system (M0 to M4, "M" standing for "Mortellaro") and a simplified M-stages scoring system in which the M3 and M4 stages are merged. As most disagreements concerned the M3 and M4 stages, performance was improved with the simplified M-stages scoring

system. With this simplified system, the method had good intra-observer agreement (percent of overall raw agreement [PA] = 80%, weighted kappa [κ_w] = 0.71) and good inter-observer agreement (PA = 77%, κ_w = 0.66). The agreement with the “Gold Standard” Test was moderate (PA = 69%, κ_w = 0.58). Considering absence *versus* presence of a DD lesion on a foot, the method had good sensitivity (Se = 0.90) and specificity (Sp = 0.80). The time spent for inspection varied from 30 to 60 seconds per cow. Inspection of cleaned feet with a swivelling mirror and a powerful headlamp in the milking parlor is a reliable, cost and time-friendly method, which may be useful for both farmers and researchers, especially when the DD status of many dairy cows has to be evaluated concomitantly. The reliability of this method might be improved by using more precise descriptive criteria for the discrimination of each M-stage.

2.2. Introduction

Digital dermatitis (DD) is a widespread, contagious, multifactorial disease involving environmental, management and microbial factors. This is currently one of the major causes of infectious lameness in cattle (Berry et al., 2004). First described in 1974 in Italy (Cheli and Mortellaro, 1974), the reported incidence of the disease has increased worldwide over the past few decades due to the enlargement and merger of dairy herds (Holzhauer et al., 2006b, Read and Walker, 1998, Yano et al., 2009). DD is becoming a serious issue for dairy farmers because the disease negatively affects animal welfare and production (Cha et al., 2010, Fourichon et al., 1999), it is difficult to eliminate, and the efficacy of control measures is largely unpredictable (Laven and Logue, 2006).

The detection of DD is a key for the control of the disease. Farmers must detect the lesions as early as possible to improve the cure rates of individual topical treatments (Bathina et al., 2002, Hernandez and Shearer, 2000). Researchers also need to measure the large-scale prevalence of DD to evaluate the effectiveness of management and treatment strategies. The determination of a cow's DD status currently is based on the visual inspection

of the feet to identify characteristic circumscribed skin lesions, mostly observed between the heels of the hind limbs (Berry et al., 2004, Read and Walker, 1998). As the clinical appearance of DD lesions varies over the course of the disease, more than just the assumption of absence or presence of a DD lesion is needed to determine the severity and cured status of a DD lesion (Holzhauer et al., 2008a). A 5 M-stages scoring system, based on the one first described by Döpfer et al. (1997), recently was amended by a consortium of international experts (Greenough et al., 2008), with “M” standing for “Mortellaro”, and the M-stages representing stages during the course of DD that range from M0 = no lesion to M4 = chronic stage. Although precise characteristics are given to identify each stage, a degree of subjectiveness is inevitable as the classification is based on the visual inspection of the feet. Observation conditions, the tools used, and the experience of the observers consequently can lead to different classifications of the same lesion.

Traditionally, foot inspection to detect DD is performed by lifting the foot in a trimming chute. Although this method currently is the most accurate to score DD lesions, it is labour-consuming and stressful for cows, and therefore not well adapted to frequent assessments of the cows' DD status, especially when an entire herd has to be examined. Several inspection methods on standing animals have been tested but were not fully satisfactory because they were either too expensive (Laven, 1999), too time-consuming (Rodriguez-Lainz et al., 1998) or insufficiently accurate (Thomsen et al., 2008). Furthermore, none of these studies investigated either the accuracy of DD scoring or intra- and inter-observer agreement, although this information is important for the interpretation of the results on DD scoring within and between studies.

The objective of our study was to assess intra- and inter-observer agreement and accuracy of a method based on simple tools, comprised of a powerful headlamp and a telescopic swivelling mirror, to detect and score DD lesions in the milking parlor using the M-stages scoring system.

2.3. Materials and methods

2.3.1. Study Design and Data Collection

To assess inter-observer agreement, it was estimated that the optimal combination of subjects and observers was 427 feet (214 cows) and 5 observers (Walter et al., 1998), with an expected inter-observer agreement of 0.65, an acceptable inter-observer agreement of 0.6 or higher, $\alpha = 0.05$ and $\beta = 0.20$. The hind feet of 242 lactating Holstein cows from 4 farms (all lactating cows, namely 50, 53, 69 and 70 cows on farms 1, 2, 3 and 4 respectively, the farm number determined by the chronological order of the inspection visits) were examined by 5 observers to evaluate the scoring method. Farms were selected using 2 convenience criteria: the farm had been affected by DD for over 1 year and the farm's cows were milked in a milking parlor. The farms were recruited through hoof-trimmers reporting recurrent DD lesions in those farms, without precise estimation of its prevalence. Three farms had a herringbone milking parlor and one had a parallel milking parlor (farm 4).

Inspection of the feet was performed by the corresponding author and four veterinarians from the bovine clinical staff of the Nantes Atlantic National College of Veterinary Medicine who had varied experience in scoring DD lesions. They were trained by the corresponding author in the use of the M-stages scoring system with a total panel of 40 pictures of DD lesions used during three training sessions held prior to the start of the study.

The 5 M-stage scoring system used was those first described by Döpfer et al. (1997) and validated at the 15th International Symposium on Lameness in Ruminants (Greenough et al., 2008). M0 refers to feet where no circumscribed skin lesions are present; M1 is an early stage lesion with a small, circumscribed, red to grey epithelial defect of less than 2 cm in diameter; M2 is the classic ulcerative (bright red) or granulomatous (red-grey) stage with a diameter > 2cm; M3 is the healing stage within 1 to 2 days after topical treatment where an acute DD lesion has covered itself with a firm, scab-like material; and M4 is the late chronic stage characterised by a dyskeratotic lesion (mostly thickened epithelium), surface proliferation, or

both. For all DD scorings done during the study, each observer had a guide with one DD lesion picture per M-stage and the main characteristics of the M-stage to refer to it when needed.

To assess intra- and inter-observer agreement, the 5 observers simultaneously scored the hind feet of each lactating cow in the milking parlor during two consecutive milkings without consulting each other. Before each inspection, the hind feet were cleaned with a medium-pressure water hose when the cows had entered the milking parlor and stood in the stalls. The hind feet then were inspected and scored for DD during the milking with a powerful headlamp (Petzl Tikka Plus ®; Petzl [34.90 €]) and a telescopic swivelling mirror (Inspection mirror 1PK390G ®; Prokit's Industries Co., Shien Tien, Taiwan [8.88 €]) as illustrated in **Figure 3-1**.

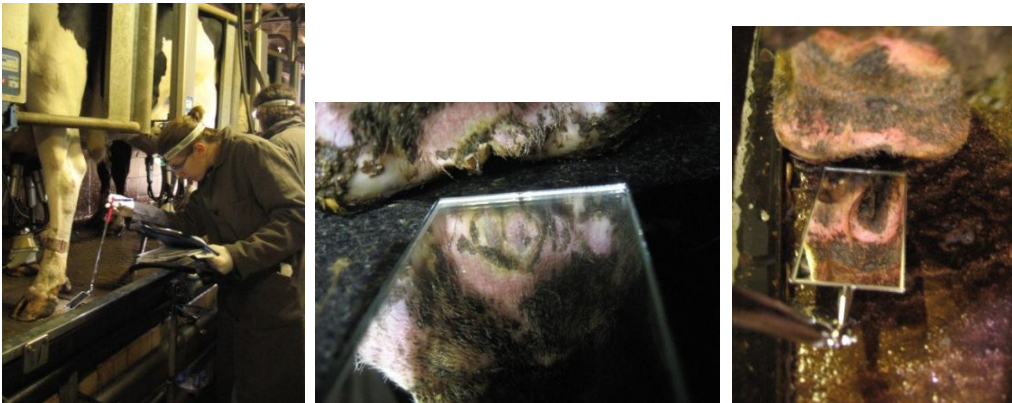


Figure 3-1 a, b and c. Inspection of the hind feet during milking with a headlamp and a swiveling mirror (a) showing M2 (classical ulcerative or granulomatous stage) (b) and M4 (chronic stage) (c) stages of digital dermatitis (DD) lesions

To test for overall agreement with the “Gold Standard” Test, all of the cows were restrained in a trimming chute and scored for DD following the second milking. The hind feet were cleaned with a brush and water before being scored. The DD score was formulated by having all five observers and an experienced hoof-trimmer reach a general consensus (one trimmer on the 1st and 2nd farms and two on the 3rd and 4th farms).

For all of the observations, the cow's identification number (ear-tag), foot involved, the M-stage and location of the DD lesions were recorded. The anatomical location of the DD lesion was specified as illustrated in **Figure 3-2**.

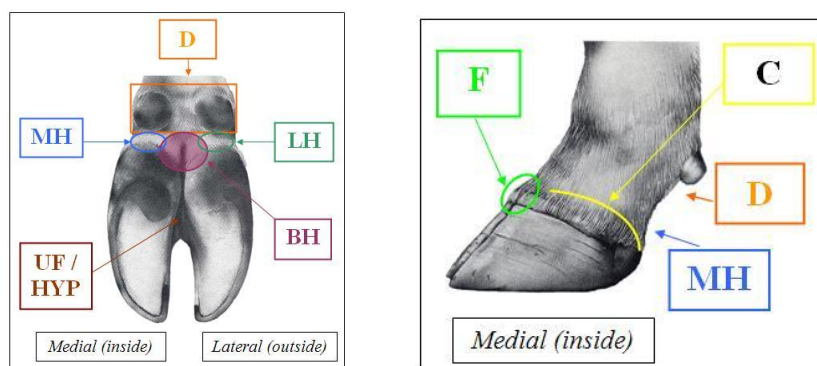


Figure 3-2. Anatomical areas defined for the location of digital dermatitis lesions (a: under feet view; b: medial view; BH: between heel; MH: medial heel; LH: lateral heel; D: around the dewclaws; C: on the coronet; F: on the front; UF: under the foot in the interdigital space; HYP: under the foot, on an interdigital hyperplasia)

During milking, the time spent for the observation of each side of the milking parlor was also recorded in order to assess the compatibility of this method with a regular milking. Recording forms were used to simplify recording during milking, with one sheet per milking parlor side, taking into account the number of places per quay.

The study took place between April and May 2009 in Brittany and Pays-de-la-Loire in Western France.

2.3.2. Data Analysis

All of the data were entered in Microsoft Office Excel® version 11 (Microsoft Corporation, Redmont, Washington, USA) and analysed using SAS 9.1.3® (SAS Institute INC, SAS Campus Drive, Cary, North Carolina, USA). The statistical unit was the hind foot. The statistical analyses were performed using PROC FREQ of SAS® with the agree option for agreement coefficients. Statistics were estimated for all farms and by farm, and 95% confidence

intervals (**CI**) were calculated. Agreement statistics were calculated using the classic M-stages scoring system and a simplified M-stages scoring system in which the M3 and M4 stages were merged (M0/M1/M2/M34). As in routine practice, the feet would be cleaned only once in the milking parlor before inspection, only data from the first milking were used to assess inter-observer agreement and agreement with the “Gold Standard” Test.

Attribution of a DD score to a foot. In case of observing more than one lesion per foot, the most severe M-stage was assigned according to the hierarchy proposed as: M2 > M1 > M4 > M3. Indeed M2 is the most infectious and painful stage of DD, and thus is considered to be the most severe (Döpfer et al., 1997, Holzhauser et al., 2008a). M1 is the early acute stage that precedes or appears between episodes of M2 lesions (Döpfer, 2009). M3 and M4 correspond respectively to the healing and chronic stages of DD, and are thus less severe stages. Both can still be infectious (Mumba et al., 1999) but M4 is more likely to be followed by an M1 or an M2 lesion than M3 (Döpfer, 2009, Holzhauser et al., 2008a).

Description of the DD lesions observed during trimming. The anatomical location of the different stages of the lesions was described. The proportion of each M-stage observed in the hind feet during trimming was calculated, considering the score of a foot, for all farms and by farm. The average prevalence of hind feet with DD was calculated for all farms and by farm.

Evaluation of intra- and inter-observer agreement. Intra-observer agreement was measured by comparing the scores attributed by each observer to a foot on the two consecutive milkings whereas inter-observer agreement was measured by comparing the scores attributed by the 5 observers during the first milking only.

Intra- and inter-observer agreement was assessed using percent of overall agreement (**PA_o**), kappa (**κ**) and weight-kappa coefficients (**κ_w**). In a first step, PA_o, κ and κ_w statistics were calculated within each observer

scorings and between each observer pairs. In a second step, the means and 95% CI for within and between observers were calculated.

PA_o was calculated (Fleiss, 1975, Hripcsak and Heitjan, 2002) as

The Kappa value quantifies the agreement beyond chance (Cohen, 1960). When using ordered scorings, κ_w may be used to take into account that the relative disagreement between scorings may not be the same for adjacent scores as for distant scores (Cohen, 1968). κ_w was calculated using linear weights (Cicchetti and Allison, 1971) with the scores in the same order as described above (M2 > M1 > M4 > M3 > M0). κ and κ_w were interpreted using the guidelines recommended by Landis and Koch (1977): ≤ 0 = poor, 0.01-0.20 = slight, 0.21-0.40 = fair, 0.41-0.60 = moderate, 0.61-0.80 = good, and 0.81-1 = almost perfect.

The analysis of lack of agreement was conducted by calculating the percent of agreement and disagreement per M-stage pairs and the percent of specific agreement (PA_s) per M-stage. In a first step, these statistics were calculated within each observer scorings and between each observer pairs. In a second step, the mean values for within and between observers were calculated. PA_s was calculated (Fleiss, 1975, Hripcsak and Heitjan, 2002) as

Overall agreement with the “Gold Standard” Test. Overall agreement with the “Gold Standard” Test was evaluated by comparing the scores

attributed during the first milking and during trimming. The agreement was assessed using PA_o , κ and κ_w coefficients. These statistics first were estimated for each observer and then the means and 95% CI were calculated.

The analysis of lack of agreement was conducted by calculating the percent of agreement and disagreement per M-stage pairs and PA_s per M-stage. In a first step, these statistics were calculated within each observer scorings and between each observer pairs. In a second step, the mean values for within and between observers were calculated. The percent of agreement and disagreement per M-stage pairs were calculated by comparing the scores given during milking to those given during trimming, with the scores attributed during trimming considered to be the “true” scores. PA_s was calculated as described previously.

Sensitivity (**Se**) and specificity (**Sp**) also were calculated, with the scores attributed in the trimming chute considered to be the “Gold Standard” and those attributed during the first milking as a “diagnostic test”. For the analyses, a score of M0 indicated absence of DD and scores of M1, M2, M3 and M4 as presence of DD. Se and Sp were first estimated for each observer and then mean values were calculated. Positive (**PPV**) and negative (**NPV**) predictive values also were calculated to illustrate the performances of the detection method in milking parlor under field conditions.

2.4. Results

2.4.1. Description of the DD lesions observed on the hind feet

The anatomical location of the different M-stages found on the hind feet during trimming are displayed in **Table 3-1**.

Table 3-1. Distribution of the anatomical location of the different M-stages of digital dermatitis (DD) attributed to the 484 hind feet during trimming

DD stage	Location ¹					
	BH	F	LH	MH	UND	HYPYU
DD lesion (217)	195 (90%)	2 (1%)	8 (4%)	1 (0%)	2 (1%)	9 (4%)
M1 (43)	34 (79%)	0 (0%)	3 (7%) ²	1 (2%) ²	1 (2%) ³	4 (9%) ⁴
M2 (56)	47 (84%)	2 (4%) ²	3 (5%) ²	0 (0%)	0 (0%)	4 (7%) ²
M3 (42)	42 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
M4 (76)	72 (95%)	0 (0%)	2 (3%) ²	0 (0%)	1 (1%) ²	1 (1%) ²

¹Location: BH = between heels; F = in front of the foot; LH = on the lateral heel; MH = on the medial heel; UND = under the foot; HYPYU = under the foot on an interdigital hyperplasia

²No DD-lesion on other location

³M3 lesion between the heel

⁴One foot with an M3 lesion between heels, one foot with an M4 lesion between heels and two feet with no DD-lesion on other location

Of the 484 feet inspected during trimming, 217 (45%) were diagnosed with at least one DD lesion. Most DD lesions (90%) were found on the back of the foot between the heels. Most of the feet (N= 195; 90%) had only one lesion. Among them, 8 feet had a DD lesion under the foot (1 foot with an M4 in the interdigital space; 2 feet with an M1, 4 feet with an M2 and 1 foot with an M4 on an interdigital hyperplasia). On average, 43 feet (9%) were scored M1, 56 (12%) M2, 42 (9%) M3, and 76 (16%) M4. These proportions varied between farms as illustrated in **Figure 3-3**. Thus, considering absence (M0) *versus* presence of DD (M1 to M4), the average prevalence of hind feet with DD in the trimming chute was 0.45. It was 0.77, 0.20, 0.35 and 0.52, respectively, in farms 1 to 4.

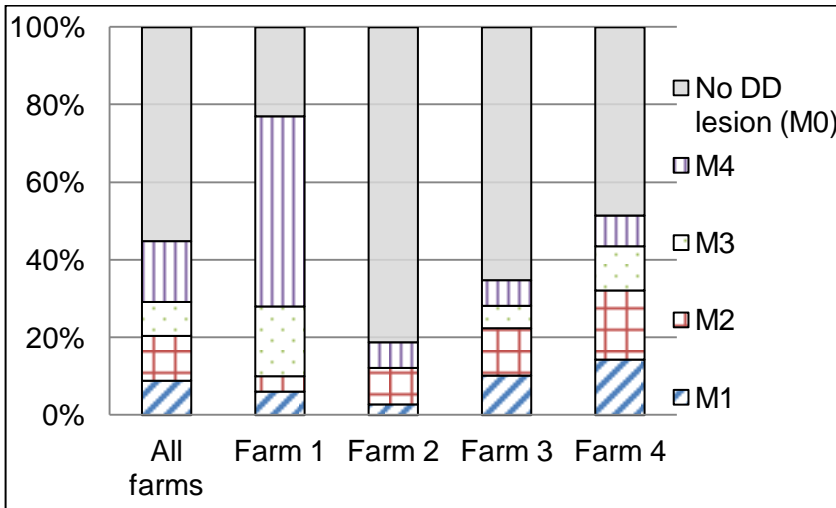


Figure 3-3. Proportion of the different stages of digital dermatitis (DD) lesions (M0 to M4) observed for all farms and per farm during trimming

2.4.2. Performance of the DD scoring in the milking parlor

Intra- and inter-observer agreement. Results on intra-observer agreement for all farms and by farm using the 5 and the 4 M-stages scoring systems are displayed in **Erreur! Source du renvoi introuvable.** Intra-observer agreement was good with both the 5 and the 4 M-stages scoring systems (average $PA_o = 74\%$, $\kappa = 0.62$, $\kappa_w = 0.70$ and $PA_o = 80\%$, $\kappa = 0.66$, $\kappa_w = 0.71$ respectively).

Table 3-2. Average level of agreement within observers for the scoring of digital dermatitis (DD) in the milking parlor using the 5 M-stages (M0 to M4) or the simplified 4 M-stages (M0/M1/M2/M34) scoring systems for all farms and by farm

Farm	Agreement statistics ¹ 5 M-stages			Agreement statistics ¹ 4 M-stages		
	PA _o (CI 95%)	κ (CI 95%)	κ _w (CI 95%)	PA _o (CI 95%)	κ (CI 95%)	κ _w (CI 95%)
All farms	0.74 (0.70-0.78)	0.62 (0.56-0.67)	0.70 (0.64-0.75)	0.80 (0.76-0.83)	0.66 (0.61-0.72)	0.71 (0.65-0.77)
Farm 1	0.68 (0.59-0.77)	0.49 (0.35-0.63)	0.53 (0.38-0.68)	0.82 (0.74-0.89)	0.54 (0.37-0.71)	0.54 (0.36-0.72)
Farm 2	0.71 (0.62-0.79)	0.47 (0.32-0.61)	0.57 (0.42-0.71)	0.74 (0.65-0.82)	0.49 (0.34-0.65)	0.48 (0.31-0.64)
Farm 3	0.86 (0.80-0.92)	0.73 (0.63-0.83)	0.80 (0.72-0.89)	0.89 (0.84-0.94)	0.79 (0.69-0.88)	0.80 (0.71-0.90)
Farm 4	0.70 (0.63-0.78)	0.56 (0.46-0.66)	0.69 (0.59-0.78)	0.74 (0.67-0.81)	0.60 (0.49-0.70)	0.63 (0.52-0.74)

¹ mean overall percent of agreement [PA_o], kappa [κ] and weight kappa [κ_w]

The results on inter-observer agreement are displayed in **Table 3-3**. Using the 5 M-stages scoring system, inter-observer agreement was moderate to good, depending on the farm, with on average PA_o = 66%, κ = 0.51 and κ_w = 0.63. It was improved when using the 4 M-stages scoring system (average PA_o = 77%; κ = 0.61; κ_w = 0.66). For both intra- and inter-observer agreement, the best results were observed on the two last farms inspected.

The percent of agreement/disagreement per M-stage pairs for both intra- and inter-observer agreement are presented on **Table 3-4**. Most of the disagreements concerned stages M3 and M4 (average 5% and 10% of all observations within and between observers respectively) followed by disagreements over stages M0 and M3 (average 6% and 7% within and between observers respectively) and over stages M0 and M4 (average 6% within and between observers). For all observers, specific agreement within and between observers was good for M0, M2 and M34 (average PA_s = 86%, 72% and 77% within observers respectively, and PA_s = 85%, 58% and 74% between observers respectively). It was moderate for M4 (average PA_s = 69% and 55 % within and between observers respectively), and was fair for M1

(average $PA_s = 41\%$ and 33% within and between observers respectively) and M3 (average $PA_s = 49\%$ and 36% within and between observers respectively).

Table 3-3. Average level of agreement between observers for the scoring of digital dermatitis (DD) in the milking parlor using the 5 M-stages (M0 to M4) or the simplified 4 M-stages (M0/M1/M2/M34) scoring systems for all farms and by farm

Farm	Agreement statistics ¹			Agreement statistics ¹		
	5 M-stages			4 M-stages		
	PA_o (CI 95%)	κ (CI 95%)	κ_w (CI 95%)	PA_o (CI 95%)	κ (CI 95%)	κ_w (CI 95%)
All farms	0.66 (0.62-0.70)	0.51 (0.45-0.56)	0.63 (0.58-0.68)	0.77 (0.73-0.80)	0.61 (0.55-0.67)	0.66 (0.60-0.71)
Farm 1	0.52 (0.42-0.61)	0.31 (0.18-0.43)	0.41 (0.27-0.55)	0.74 (0.65-0.82)	0.47 (0.31-0.62)	0.49 (0.33-0.66)
Farm 2	0.63 (0.54-0.72)	0.38 (0.25-0.50)	0.50 (0.36-0.64)	0.71 (0.63-0.80)	0.46 (0.32-0.61)	0.48 (0.32-0.63)
Farm 3	0.81 (0.74-0.88)	0.65 (0.54-0.75)	0.76 (0.67-0.84)	0.85 (0.79-0.91)	0.71 (0.60-0.81)	0.74 (0.63-0.85)
Farm 4	0.67 (0.59-0.75)	0.52 (0.42-0.62)	0.66 (0.56-0.75)	0.75 (0.68-0.82)	0.62 (0.52-0.72)	0.68 (0.57-0.78)

¹ mean overall percent of agreement [PA_o], kappa [κ] and weight kappa [κ_w]

Table 3-4. Level of agreement (in bold)/disagreement by M-stages pairs for the scoring of digital dermatitis (DD) in the milking parlor within and between observers

DD stage	Within observers					Between observers				
	M0	M1	M2	M3	M4	M0	M1	M2	M3	M4
M0	42%	1%	1%	6%	6%	42%	1%	1%	7%	6%
M1		2%	1%	1%	2%		1%	2%	1%	2%
M2			6%	1%	2%			5%	1%	3%
M3				7%	5%				6%	10%
M4					17%					14%

Overall agreement with the “Gold Standard” Test. Results for the overall agreement between scorings in the milking parlor and in the trimming chute are presented in **Table 3-5**. On average, agreement between milking and trimming was moderate with the 5 M-stages classification (average $PA_o = 62\%$, $\kappa = 0.44$ and $\kappa_w = 0.58$). Results were improved with the 4 M-stages scoring system (average $PA_o = 69\%$, $\kappa = 0.51$ and $\kappa_w = 0.58$), except for farm 2. The best results were observed on the two last farms. These results did not significantly differ when considering only DD lesions that were located on the feet (not under the feet; data not shown).

Table 3-5. Average level of agreement between digital dermatitis (DD) scores attributed during milking and trimming (“Gold Standard” Test) using the 5 M-stages (M0 to M4) or the simplified 4 M-stages (M0/M1/M2/M34) scoring systems for all farms and by farm

Farm	Agreement coefficients ¹			Agreement coefficients ¹		
	5 M-stages			4 M-stages		
	PA_o (CI 95%)	κ (CI 95%)	κ_w (CI 95%)	PA_o (CI 95%)	κ (CI 95%)	κ_w (CI 95%)
All farms	0.62 (0.58-0.67)	0.44 (0.38-0.49)	0.58 (0.52-0.63)	0.69 (0.65-0.74)	0.51 (0.45-0.57)	0.58 (0.52-0.64)
Farm 1	0.55 (0.46-0.65)	0.34 (0.21-0.48)	0.45 (0.31-0.59)	0.75 (0.67-0.83)	0.48 (0.32-0.64)	0.52 (0.35-0.69)
Farm 2	0.63 (0.54-0.72)	0.27 (0.13-0.40)	0.34 (0.28-0.59)	0.63 (0.54-0.72)	0.26 (0.12-0.40)	0.23 (0.09-0.38)
Farm 3	0.69 (0.61-0.77)	0.44 (0.35-0.53)	0.63 (0.54-0.72)	0.75 (0.67-0.82)	0.53 (0.43-0.53)	0.61 (0.51-0.72)
Farm 4	0.60 (0.52-0.68)	0.43 (0.34-0.53)	0.58 (0.48-0.69)	0.65 (0.57-0.73)	0.49 (0.38-0.59)	0.53 (0.42-0.65)

¹ mean overall percent of agreement [PA_o], kappa [κ] and weight kappa [κ_w]

Results of Se, Sp, PPV and NPV for the detection of a DD lesion (absence [M0] versus presence [M1 to M4]) are displayed on average and by farm in **Table 3-6**. Using scoring in the trimming chute as the “gold-standard”, the milking parlor method had on average a sensitivity of 0.90 (95% CI: 0.86-0.94) and a specificity of 0.80 (95%; CI: 0.75-0.85). Thus, with a true prevalence of 45% of feet with a DD lesion, 79 % of the feet detected with a DD lesion during milking actually had a DD lesion (PPV) and 91 % detected free of DD during milking also were observed free of DD during trimming (NPV). The worst results were observed on farm 2. The results were similar for each observer (data not shown).

Table 3-6. Average prevalence and sensitivity (Se), specificity (Sp) and predictive values (PPV: positive predictive value; NPV: negative predictive value) for the scoring of digital dermatitis in the milking parlor for absence [M0] versus presence [M1 to M4], considering scoring in the trimming chute as a “Gold-standard”

Farm (n¹)	Average prevalence	Se (CI 95%)	Sp (CI 95%)	PPV (CI 95%)	NPV (CI 95%)
All farms (484)	0.45	0.90 (0.86-0.94)	0.80 (0.75-0.85)	0.79 (0.75-0.82)	0.91 (0.88-0.93)
Farm 1 (100)	0.77	0.94 (0.88-0.99)	0.67 (0.48-0.86)	0.91 (0.85-0.96)	0.77 (0.69-0.85)
Farm 2 (106)	0.20	0.79 (0.62-0.96)	0.68 (0.59-0.78)	0.38 (0.29-0.47)	0.93 (0.88-0.98)
Farm 3 (138)	0.35	0.91 (0.83-0.99)	0.92 (0.87-0.98)	0.86 (0.80-0.92)	0.95 (0.91-0.99)
Farm 4 (140)	0.52	0.87 (0.79-0.95)	0.81 (0.72-0.90)	0.83 (0.77-0.89)	0.85 (0.79-0.91)

¹ number of hind feet observed by farm

Percents of agreement and disagreement per M-stage pair for scores given during milking in relation to those attributed during trimming are presented in **Table 3-7**. Most of the disagreements were over scores M3 and M4. Among the feet scored M2 during trimming, 42 % were scored similarly during milking, but 29% were scored M4. Only 14% of feet scored M1 during trimming were scored the same value during milking, others being scored either M4 (37%), M3 (20%) or M2 (19%).

Table 3-7. Levels of agreement (in bold)/disagreement by M-stages pairs for the scoring of digital dermatitis (DD) in the milking parlor compared to DD scoring during trimming

Milking DD stage	Trimming				
	M0	M1	M2	M3	M4
M0	212 (80%)	5 (11%)	7 (12%)	4 (11%)	7 (10%)
M1	2 (1%)	6 (14%)	7 (12%)	1 (3%)	4 (6%)
M2	1 (0%)	8 (19%)	23 (42%)	2 (4%)	4 (6%)
M3	29 (11%)	8 (19%)	3 (5%)	17 (40%)	17 (23%)
M4	23 (9%)	16 (37%)	16 (29%)	18 (43%)	43 (56%)
Total	267	43	56	42	76

Results on specific agreements are displayed in **Figure 3-4**. Specific agreement was good for M0 (average $PA_s = 85\%$), fair for M1 and M3 (average $PA_s = 20\%$ and 28% respectively) and moderate for M2 and M4 (average $PA_s = 50\%$ and 44% respectively). It was good for M34 (average $PA_s = 61\%$).

Time needed for DD scoring in the milking parlor. The mean time spent on observations in the milking parlor decreased during the study from 60 to 31 seconds per cow (60' [Standard Deviation (SD): 4''], 50' [SD: 4''], 37' [SD: 1''] and 31' [SD: 1''] for farms 1, 2, 3 and 4 respectively).

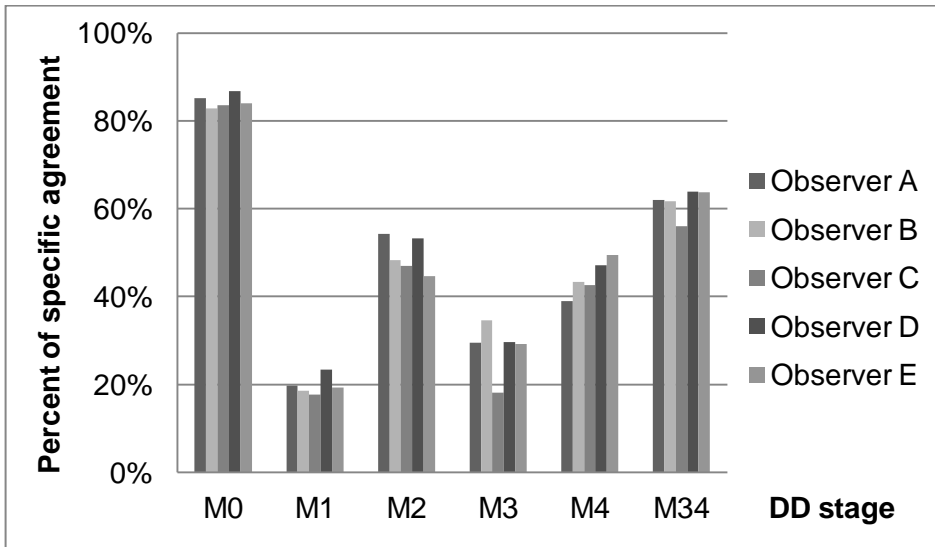


Figure 3-4. Percent of specific agreement per stage of digital dermatitis (DD) lesions (M0 to M4) and per observer between scores attributed during the first milking and trimming

2.5. Discussion

The aim of this study was to evaluate intra-and inter-observer agreement and the accuracy of a simple method, using a new tool and a validated DD scoring system, method that could be used in the milking parlor to detect and score DD lesions in dairy cows. As DD scoring is based on the visual inspection of feet, the results of any DD scoring method relies on the accuracy of the definitions of the scoring system, the accuracy of the tool used for the inspection, the observation conditions, the experience and the accuracy of the observers.

The sensitivity and specificity of the method presented in this paper reflected quite a good accuracy for the detection of a DD lesion at the prevalence observed. Sensitivity was higher on almost all farms than that found in previous studies on DD detection in a standing animal (Laven, 1999, Rodriguez-Lainz et al., 1998, Thomsen et al., 2008). In those studies, sensitivity was quite good when a sophisticated tool was used (Se = 0.85 and 0.79 for right and left feet respectively using a modified boroscope) (Laven,

1999) or if a long time was spent on the inspection of the feet (Se = 0.72 spending approximately 2 min / cow) (Rodriguez-Lainz et al., 1998). However, when these conditions were not met, sensitivity was only moderate (Se = 0.65) (Thomsen et al., 2008). Overall specificity was similar to those found by Laven (1999) (Sp = 0.83 and 0.85 for right and left feet respectively) and Thomsen et al. (2008) (Sp = 0.84), but lower than that found by Rodriguez-Lainz et al. (1998) (Sp = 0.99). Therefore, we found that the overall sensitivity and specificity of the method presented in this paper are reliable enough for the detection of a DD lesion with the prevalence observed in this study. This means that, in most cases, the definition of the M-stages and the tool used were able to efficiently diagnose the presence of a DD lesion on a foot, taking into account all possible appearances of a DD-lesion. Nevertheless, we generally obtained better results in the two last farms visited and poor results in the second farm visited. In farm 2, a low wall by the dairy platform rendered it difficult to clean the feet well or position the mirror correctly. In farms with such a low wall by the dairy platform, we advise either spending more time to ensure the correct cleaning and inspection of the feet, or to lift the feet in a trimming chute. Sensitivity and specificity may also have been affected by the proportion of the different M-stages in the farms. M0 was not often confused with another M-stage, but when it was, it was mainly with the M3 and M4 stages. Therefore, the specificity may be lower in farms with a lot of M3 or M4 lesions, as it was observed in the first farm visited. Finally, one should keep in mind that, given the quite good sensitivity and imperfect specificity, the prevalence of DD lesions will be overestimated, particularly on farms where prevalence is moderate to low (Martin, 1984). Moreover, because of imperfections of sensitivity and specificity leading to the misclassification of DD lesions, the effectiveness of control measures will be underestimated in cohort-studies in which our method is used (Dohoo et al., 2003).

In addition to the ability to detect a DD-lesion, we wanted to assess the accuracy of the method for the scoring of a DD-lesion. We found that some M-stages were less discriminated, resulting in an average moderate agreement

between scores attributed in the milking parlor and in the trimming chute. M3 was the least differentiated stage. It was often confused with M4, either between scorings in milking parlor and in trimming chute, or between observer scorings, or even within observer scorings. As M3 is just a transient stage that is followed immediately by M4 when the scab falls off, we considered that they could be merged into one stage: M34. The combination of the two stages seems relevant and will not impair the biological interpretation of the lesions in terms of infectiousness or clinical implication. After M3, M1 was the least differentiated stage. This was not very surprising as this stage only differs from M2 by the diameter of the lesion (less than 2 cm for M1), which can be very small (less than 0.5 cm in diameter) and, in addition, can be found in a M4 stage (Döpfer, 2009). M1 thus often was confused with M2 and M4. We think, however, that this stage should be differentiated from M2 and M4 as it does not have the same clinical and epidemiological implication: M1 lesions are less infectious (Mumba et al., 1999) and less painful (Holzhauer et al., 2008a) than M2 lesions. The confusion between M1 and M2 must be due to the tool that is insufficiently accurate to discriminate lesions by their size. The tool could be improved by adding yardsticks along the mirror. Concerning confusions between M1 and M4, two explanations can be given. Firstly, the upright position of the cows during inspection prevented the detection of lesions located under the feet in the interdigital space and, like Holzhauer et al. (2008a), we found that some acute lesions, mostly M1, were located under the feet, mostly on interdigital hyperplasia. Thus, these feet may have been diagnosed as M4 in the milking parlor, whereas an M1 lesion was observed under the feet in the trimming-chute, in addition to an M4 lesion located between the heels. Secondly, most of the small M1 (less than 0.5 cm in diameter) were surrounded by thickened epithelium, like it appears in M4 lesions. They might have been more observed in the trimming chute, particularly when they were located in the interdigital space between the heels. However, the biological and epidemiological interpretation of this type of lesion, an M1 lesion with a diameter smaller than 0.5 cm and surrounded by thickened epithelium, may be problematic. Indeed, this lesion might be a lesion at the end of the process of healing and thus may not have the same

evolution nor the same epidemiological implication as an early stage also scored M1 in the scoring system defined by Greenough et al (2008). To restrict the definition of M1 to the early stage of DD-lesion, one could consider as M1 lesions only those surrounded by normal epithelium, the others being scored as M4.1 as recently proposed by Döpfer (2009). Nevertheless, a more precise definition of the M1-stage would be useful to improve its biological and epidemiological interpretation.

Previous studies of DD scoring of a standing animal focused on sensitivity and specificity to assess the validity of the method used (Laven, 1999, Rodriguez-Lainz et al., 1998, Thomsen et al., 2008). We wanted to assess intra- and inter-observer agreement in addition to accuracy, as the method would be of little use if the people using it cannot agree on the interpretation of the DD scores. Moreover, we know that the assessment of intra- and inter-agreement is particularly important with regards to DD diagnosis, as previous studies on foot lesion scoring found a poor degree of agreement between observers for DD scoring even though the observation conditions were better than those of this study (Holzhauer et al., 2006a, Manske et al., 2002). When using photographic slides to assess inter- and intra-observer agreement, Manske et al. (2002) found a good intra-observer agreement ($\kappa \geq 0.6$) but a moderate inter-observer agreement ($\kappa = 0.46$). When inspecting feet in a trimming-chute, Holzhauer et al. (2006a) also found a fair inter-observer agreement (κ : 0.1 to 0.7 between observer pairs, mostly ≤ 0.5). In our study, where observers had been trained with pictures prior to the start of the study, the kappa values indicated only good average intra- and inter-observer agreement. This lack of agreement mainly corresponded to confusions between M3, M4 and M0 stages. The confusions between M3 and M4 lesions or M3 and M0 lesions may be partially explained by a difference in cleanliness of feet between first and second milking. Indeed, even if the feet were cleaned with a water hose before each inspection, some dirt scab could remain, particularly during the first milking, and thus a lesion scored as M3 during the first milking could be diagnosed as an M0 or M4 lesion during the second milking. This highlights the importance of a good cleaning of the feet

before inspection. The confusions between M0 and M4 lesions may have concerned some M4 lesions that are really slim. For such lesions, the distinction between M4 and M0 is not obvious. More precise criteria, like a minimal size, would be useful to improve the discrimination of these slim M4 lesions. Nevertheless, as M3 and M4 lesions are often considered as cured lesions in trial assessing the effectiveness of DD control measures (Holzhauer et al., 2008b, Somers et al., 2005), the confusions between M0, M3 and M4 will not impair the interpretation of cure rate or rate of new infections. We thus assume that results on the effectiveness of control measures will be quite comparable within and between studies in which our method is used to score DD lesion.

As the feet should be cleaned only once in the milking parlor when using our method, only the data of the first milking were used to assess inter-observer agreement and agreement of our method with the “Gold standard” Test. When using only data of the second milking, results were quite similar for inter-observer agreement and slightly improved for agreement with the “Gold Standard” Test (data not shown). As indicated previously, this might be due to a better visualisation of the lesions after a second washing of the feet. As the differences on the results for inter-observer agreement and agreement with the “Gold Standard” Test are quite slight between the two milkings, results on intra-observer agreement may have been artificially only slightly decreased by the second washing.

Finally, we wanted to highlight some practical implications of the use of our method to score DD lesions. This method presents some practical advantages, as it is cheap, easy to perform and not stressful for the cows. The time needed for the observations was shorter than those spent for an inspection in a trimming-chute (1 to 15 min) (Rodriguez-Lainz et al., 1998, Thomsen et al., 2008) but was longer than those reported by Thomsen et al. (2008) and may delay routine milking procedures. Nevertheless, we observed that this time decreased during the study, probably due to the additional experience gained by the observers. We therefore advise to conduct some collective training sessions with inspection of the feet in the milking parlor on farms

where DD is present before the use of this scoring method by different observers. This may be particularly useful when DD scoring has to be made during milking and when the observers are not accustomed to the scoring system.

2.6. Conclusion

The inspection of cleaned feet in the milking parlor with simple tools, consisting of a powerful headlamp and a swivelling mirror, is a quite reliable method for trained observers to detect and score DD lesions using a simplified M-stages scoring system. As small lesions and lesions in the interdigital space may be missed, this method will not be as accurate as the inspection of the feet in a trimming chute, but can be a good time and cost-friendly alternative DD scoring method in research projects, especially in large herds or when frequent evaluations of DD status are needed. Dairy farmers also may find this method useful in their daily herd management to detect and rapidly treat affected feet and to follow the evolution of the prevalence of DD in their herd.

Acknowledgments

We wish to thank the farmers, the hoof-trimmers and the four observers (ONIRIS, France) involved in this study. We also would like to acknowledge Dörte Döpfer (University of Wisconsin, USA), Jean Prodhomme (CFPPA of Rennes-Le Rheu, France) and Marc Delacroix (Veterinary practitioner, France) for their contribution to the preparation of the study. Finally, we wish to thank Thierry Brun (Livestock Institute, France) and Anne Lehébel (INRA, France) for their help regarding the statistical analyses.

References

- Bathina, H., J. Lising, T. Hemling, J. Siciliano-Jones, and J. Calaman. 2002. Correlation of the stage of lesion to the effectiveness of treatment of digital dermatitis. Pages 381-382 in Proc. 12th Intern. Symp. Lameness Ruminants. Shearer, J. K., Orlando, FL.
- Berry, S. L., R. L. Walker, D. H. Read, D. W. Hird, and R. A. Ertze. 2004. The current state of knowledge on (papillomatous) digital dermatitis in dairy cattle: with particular reference to control. Pages 130-137 in Proc. 13th Intern. Symp. 5th Conf. Lameness Ruminants. Zemlic, B., Maribor, Slovenija.
- Cha, E., J. A. Hertl, D. Bar, and Y. T. Grohn. 2010. The cost of different types of lameness in dairy cows calculated by dynamic programming. *Prev. Vet. Med.* 97(1):1-8.
- Cheli, R. and C. Mortellaro. 1974. Digital dermatitis in cattle. / La dermatite digitale del bovino. Pages 208-213 in VIII International meeting on diseases of cattle. VI Congresso della Societa' Italiana di Buiatria, Milan, 1974. Tipografia Editoriale Piacentina Gallarati., Piacenza; Italy.
- Cicchetti, D. V. and T. Allison. 1971. A new procedure for assessing reliability of scoring EEG sleep recordings. *Am.J. EEG Technol.* 11(3):101-109.
- Cohen, J. 1960. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educ. Psychol. Meas.* 20(1):37-46.
- Cohen, J. 1968. Weighted kappa: Nominal scale agreement provision for scaled disagreement or partial credit. *Psychol. Bull.* 70(4):213-220.
- Dohoo, I., W. Martin, and H. Stryhn. 2003. *Veterinary Epidemiologic Research*. 1st ed. University of Prince Edward Island, Charlottetown, Prince Edward Island, Canada.
- Döpfer, D. 2009. Digital Dermatitis. The dynamics of digital dermatitis in dairy cattle and the manageable state of disease. CanWest Veterinary Conference. Accessed Dec.3, 2011. Online: <http://www.canwestconference.ca/proceedings/Bovine-Hoof-Health-Symposium/Digital-Dermatitis.pdf> ; <http://www.hoofhealth.ca/Dopfer.pdf>
- Döpfer, D., A. Koopmans, F. A. Meijer, I. Szakall, Y. H. Schukken, W. Klee, R. B. Bosma, J. L. Cornelisse, A. J. van Asten, and A. A. ter Huurne. 1997.

Histological and bacteriological evaluation of digital dermatitis in cattle, with special reference to spirochaetes and *Campylobacter faecalis*. *Vet. Rec.* 140(24):620-623.

Fleiss, J. L. 1975. Measuring agreement between two judges on the presence or absence of a trait. *Biometrics* 31(3):651-659.

Fourichon, C., H. Seegers, N. Bareille, and F. Beaudeau. 1999. Effects of disease on milk production in the dairy cow: a review. *Prev. Vet. Med.* 41(1):1-35.

Greenough, P. R., C. K. W. Muelling, D. Döpfer, and D. J. Tomlinson. 2008. International atlas of lesions of cattle feet. Nomenclature and atlas update. Page 40 in *Proc. 15th Intern. Symp. 7th Conf. Lameness Ruminants*. Niemi, J., Kuopio, Finland.

Hernandez, J. and J. K. Shearer. 2000. Efficacy of oxytetracycline for treatment of papillomatous digital dermatitis lesions on various anatomic locations in dairy cows. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 216(8):1288-1290.

Holzhauser, M., C. J. Bartels, D. Döpfer, and G. van Schaik. 2008a. Clinical course of digital dermatitis lesions in an endemically infected herd without preventive herd strategies. *Vet. J.* 177(2):222-230.

Holzhauser, M., C. J. Bartels, B. H. van den Borne, and G. van Schaik. 2006a. Intra-class correlation attributable to claw trimmers scoring common hind-claw disorders in Dutch dairy herds. *Prev. Vet. Med.* 75(1-2):47-55.

Holzhauser, M., D. Döpfer, J. de Boer, and G. van Schaik. 2008b. Effects of different intervention strategies on the incidence of papillomatous digital dermatitis in dairy cows. *Vet. Rec.* 162(2):41-46.

Holzhauser, M., C. Hardenberg, C. J. Bartels, and K. Frankena. 2006b. Herd- and cow-level prevalence of digital dermatitis in the Netherlands and associated risk factors. *J. Dairy Sci.* 89(2):580-588.

Hripcsak, G. and D. F. Heitjan. 2002. Measuring agreement in medical informatics reliability studies. *J. Biomed. Inform.* 35(2):99-110.

Landis, R. and G. Koch. 1977. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics* 33(1):159-174.

Laven, R. A. 1999. The environment and digital dermatitis. *Cattle Practice* 7:349-355.

- Laven, R. A. and D. N. Logue. 2006. Treatment strategies for digital dermatitis for the UK. *Vet. J.* 171(1):79-88.
- Manske, T., J. Hultgren, and C. Bergsten. 2002. Prevalence and interrelationships of hoof lesions and lameness in Swedish dairy cows. *Prev. Vet. Med.* 54(3):247-263.
- Martin, S. W. 1984. Estimating disease prevalence and the interpretation of screening. *Prev. Vet. Med.* 2(1-4):463-472.
- Mumba, T., D. Döpfer, C. Kruitwagen, M. Dreher, W. Gaastra, and B. A. van der Zeijst. 1999. Detection of spirochetes by polymerase chain reaction and its relation to the course of digital dermatitis after local antibiotic treatment in dairy cattle. *J. Vet. Med. Ser. B* 46(2):117-126.
- Read, D. H. and R. L. Walker. 1998. Papillomatous digital dermatitis (footwarts) in California dairy cattle: clinical and gross pathologic findings. *J. Vet. Diagn. Invest.* 10(1):67-76.
- Rodriguez-Lainz, A., P. Melendez-Retamal, D. W. Hird, and D. H. Read. 1998. Papillomatous digital dermatitis in Chilean dairies and evaluation of a screening method. *Prev. Vet. Med.* 37(1-4):197-207.
- Somers, J. G., W. G. Schouten, K. Frankena, E. N. Noordhuizen-Stassen, and J. H. Metz. 2005. Development of claw traits and claw lesions in dairy cows kept on different floor systems. *J. Dairy Sci.* 88(1):110-120.
- Thomsen, P. T., I. C. Klaas, and K. Bach. 2008. Short communication: scoring of digital dermatitis during milking as an alternative to scoring in a hoof trimming chute. *J. Dairy Sci.* 91(12):4679-4682.
- Walter, S. D., M. Eliasziw, and A. Donner. 1998. Sample size and optimal designs for reliability studies. *Stat. Med.* 17(1):101-110.
- Yano, T., R. Yamagami, K. Misumi, C. Kubota, K. K. Moe, T. Hayashi, K. Yoshitani, O. Ohtake, and N. Misawa. 2009. Genetic heterogeneity among strains of *Treponema phagedenis*-like spirochetes isolated from dairy cattle with papillomatous digital dermatitis in Japan. *J. Clin. Microbiol.* 47(3):727-733.

Chapitre 4

Evaluation de l'impact relatif d'un traitement topique collectif et des pratiques d'élevage dans le contrôle de la dermatite digitée



1 - Identification de facteurs influençant la guérison clinique

1.1. Résumé de l'article

Cette étude avait deux objectifs. Il s'agissait 1) d'évaluer le potentiel bénéfique apporté par l'ajout d'un traitement collectif topique utilisant une solution de cuivre et zinc chélatés (Hoof-Fit®) selon différents protocoles pour guérir cliniquement les lésions de dermatite digitée (DD), par rapport à la simple utilisation de traitements individuels en conditions d'élevage et 2) d'identifier les pratiques d'élevage qui pourraient influencer la guérison de ces lésions et l'efficacité des traitements topiques.

Un essai clinique a été mené dans 52 exploitations bovines laitières dans l'Ouest de la France entre novembre 2009 et octobre 2010. Ces exploitations avaient été sélectionnées comme étant affectées par la DD depuis plus de 2 ans (endémicité) et disposant d'une salle de traite (lieu de notation de la DD et d'application de certains traitements). Après un mois passé à appliquer uniquement des traitements individuels, les exploitations ont été allotées de manière quasi-aléatoire dans un des 4 protocoles de traitement, à savoir : uniquement des traitements topiques individuels (protocole contrôle - A) ; 5% de Hoof-Fit Bath® appliqué en pédiluve de passage pendant 4 traites successives toutes les 4 semaines (B) ou toutes les 2 semaines (C) et 50% Hoof-Fit Liquid® appliqué par pulvérisation collective sur les postérieurs de toutes les vaches traites (D). Pour des raisons éthiques et de bien-être, tous les éleveurs devaient en plus traiter les lésions actives de DD qu'ils détectaient de manière individuelle en appliquant un topique à base d'oxytétracycline (OTC). Ces traitements ont été appliqués pendant 6 mois.

La DD et la propreté des postérieurs ont été évaluées pendant la traite durant 7 visites espacées d'environ 4 semaines. La DD était notée à l'aide d'un miroir télescopique et d'une lampe frontale puissante en 4 stades (M0 à M4) selon un système adapté du système élaboré par Döpfer et al. (1997). La propreté des pieds était également notée en 4 stades allant de propre (1) à très

sale (4). Les visites ont été réalisées par 14 investigateurs préalablement formés à ces notations. Pendant les visites, les investigateurs collectaient également des données relatives à la conduite d'élevage. L'efficacité curative des différents protocoles de traitement a été évaluée à l'aide d'un modèle de Cox à effet aléatoire, sur leur capacité à accélérer la guérison des lésions, une lésion active étant considérée comme guérie si aucune lésion active n'était détectée pendant 2 visites consécutives. Le modèle a été ajusté sur les facteurs de risques connus ou supposés de persistance de la DD à l'échelle de l'exploitation et des animaux, ainsi que sur la prévalence initiale de DD. L'exposition à certains facteurs, tels que l'accès aux pâtures, la propreté des pieds, le stade et le rang de lactation, a été considérée comme dépendante-du temps.

Au total les pieds postérieurs de 4677 vaches ont été observés entre 1 à 7 fois. L'analyse statistique a porté sur 1026 pieds postérieurs, qui ont présentés au moins une fois une lésion active de DD (M1 ou M2). Au total, 87% des pieds ont guéri, avec une médiane de survie correspondant à l'intervalle entre 2 visites. Les taux de guérison mensuels étaient respectivement de 58%, 55%, 76% et 76% dans les protocoles A, B, C et D. Seulement 25% et 33% des pieds initialement notés respectivement M1 et M2 ont été détectés et traités individuellement par les éleveurs. Parmi les pieds restés non traités (régime A), une guérison spontanée a été observée à un taux mensuel de 71% pour les lésions notées M1 et 40% pour les pieds notés M2.

Les pieds soumis à un traitement collectif appliqué tous les 15 jours en plus d'un traitement individuel ont eu respectivement 1,28 et 1,41 fois plus de chances de guérir lorsque le traitement était appliqué *via* un pédiluve de passage (traitement C) ou une pulvérisation collective (D), en comparaison à ceux du protocole contrôle (A). Aucun avantage n'a par contre été mis en évidence lorsque les pédiluves n'avaient été utilisés que toutes les 4 semaines. L'avantage curatif des traitements collectifs semble reposer sur leur capacité à traiter les lésions avant leur détection par les éleveurs. Trois autres facteurs ont été identifiés comme accélérant la guérison : la propreté des pieds, une faible

taille initiale des lésions actives et l'application de traitements individuels. L'accès aux pâtures a eu tendance à accélérer la guérison.

Ces résultats renforcent la nécessité d'avoir une approche globale pour améliorer la guérison de lésions de DD, incluant l'application de traitements individuels et collectifs, mais également toute pratique permettant d'améliorer la propreté des pieds et la détection précoce des lésions de DD.

1.2. Article 'Effectiveness of different regimens of a collective treatment to cure DD in dairy farms under field conditions'

A. Relun^{* †‡§}, A. Lehebel[§], N. Bareille^{* ‡§}, R. Guatteo^{* ‡§}

^{*}*UMT Cattle Herd Health Control, F-44307 Nantes, France*

[†]*French Livestock Institute, Department Welfare, health, traceability, hygiene, 149 rue de Bercy, F-75595 Paris, France*

[‡]*LUNAM University, Oniris, Nantes-Atlantic National College of Veterinary Medicine, Food Science and Engineering, UMR 1300 Bio-aggression, Epidemiology and Risk Analysis, F-44307 Nantes, France*

[§]*INRA, UMR 1300 Bio-aggression, Epidemiology and Risk Analysis, F-44307 Nantes, France*

Journal of Dairy Science, soumis le 27 Septembre 2011

1.2.1. Abstract

A controlled field trial was conducted to evaluate in dairy cattle the benefit provided by different regimens of a collective topical treatment using a solution of copper and zinc chelates (Hoof-Fit®) to cure digital dermatitis (DD) compared to individual treatment alone, and further to investigate factors that could explain variations in the effectiveness of the treatments over several months of use. The study was conducted between November 2009 and October 2010 and involved 4,677 dairy cows from 52 French dairy farms where DD was endemic. The farms were quasi-randomly allocated to 1 of 4 treatment regimens for 6 months: no collective treatment (A: control regimen), 5% Hoof-Fit Bath® in walk-through footbath during 4 consecutive milkings every 4 weeks (B) or every 2 weeks (C) and 50% Hoof-Fit Liquid® through collective spraying during 2 milkings fortnightly (D). For ethical and welfare reasons, all farmers also had to treat all detected active DD lesions with individual topical spraying of oxytetracycline (OTC). DD and leg hygiene were scored on all lactating cows during milking 7 times every 4 weeks by 14 trained investigators. During these farm visits, data related to farm

management also were collected. The curative effectiveness of collective treatments was assessed through a Cox survival frailty model as the probability of cure of an active DD lesion during at least 2 consecutive visits. The model was adjusted for farm and cow risk factors as well as initial DD prevalence. Monthly DD cure rates were 58%, 55%, 76% and 76% in A, B, C and D regimens respectively. The spontaneous monthly cure rate for untreated active DD lesions was 61%. Hazard of cure of DD was increased by 1.28 and 1.41 when respectively walk-through footbath and collective spraying were applied over 2 days every fortnight compared to the control regimen. Applying a walk-through footbath 2 days once a month was not sufficient to improve the cure of DD compared to individual treatments alone. Three main factors were identified as quickening DD healing: cleanliness of the feet, initial small size of the DD lesion and additional individual topical treatment. Grazing tended to speed DD healing. These results highlight the need of combining several control measures, including individual and collective topical treatments, and of improving foot hygiene and the early detection of DD lesions to ensure a high and fast cure rate of digital dermatitis on endemically affected farms.

1.2.2. Introduction

Digital dermatitis (DD) is a widespread, contagious foot disease of dairy cows currently reported as endemic in almost all countries where cows are housed (Berry et al., 2004, Logue, 2011). It is manifested by circumscribed lesions on the skin of the foot, mostly between the heels of the hind foot (Read and Walker, 1998, Laven, 1999). Once introduced into a herd, mainly through the purchase of an infected cow, the infection may spread to the entire herd if the environment of the feet weakens the digital skin (Rodriguez-Lainz et al., 1996, Wells et al., 1999). DD is a serious issue for many dairy farmers as it can be very painful and cause lameness for their cows, thereby negatively affecting welfare and production (Losinger, 2006, Bruijnjs et al., 2010, Green et al., 2010). Moreover, the disease increasingly is reported, affecting between

5% and 30% of cows in most affected herds (Somers et al., 2003, Holzhauer et al., 2006) with only anecdotal report of eradication (Yeruham and Perl, 1998).

Whereas collective topical treatments have been used widely to control DD, particularly in large herds and in herds with a high proportion of affected cows, none fulfil all of the following requirements: safe for the user, cow and environment, proven effectiveness in controlling DD over the long-term, and easy to implement on farms with different housing systems.

Walk-through footbaths containing antibiotics, formalin and copper sulphate have been reported to successfully control digital dermatitis in clinical trials and anecdotal reports (Laven and Proven, 2000, Laven and Hunt, 2002a). Nevertheless these products progressively have been abandoned in European countries and should no longer be recommended in footbath for several reasons: antibiotics are not licensed for footbath use in the European Union (EU) and there is a risk of development of antibiotic resistance (Shearer and Hernandez, 2000), formalin is carcinogenic (IARC, 2004), and the concentration of copper sulphate may reach a toxic threshold for plants and aquatic organisms when waste footbath solutions disposed into slurry are repeatedly spread over the soil (Stehouwer and Roth, 2004). Many alternative hoof-care products containing less toxic disinfectants have been developed over the past few years but scientifically-based evidence regarding their effectiveness is scarce (Laven and Logue, 2006, Thomsen et al., 2008b, Speijers et al., 2010).

As walk-through footbaths are not always easy to implement in the field and some farmers are reluctant to use them (Auzanneau, 2009), a few alternative ways of applying collective treatments have been commercialised. However, once again there is a lack of data on their effectiveness. Foam containing peracetic acid is available but field trial results showed an inconsistent effectiveness in controlling DD (Journel and Carteron, 2001, Fiedler, 2004). Some hoof-care products are recommended not only for footbaths but also for collective spraying. However, to our knowledge, no

investigation has tested the effectiveness of any of these products when applied through collective spraying to cure or prevent DD.

Finally, one of the major concerns when using a collective topical treatment to control DD is the lack of data on the best treatment strategy for a given farm whatever the product used (Laven, 2003): it is not clear if collective topical treatments could be used to prevent DD, cure DD or both, and there is no consensus about the optimum frequency. For example, various frequencies for the application of copper sulphate have been tested, ranging from a daily application over 7 days (Laven and Hunt, 2002b) to 1 application every fortnight (Speijers et al., 2010). Moreover, although several management practices are known to contribute to a higher risk of DD and may play a role in the cure of DD lesions (Rodriguez Lainz et al., 1999, Somers et al., 2005, Holzhauser et al., 2006), clinical trials of hoof-care products rarely take management practices into account. These practices nevertheless may explain variations in effectiveness of similar treatment regimens (Laven and Logue, 2006).

The purpose of our study thus was two-fold: (1) to evaluate the potential benefit of using a collective treatment in addition to individual treatments in the cure of DD, varying the manner and frequency of applying a solution of copper and zinc chelates (Hoof-Fit®), and (2) to identify management practices that may affect the effectiveness of these treatments.

1.2.3. Materials and methods

The trial was designed to be a quasi-randomised, multi-arm, multi-site, controlled but not blind, field trial. All procedures were carried out under the agreement of the Ethics Committee for Animal Experimentation of Pays de la Loire (CEEA, France). This trial is reported following the REFLECT and CONSORT recommendations (Moher et al., 2010, O'Connor et al., 2010).

Animals and Management Practices

The trial was conducted on 51 commercial dairy farms and 1 experimental dairy farm located in Brittany and Pays-de-la-Loire, France, from November 2009 to October 2010. The number of farms included was determined by convenience criteria as the maximum number that could be followed, in order to implement the trial on farms with management practices as variable as possible. The farms were recruited from June 2009 to November 2009 through professional hoof-trimmers, veterinarians and technicians from the Animal Health Service (**GDS**) and milk recording scheme (**MRS**). Farms had to meet with the following requirements: (i) experienced DD for over one year (endemic situation), (ii) milk their cows in a milking-parlor (location for DD scoring and DD treatments) and (iii) no plan to merge with another farm during the study period (to avoid the massive introduction of cows). As far as possible, farmers had to participate in the national MRS. Of the 72 farmers contacted to participate in the study, 55 agreed and 52 ultimately were included. One farm did not have any milk records. All cows in lactation during the trial were included in the study.

Most animals were housed in free-stalls with solid concrete floors that were automatically or tractor scrapped. On 2 farms, the floor was cleaned by manure flushing and 4 farms had slatted floors. The cows were housed in straw yards on 7 farms, mostly with solid concrete floors, that were tractor scrapped (5 farms), one farm had a dirt floor. On most farms, cows had access to pasture in the spring. However, some farms (n=6), housed their cows indoors all year round. The farmers included in the study milked on average 70 cows (with a range of 29 to 129 cows) twice daily. More than 80% of the cows were Prim'Holstein. Three farms had only Normandy and 2 farms had half Prim'Holstein and half Normandy breeds. A few cows from other breeds were found, such as French Red Pied Lowland, Montbeliard, Saosnois and Brown Swiss. On average, the 305-day cow milk production was 8,937 kg for Prim'Holstein cows (with a range of 5,357 to 12,636 kg) and 6,457 kg for Normandy cows (with a range of 3,369 to 9,513 kg).

Before the trial, 50% of the farmers used collective topical treatments to control DD (n=29), but only 3 of these farmers did not use any individual topical treatment. Among the 23 farms using walk-through footbaths, 7 still used formalin and copper sulphate, the others used alternative commercialised solutions (Kling-on Blue®, Pédiline®, Hoof-Fit Bath®, Patnet®, Anti-Germ Deska®). Three farms used collective spraying with a solution of copper and zinc chelates (Hoof-Fit Liquid®) and three used the Kovex foam® system. Most of the farmers applied collective treatments once a month (n=14), the others applied treatments once fortnightly (n=4), once weekly (n=4), daily for 3 weeks per month (n=1), or 'occasionally, when needed' (n=6).

The cows were trimmed preventively on 33 farms by a professional hoof-trimmer or by their veterinarian. The cows were trimmed once a year on 19 farms and twice or three time a year on 14 farms.

Hoof Care Products and Treatment Regimens

The product used for collective topical treatments was chosen after evaluating a list of hoof care products available for collective topical treatment in France. The products had to fulfil the following criteria: be composed of disinfectant without copper sulphate or formalin, be reported to effectively control DD at least in reports of field trials, and be available for both walk-through footbath and collective spraying. The product which fulfilled the criteria was one composed of copper and zinc chelates (Hoof-Fit®, Intracare, Veghel, The Netherlands), with two presentations for collective treatment, one for use in walk-through footbaths (Hoof-Fit Bath®) and one for collective spraying (Hoof-Fit Liquid®). This product previously had been reported to successfully control DD in a non-peer-reviewed field trial conducted on 4 Dutch farms when applied once a week in a split walk-through footbath combined with individual treatment of affected feet (Plomp, 2002).

In the present trial, we chose to test four regimens that included two ways and two frequencies of applying the collective topical treatment. After a pre-study visit, which aimed to estimate the initial DD prevalence, the farms

were quasi-randomised 1:1:1:1 to four treatment regimens A, B, C and D. The treatments were applied over a 6-months period. Regimen **A** was the control regimen without application of any collective topical treatments. Under the **B** and **C** regimens, cows walked through a split foot-bath containing 5% of Hoof-Fit Bath®. This procedure took place after 4 consecutive milkings every 4 weeks for those under regimen B and every fortnight for those under regimen C. During the first 4 weeks, sub-groups were formed to assess the effectiveness of a more aggressive initial treatment. Cows on half of the farms under each footbath regimen walked in the footbath every week after 6 consecutive milkings. The routine treatment of each regimen then was followed for the remaining 20 weeks. Cows that underwent an initial aggressive treatment were in sub-groups **B1** and **C1**, while cows that did not were in sub-groups **B2** and **C2**.

In regimen **D**, the front and the back of the hind feet of all lactating cows were sprayed with 50% Hoof-Fit Liquid® after 2 milkings 4 days apart on a fortnightly basis. These regimens were scheduled in consultation with the product manufacturer.

To avoid having more than 150 cows pass through the footbath solution, it was changed after each milking if the farm milked more than 75 cows, otherwise, after every two milkings. The footbath used (Intra-Bath®, Intracare, Veghel, The Netherlands) was a split walk-through footbath, constituted by two baths separated by a grill. Each bath measured 233 cm long x 32.5 cm wide x 19 cm high. The combined volume of the two baths was 160 L. To prepare the footbath solution, farmers were provided a container to measure the solution before pouring it into the footbath where water was added to a depth of 12 cm (base of the central grill). Four farmers asked to use their personal footbaths because their cows were not accustomed to the split foot-bath. The quantity of footbath solution was re-evaluated in order to maintain a 5% concentration. An analysis of footbath samples on 2 farms confirmed the existence of the recommended concentration. In the collective spraying regimen (D), the product was sprayed through a 5 L compression sprayer with a conical nozzle (Matabi®, Agratech NW Ltd, Rossendale, UK).

The farmers were provided a 50% diluted solution, so they just had to shake the drum of solution before pouring it into the sprayer. For all collective treatments, before being treated the hind feet had to be washed by the farmers with a medium water-hose when the cows entered the milking parlor.

For ethical reasons, farmers were expected to individually treat all active DD lesions that they detected regardless of the treatment regimens to which they had been assigned and this from the pre-study visit onward. This individual treatment consisted of topical spraying of oxytetracycline (**OTC**) (oxytetracycline chlorhydrate, 30 mg/ml, Oxytetrin P®, MSD Animal Health/Intervet, Beaucauzé, France) based on a standard protocol: 2 applications on water cleaned feet 2 days apart, one application consisting of 2 sprayings 15 seconds apart. This treatment could be repeated or the farmers could change the product if the lesion was still active 10 days after the first application.

Treatments were allocated quasi-randomly on the basis of the proportion of hind feet detected with an active DD lesion (M1 or M2) during the pre-study visit. They were assigned by minimising the imbalance between treatment for initial DD prevalence, with deviation from a random selection due to the implementation of footbaths being unfeasible on some farms and the unwillingness of some farmers to participate in any of the treatment regimens. The median proportion and range of hind feet with an active DD lesion at randomization and before implementation of collective treatments are described in **Table 4-1-1**.

Table 4-1-1. Median proportion of hind feet with an active digital dermatitis (DD) lesion (M1 or M2) per farm at randomization and 4 weeks later before implementation of collective treatments

Treatments ¹	No. of farms	At randomization		Before implementation of collective treatments	
		No. of cows	Median farm DD prevalence ²	No. of cows	Median farm DD prevalence ²
Control (A)	17	1,028	0.09 (0.03-0.37)	1034	0.06 (0.02-0.16)
B1	5	408	0.12 (0.07-0.23)	405	0.13 (0.05-0.22)
B2	6	562	0.09 (0.03-0.18)	579	0.13 (0.08-0.20)
C1	6	377	0.07 (0.02-0.13)	381	0.10 (0.09-0.23)
C2	5	394	0.07 (0.00-0.18)	400	0.08 (0.03-0.28)
D	13	837	0.09 (0.04-0.24)	846	0.13 (0.00-0.21)

¹Treatments were as follow: A: control regimen, no collective treatment; B and C: footbath with 5% Hoof-Fit Bath® (HFB) applied after 4 consecutive milkings every 4 weeks (B) or fortnightly (C), with an initial more intensive treatment consisting in 5% HFB applied after 6 consecutive milkings every week during the 4 first weeks in 2 sub-groups (B1 and C1); D: collective spraying on the hind feet with 50% Hoof-Fit Liquid® after 2 milkings 4 days apart fortnightly. All active DD lesions detected by the farmers were treated additionally individually with topical spraying of oxytetracycline (Oxytetrin P®)

²Proportion of hind feet with an active DD lesion (M1+M2) per farm; range in brackets

Chapitre 4 - Evaluation de l'impact relatif d'un traitement topique collectif et des pratiques d'élevage dans le contrôle de la dermatite digitée

The main characteristics of cows at randomization are detailed in **Table 4-1-2**.

Table 4-1-2. Characteristics of cows at randomization

Item	Treatment regimen ¹						All cows (n=3,606)
	A (n=1,028)	B1 (n=408)	B2 (n=562)	C1 (n=377)	C2 (n=394)	D (n=837)	
Housing system							
Free-stalls	756	364	562	377	352	837	3,248 (90%)
Straw yards	272	44	0	0	42	0	358 (10%)
Grazing system							
Grazing in spring season	982	308	359	279	394	808	3,130 (87%)
Zero-grazing	46	100	203	98	0	29	476 (13%)
Herd size²							
29- 50	316	74	0	84	42	74	590 (16%)
51-80	426	0	67	195	113	495	1,296 (36%)
81-129	286	334	495	98	239	268	1,720 (48%)
Breed							
Prim'Holstein	870	309	507	331	237	684	2,938 (92%)
Normande	24	59	0	0	95	0	178 (6%)
Others	46	1	0	8	7	6	68 (2%)
Parity							
1	322	127	199	135	119	231	1,133 (35%)
2	264	92	135	96	101	177	865 (27%)
3	164	67	81	57	53	138	560 (17%)
≥4	188	79	89	51	88	156	651 (20%)
Lactation stage³							
DIM < 90	350	115	217	70	95	215	1,062 (35%)
DIM 90 – 150	214	73	94	91	62	150	684 (23%)
DIM ≥ 150	323	167	181	150	164	307	1,292 (43%)

¹Treatment regimens were as follow: A: control regimen, no collective treatment; B and C: footbath with 5% Hoof-Fit Bath® (HFB) applied after 4 consecutive milkings every 4 weeks (B) or fortnightly (C), with an initial more intensive treatment consisting in 5% HFB applied after - 6 consecutive milkings every week during the 4 first weeks in 2 sub-groups (B1 and C1); D: collective spraying on the hind feet with 50% Hoof-Fit Liquid® after 2 milkings 4 days apart fortnightly. All active DD lesions detected by the farmers were treated additionally individually with topical spraying of oxytetracycline (Oxytetrin P®)

²Number of lactating cows

³DIM: days in milk

Follow-up and Data Collection

The farms were visited by 14 investigators, each investigator monitoring between 1 and 11 farms. The investigators were either veterinarians (3 practitioners, 2 consultants, 2 final year students and the first author; 36 farms followed) or GDS technicians specialized in health advising or hoof-trimming (6 technicians; 16 farms followed). As investigators had varied experience in DD detection and scoring, they were trained by the first author to score DD and leg hygiene during a training session held prior to the study. This session took place in October 2009 on an experimental farm where DD was endemic. The investigators first were trained with a set of pictures, and then on 32 lactating cows with the inspection of their feet in the milking parlor and then in a trimming chute. A second session was held halfway through the study (April 2010) to ensure the homogeneity of scorings: the investigators were asked to score the feet of 16 cows in the milking parlour for DD and leg hygiene without consulting each other. Scores were then compared and discussed and 16 new cows were scored. If an investigator's scorings were discordant from those of the other investigators during this session, i.e. if the mean kappa value of his scorings with those of other investigators was under 0.6, data of the farms that investigator followed were removed from the entire analysis. Throughout the trial, all investigators had two cards, to which they could refer when necessary, one for DD and one for leg cleanliness scorings, with concise definitions of each possible score and their representative pictures. As investigators were in charge of explaining the study to the farmers and of checking whether the protocol was observed, they knew which treatment had been assigned to the farm they followed.

After the pre-study visit, each farm was visited 7 times, approximately 4 weeks apart, with one visit just before the implementation of collective treatments and 6 follow-up visits as illustrated in **Figure 4-1-1**. Each visit was based on four steps: (1) scoring of the hind feet of all lactating cows for DD and leg hygiene during milking, (2) detection of moisture and dirtiness in housing and pastures in the pasture season, (3) checking any changes in management practices, and (4) checking compliance with the protocol.

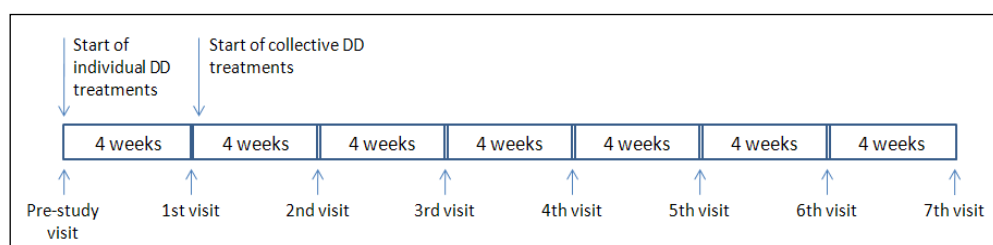


Figure 4-1-1. Conduct of the trial

DD status was assessed during milking using a telescopic mirror and a powerful headlamp as already described by Relun et al. (2011). The hind feet of all lactating cows were cleaned with a medium water hose when the cows entered the milking parlor. DD then was scored during milking using a 4-point nominal scale that reflects the different clinical stages of DD during the course of the disease (**Figure 4-1-2**). This scoring system is based on the one first developed by Döpfer et al. (1997), with the M3 and M4-stages merged into only one stage, referred to here as M4. Relun et al. (2011) proposed merging M3 and M4 into a single stage because M3 is just a transient stage immediately followed by M4 when the scab falls off and in their study, these two stages often were confused between and within observer scorings. As M3 is considered to be a non-active stage like M4 (Holzhauer et al., 2008b, Speijers et al., 2010), the combination of the two stages does not impair the interpretation of a cured status. In cases with more than one lesion on a hind foot, only the most severe one was recorded according to the proposed hierarchy of $M2 > M1 > M4$.



Figure 4-1-2. Illustration of the M-stages used for scoring of digital dermatitis lesions (adapted from Döpfer et al. (1997)). From left to right: M0: no circumscribed lesion; M1: early lesion, small circumscribed red to grey epithelial defects, less than 2 cm in diameter; M2: classic ulcerative (bright red) or granulomatous (red-grey) stage with diameter > 2 cm; M4: late chronic stage characterized by a dyskeratotic lesion (mostly thickened epithelium), surface proliferation or both

Leg cleanliness was assessed by scoring the hind legs during milking using a 4-point nominal scale as described by Cook (2006) and Schreiner and Ruegg (2002) (**Table 4-1-3**).

Table 4-1-3. Scoring system for classification of leg hygiene (adapted from Cook (2006) and Schreiner and Ruegg (2002))

Leg hygiene score	Description
1	Clean, little or no manure contamination of the lower limb
2	Slightly dirty, where the lower limb is lightly splashed with manure with less than fifty percent between dewclaws and shank covered by manure
3	Moderately dirty, where there are distinct plaques of manure on the foot, progressing up the limb with more than fifty percent between dewclaws and shank covered by manure
4	Very dirty, where there are confluent plaques of caked-on manure on the foot and higher up the lower limb

Detailed information about housing characteristics and management practices were obtained using a questionnaire filled in by the investigator and farmer together during the pre-study visit. Changes in these practices were checked during each visit. Dates of collective and individual treatments were recorded by the farmers throughout the study. For individual treatments, farmers had to specify the identification number of the treated cow, the foot treated, the product used if not oxytetracycline and the location of treatment (in the milking parlor or in a chute). Compliance with the protocol was checked by completing a questionnaire with the farmer during each visit. Data on health disorders (date of disease and treatment applied), hoof care (date of hoof-trimming, hoof lesion, treatment applied), movements of cows from the lactating herd (reasons and dates of introduction [calving, purchase, reintroduction after disease] or exit [drying-off, culling, death, disease]) and pasture management (dates of pasture for lactating and dry cows) also were documented by the farmers, with a record of the identification number and the feet affected when necessary. These data were collected by the investigator on each visit. The farmers had to report any adverse effects observed to the corresponding author. Within 15 days after each visit, they were informed about the proportion of affected feet, but were not told which cows were affected so as not to interfere with their own detection of DD lesions. They had the option of withdrawing from the study at any time if the situation deteriorated.

During housing season, the housing was inspected and recorded by the investigator for the presence of moist areas, dirt areas, their location and respective surfaces. As the cleanliness of the floor depends on when the floor previously had been cleaned, the time since the last floor scraping also was recorded. During pasture season, tracks to pastures and pastures also were inspected and the presence of moist areas, their surface areas and location were recorded.

Data on breed, 305 days milk production, parity and lactation stage were obtained from the MRS.

Data Analysis

All data initially were entered in a Microsoft Access database (Microsoft Corp., Redmont, WA). New variables were built from the raw data using SAS 9.1.3® (SAS Institute Inc., Cary, NC). Farm leg cleanliness was calculated at the farm level as the proportion of feet scored ≥ 3 at each visit with 3 levels (good: $< 25\%$; fair: $25-50\%$; poor: $> 50\%$) based on the levels defined by Cook (2006). Interventionism of the farmer for DD individual treatment was calculated at the farm level as the mean proportion of feet scored with an active DD lesion (M1 or M2) at each visit that had been treated individually by the farmer between this visit and the next visit. This variable was used as categorical variable with 3 levels (low: $\leq 10\%$; medium: $11-50\%$; high: $> 50\%$) based on the distribution of the variable.

The curative effectiveness of treatments was evaluated on the clinically cure of active DD lesions through survival analysis with a hind foot as the statistical unit. Survival analysis was carried out using the Survival kit® v6.0 (Ducrocq et al., 2010). For the purpose of analysis, an active DD lesion was defined as an early or acute DD stage (M1 or M2) on a hind foot. A foot was considered to be cured if a M0 or a M4 lesion, considered to be non-active, was observed during at least two consecutive visits, to ensure the healed status of the lesion. The outcome variable tested in the model was time to cure in days counting from the first date of observation of an active DD lesion. The cure date was determined as the first date without any active DD lesion. If the foot was not cured at the end of the follow-up period, the record was considered to be censored at this date. Recurrent lesions were not included in the analysis and feet observed less than three times or with consecutive visits spaced more than 45 days were removed from analysis. For survival analysis, we used a Cox proportional hazard model (Cox, 1972) that included a joined farm and investigator frailty effect to adjust for clustering within farms and investigators. All factors considered as potential effect modifiers of the cure rate were included as covariates in the Cox model. They are listed in **Table 4-1-4**.

Table 4-1-4. Overview of farm, cow and foot related potential effect modifiers tested as covariates in the Cox frailty model

Level	Factors
Farm	DD prevalence at 1 st visit, grazing system, herd size, housing system, farm leg cleanliness ^{1,2} , purchase of dairy cows, proportion of heifers, interventionism of farmer for DD individual treatment ³
Cow	Breed, parity ² , stage of lactation ² , grazing ² , 305-day milk production ⁴ , leg hygiene score ³
Foot	Initial stage of DD, individual topical treatment ² , hoof-trimming, active DD lesion on contralateral foot

¹Proportion of feet scored ≥ 3 at each visit

²Time-dependant covariates

³Mean proportion of feet scored with an active DD lesion at a visit n and treated individually by the farmer between visit n and $n+1$

⁴Adjusted for breed and parity

The model was written as (1)

(1)

The term $\lambda(t, X(t))$ is the hazard function at time t , i.e. the probability for a foot of being cured at t , given that it is not cured prior to t . The term $\lambda_0(t)$ is the unspecified hazard function, i.e. the baseline hazard function, in the absence of covariates. $\beta_i X_i$ describes the effect of the i th time-independent covariate, $\delta_j X_j(t)$ describes the effect of j th covariate which may vary over time and U_{kl} denotes the joined k th farm and l th investigator random effect, which is normally distributed. Six factors were included as time-varying predictors: leg cleanliness at farm and cow levels, parity, stage of lactation, grazing at cow level and individual application of a topical treatment. Leg cleanliness could change on each visit and other factors could change at any day of the follow-up. Individual topical treatment was considered to induce a notable cure from 10 days after the first application to 25 days after the last application, to take into account the time between effective cure and the observation of the cured status. This interval was selected among different intervals using the Akaike

Information Criterion (Akaike, 1974). As time between last soil cleaning and observation of housing were too variable between farms and between visits, data collected during housing inspection were not included in the analysis. An adjusted relative hazard ratio (HR) was estimated for each covariate from the hazard function by taking the exponent of the estimates of effects. This HR measures the instantaneous risk for a foot to become cured when exposed (e.g. to treatment regimen B) versus being unexposed (e.g. control regimen).

The survival analysis was planned in 3 steps: in a first step, only subjects without missing data were included. If some variables did not contribute to the final model, a second analysis was performed including subjects with missing data for these variables. If the sub-groups of treatment regimens did not significantly differ (B1 vs. B2, C1 vs. C2), a third analysis was performed considering only four treatment regimens: A, B, C and D. For each analysis, treatment regimens, all covariates and biological relevant interactions first were tested in univariate analyses. These variables were selected for multivariate analysis if they contributed to the model at a 20% significance level. The variables then were selected in the multivariate model by backward stepwise selection with treatment regimen forced into the model until all variables significantly ($p \leq 0.05$) contributed to the model. During selection, all models were checked for confounding, which was assumed to occur when estimates changed by more than 20% when a variable was removed from the model. In such a case, the incriminated variable was forced into the model even if it did not significantly contribute to it. The proportional hazards assumption and the goodness-of-fit of the final model were checked by graphic procedures. The proportional hazards assumption was evaluated by plotting log-log survival functions against time (Kalbfleisch and Prentice, 2002). Final model fit was assessed by evaluating the distribution of the Cox-Snell residuals (Cox and Snell, 1966).

1.2.4. Results

Flow of Subjects

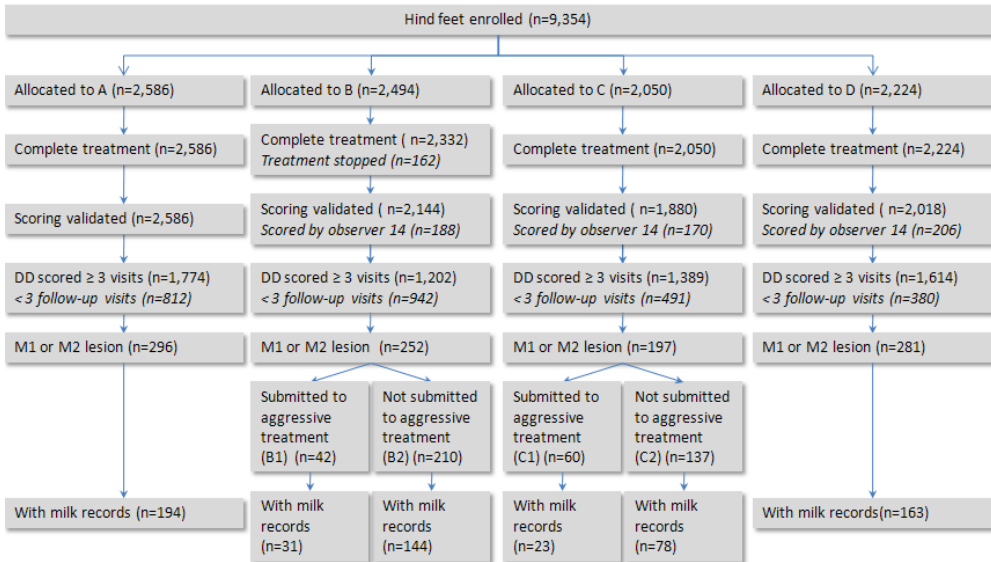
The flow of subjects is described in **Figure 4-1-3**. Between December 21, 2009 and November 1, 2010, 4,677 cows (9,354 hind feet) were enrolled in the trial: 2,586, 2,494, 2,050 and 2,224 in the A, B, C and D regimens respectively. 81 cows from regimen B did not complete the treatment as 4 farmers asked to stop treatment in the middle of the trial (huge increase of DD in their farms). These farms were followed until the end of the trial but data from their cows were truncated from analysis from the date of discontinuation. 3,183 cows were scored for DD at least 3 times with less than 45 days between visits. Data from 193 cows were excluded from the analysis as they had been scored by one investigator whose DD scoring diverged from the others during the second meeting of investigators held midway through the trial. On the 4,588 hind feet that finally were available for analysis, 1,026 hind feet experienced at least once an active DD lesion and 634 had no missing data for variables constructed through milk records.

Effect of Treatment Regimens and Management Factors on the Cure of DD

In the first Cox analysis, no variable constructed through milk records, *i.e.* 305-day milk production, parity, lactation stage and breed, was found to significantly contribute to the multivariate model at a 5% significance level. Among these variables, only parity was associated with faster cure rate in the univariate analysis at a 20% significance level with cows in 3rd parity or higher having 1.25 higher hazard cure compared to primiparous cows (95% CI: 1.00-1.56).

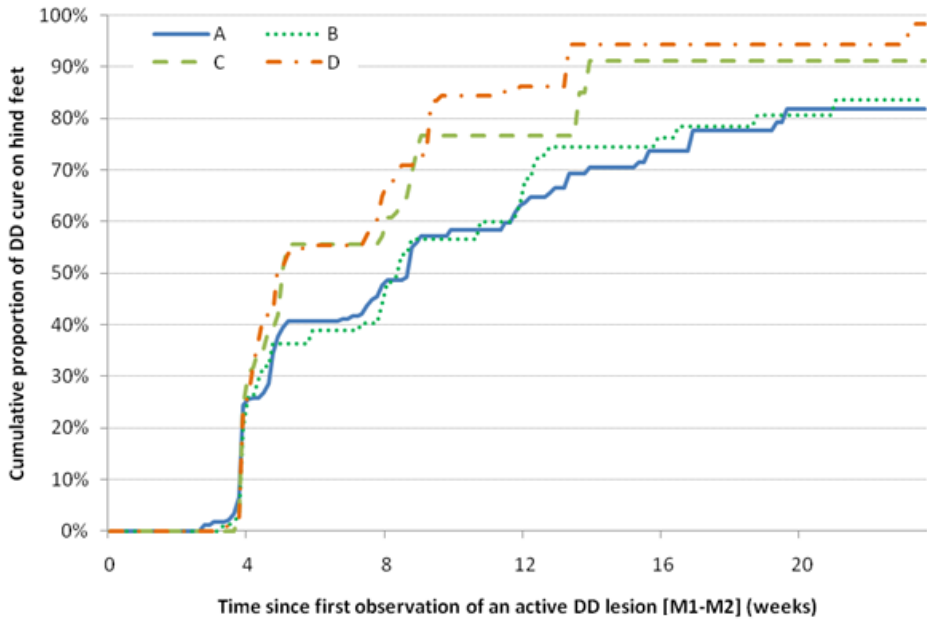
Subjects without data from milk records therefore were included in a second analysis. 1,027 hind feet from 515 cows milked on 45 farms finally were analysed (296, 42, 210, 60, 137 and 281 subjected to regimen A, B1, B2, C1, C2 and D respectively).

Figure 4-1-3. Diagram of subject flow



Cure of DD was achieved for 87% of affected feet during the trial with a median time to DD cure of 28 days, whatever the treatment regimen. Spontaneous recovery occurred for 81% of non treated feet with monthly cure rates of 71% and 40% when lesions initially had been scored M1 and M2, respectively. Cure of DD was achieved for 84% of feet in the control regimen, 81% in B1 sub-group, 79% in B2 sub-group, 98% in C1 sub-group, 93% in the C2 sub-group and 95% in D regimen. The monthly cure rate was 58% for A regimen, 57% for B1 sub-group, 55% for B2-sub-group, 81% for C1 sub-group, 74% for C2 sub-group and 76% for D regimen. Individual topical treatments were applied at least once on 25% (n=163) and 33% (n=125) of lesions scored initially M1 and M2, respectively. Among individually treated feet, 89% and 83% initially scored M1 and M2 recovered during the trial with monthly cure rate of 53% and 50% respectively. A higher proportion of lesions was treated individually in the A regimen (36%, n=107) and a lower proportion in the D regimen (22%, n=61).

As there was no significant differences in the Cox analysis between sub-groups (B1 vs. B2 and C1 vs. C2), only results of the Cox analysis with the four treatment regimens are presented hereafter. Eight factors were associated with faster cure of active DD lesions at a 20% significance level in the univariate analysis (**Table 4-1-5**): fortnightly treatment with collective spraying (50% Hoof-Fit Liquid®) or footbath (5% Hoof-Fit Bath®), small herd size, improvement of leg cleanliness at farm level, grazing at cow level, additional individual topical treatment of DD, foot scored initially M1 and absence of DD on controlateral foot. After adjustment, 5 factors remained significantly associated with faster cure of DD: the D regimen, improvement of leg cleanliness at farm level, foot scored initially M1, additional individual topical treatment of DD, and absence of active DD on controlateral foot (**Table 4-1-5**). The cumulative proportion of DD cure by treatment regimen is illustrated in **Figure 4-1-4**. Fortnightly collective spraying and footbath had respectively 1.41 (95% CI: 1.02-1.94) and 1.28 (95% CI: 0.91-1.80) higher DD cure hazard compared to the control regimen. Footbath applied every 4 weeks was not associated with a higher DD cure hazard compared to the control regimen (HR: 0.96; 95% CI: 0.68-1.37). Among management factors, leg cleanliness at farm level was associated with the highest DD cure hazard, with HR higher than the most effective treatment regimen (**Table 4-1-5**).



Number at risk		Time since first observation of an active DD lesion [M1-M2] (weeks)					
	0	4	8	12	16	20	24
A	296	253	68	31	11	2	
B	252	221	68	25	9	5	
C	197	182	35	12	1	0	
D	281	268	49	12	1	1	

Figure 4-1-4. Cumulative proportion of cure on hind feet initially affected by active digital dermatitis (M1 or M2) for each treatment regimen (A: no collective treatment (control); B: 5% Hoof-Fit Bath in footbath every 4 weeks; C: 5% Hoof-Fit Bath in footbath every 2 weeks; D: 50% Hoof-Fit Liquid by collective spraying in the hind feet every 2 weeks)

Chapitre 4 - Evaluation de l'impact relatif d'un traitement topique collectif et des pratiques d'élevage dans le contrôle de la dermatite digitée

Table 4-1-5. Cox regression analysis to time to cure of active digital dermatitis (M1 or M2) on hind feet (HR: Hazard ratio)

Item	No. of feet	Univariate analysis		Multivariate analysis	
		HR (95%CI)	p-value	HR (95%CI)	p-value
Treatment regimen¹			0.02		0.085
A	296	Reference		Reference	
B	252	0.88 (0.62-1.26)		0.96 (0.68-1.37)	
C	197	1.35 (0.96-1.91)		1.28 (0.91-1.80)	
D	281	1.45 (1.04-2.02)		1.41 (1.02-1.94)	
Herd size (dairy cows)			0.18		–
29- 50	158	1.37 (0.98-1.91)		–	
51-80	429	1.12 (0.84-1.49)		–	
81-129	439	Reference		–	
Farm leg cleanliness^{2,3}			0.005		0.02
Good	570	1.54 (1.12-2.10)		1.46 (1.06-2.00)	
Fair	354	1.68 (1.21-2.34)		1.56 (1.12-2.18)	
Poor	102	Reference		Reference	
Purchase of cow			0.91		–
Yes	123	Reference		–	
No	903	1.02 (0.71-1.66)		–	
Grazing system			0.67		–
Grazing in spring season	941	1.09 (0.72-1.66)		–	
Zero-grazing	85	Reference		–	
Housing system			0.43		–
Straw yard	99	Reference		–	
Free-stalls	927	1.16 (0.80-1.70)		–	
Initial farm DD prevalence			0.86		–
M1+M2 < 0.10	376	1.02 (0.79-1.32)		–	
M1+M2 ≥ 0.10	650	Reference		–	
Interventionism of farmer⁴			0.27		–
Low	447	Reference		–	
Medium	415	1.05 (0.81-1.37)		–	
High	164	0.76 (0.50-1.13)		–	
Proportion of heifers			0.31		–
0	166	1.28 (0.89-1.82)		–	
0.01-0.10	400	1.18 (0.90-1.55)		–	
> 0.10	460	Reference		–	
Grazing at cow level³			0.05		–
Yes	789	1.18 (1.00-1.38)		–	
No	237	Reference		–	
Leg hygiene score at cow level³			0.90		–
< 3	776	1.01 (0.85-1.20)		–	
≥ 3	250	Reference		–	
Individual DD treatment^{3,5}			0.01		0.008
Yes	288	1.32 (1.07-1.63)		1.35 (1.09-1.66)	
No	738	Reference		Reference	
DD initial stage			0.002		0.003
Early (M1)	644	1.23 (1.05-1.43)		1.26 (1.08-1.47)	
Acute (M2)	383	Reference		Reference	
Active DD on controlateral foot			0.0002		0.0002
Yes	458	Reference		Reference	
No	569	1.32 (1.14-1.53)		1.32 (1.14-1.53)	

Table 4-1-5 (Suite)

Item	No. of feet	Univariate analysis		Multivariate analysis	
		HR (95%CI)	p-value	HR (95%CI)	p-value
Hoof-trimming			0.33		
Yes	44	0.86 (0.62-1.53)		–	–
No	983	Reference	–	–	–

¹A: control regimen, no collective treatment; B: 5% Hoof-Fit Bath® in footbath every 4 weeks; C: 5% Hoof-Fit Bath® in footbath every two weeks; D: 50% Hoof-Fit Liquid® by collective spraying on the hind feet during milking every 2 weeks

²Proportion of hind feet scored ≥ 3 (good: < 25%; fair: 25-49%; poor: $\geq 50\%$)

³Time-dependant covariates; number of feet at inclusion in the analysis

⁴Mean proportion of hind feet with active DD lesion at each visit treated individually with OTC between this visit and next visit at herd level (low: < 10%; medium: 11-50%; high: > 50%)

⁵Oxytetracycline (Oxytetrin P®), 2 treatments 2 days apart on active lesion detected by the farmers

Adverse Effects

On one farm where cows could lick the footbath when waiting for milking, 3 cows suffered severe depression and profuse diarrhoea. These symptoms likely were linked with the absorption of hoof-care product, as faeces were the same colour as the hoof-care solution. All cows recovered within a few days after symptomatic treatment and measures were carried out to avoid such incidents (improvement of blocking the access to footbath and addition of a repellent in the footbath solution).

1.2.5. Discussion

The results of this study indicate that active DD lesions can effectively be clinically cured in endemically affected dairy herds by combining individual and collective topical treatments using a hoof-care product without copper sulphate or formalin with regimens that are acceptable under field conditions. Collective treatments using a solution of copper and zinc chelates (Hoof-Fit®) associated with individual topical treatment were more effective than individual topical treatment alone when applied fortnightly on cleaned feet through collective spraying in the milking parlor (50% solution of Hoof-Fit Liquid®, two milkings four days apart) or when the cows walked fortnightly through a split footbath (5% solution of Hoof-Fit Bath®, 4 consecutive milkings). They were not more effective when footbathing was applied every 4 weeks. The DD cure rate was improved markedly by 4 factors: good leg cleanliness at the farm level, DD lesion initially observed in an early stage, additional individual topical treatment of the DD lesion, and absence of active DD lesion on the contralateral foot.

In the present study, we developed an original approach for evaluating the effectiveness of treatments to cure DD. Rather than implementing treatments on a single farm, as largely has been done thus far (Manske et al., 2002, Speijers et al., 2010, Teixeira et al., 2010), we chose to conduct the trial on a quite high number of commercial dairy farms endemically affected by DD. In this way, we could assess the effectiveness of treatments in various environments and estimate the relative impacts of both treatments and management practices on the cure of DD. We thus improved the extrapolation of results on the effectiveness of treatments on farms with different characteristics. The variety of environments also was increased by the length of the follow-up period, which was quite long compared to previous studies. Treatments often have been assessed over a period of 10 weeks or less (Laven and Hunt, 2002b, Thomsen et al., 2008a, Speijers et al., 2010). In the current trial, the 6 month follow-up period with an assessment of DD status every 4 weeks allowed us to assess effectiveness of treatments in different environments, such as housing or pasture, and to clarify the impact of risk

factors on DD cure. The design of the study led us to use survival analysis to assess the curative effectiveness of treatments. In so doing, we could evaluate the effectiveness of treatments in terms of time needed to cure DD in addition to proportion of feet cured. Moreover, we could take into account the time-dependency of some risk factors, like access to pasture or lactation stage, thus decreasing biased results. In return, we had to use a quite simple tool to score DD, which had to be sufficiently reliable, when used by different investigators, and allow repeated scorings under conditions acceptable to farmers. We therefore used the DD scoring method previously described and validated by Relun et al. (2011), which consists of scoring the feet with a mirror and a headlamp in the milking parlor. We knew that by using this method we risked overestimating the proportion of cured feet as the interdigital space cannot be inspected and may still be infectious when the back of the foot appears to be cured (M4). We also knew that the use of this method would lead to DD scorings that were less accurate than those done in a trimming chute, and we thus risked underestimating the cure hazard ratios and the curative effectiveness of all tested factors, including collective treatments (Dohoo et al., 2003).

Previous studies rarely have found good effectiveness regarding cure of DD for collective topical treatments using hoof-care products without copper sulphate or formalin. Thomsen et al. (2008a) did not report any curative effectiveness of three hoof-care products containing glutaraldehyde (Virocid®), organic acids (Kickstart 2®) or quaternary ammonium compounds (HoofCare DA ®). The treatments had been applied using a split footbath with only one side of the cows treated 2 days per week with 2 or 3 days between treatments over 8 weeks. The lack of effectiveness could be due to the fact that only one side was treated. Indeed, in the current study, we found that DD cure was slower when cows experienced DD on both hind feet. One explanation could be that cows affected on a single hind foot can bear weight on the unaffected foot, thus decreasing contact of the affected foot with the soil and improving the cure rate. Speijers et al. (2010) tested a 2% hypochlorite footbath solution applied during 4 consecutive milkings on a weekly basis for

5 weeks. They found no higher curative effectiveness in comparison to water alone. Teixeira et al. (2010) found that a 5% phenoxyethanol footbath solution (T-Hexx Dragonhyde®) applied twice weekly for 4 weeks had odds of curing DD similar to a 5% formalin solution or a 10% copper sulphate solution. However, the cure rates were quite low for all products (on average 22% feet cured with the Dragonhyde solution, 17% with formalin and 24 % with copper sulphate). To our knowledge, the only peer-reviewed study that found quite good results was that of Manske et al. (2002) using acidified ionised copper footbath solution (Hoofpro +®) twice daily for a total of 47 days divided in 5 separate periods ranging in length from 3 to 16 days: 83% of affected feet were cured on the treated side within 5 months.

In the present trial, copper and zinc chelates solution applied 2 days fortnightly on cleaned feet through collective spraying or through footbaths in addition to individual topical treatments demonstrated a higher and faster cure rate than individual topical treatments alone. The quite high proportion of cured feet in collective treatment regimens may be due to the cumulative effects of collective and individual treatments in addition to spontaneous recovery. Indeed, we observed a quite high rate of spontaneous recovery without any treatment for M1 as well as M2 lesions. Recovery of M1 lesion may be partly explained by this type of lesion sometimes occurring after a M2 lesion (Holzhauer et al., 2008a, Döpfer, 2009) and in such a case it would be a M2 lesion in the process of healing. This may partly explain the higher cure rate observed for lesions initially scored M1 compared to M2, as previously reported by Nishikawa and Taguchi (2008). Spontaneous recovery of M2 lesions was surprising. It previously had been reported by Manske et al. (2002) and Vink (2006) and may occur when the feet are in a clean environment such as during the grazing period. Individual topical treatments also were effective in curing DD, but the proportion of cured feet was quite lower than that found previously (Guterbock et al., 1995, Manske et al., 2002, Kofler et al., 2004). This could be due to the fact that only the most severe DD lesions, and thus the least easy to cure, were detected and then treated individually by farmers. Nevertheless, only a small proportion of active DD lesions were detected and

treated individually by the farmers. This lack of detection may explain the advantage of a strategy using collective treatments as they also cure the non-detected lesions, particularly those which are small and thus are not easy to detect but which recover the most quickly. However, we did not find any advantage of collective treatments when a footbath only was applied every four weeks, which may be because the quite long interval between two applications allowed the development of bigger lesions which are more difficult to cure. This may indicate that collective treatments using Hoof-Fit products at the concentration used in this trial have to be repeated at least fortnightly to cure DD lesions better than individual treatments alone.

The frequency of application of collective treatments tested in this trial may seem quite low, as most trials evaluating hoof-care products applied them once a week or at least fortnightly (Thomsen et al., 2008b, Speijers et al., 2010, Teixeira et al., 2010). However, we choose to test two frequencies, 4 consecutive milkings every 4 weeks and every 2 weeks, as a recent survey (Auzanneau, 2009) revealed that many French farmers are reluctant to use a footbath and when they use it, they tend to use it once a month or even less frequently due to the time needed to implement these treatments and the cost of the products. By testing two frequencies for footbath treatment, we demonstrated that applying a footbath only over 2 days every 4 weeks was not effective to cure active DD lesions, even when a more intensive initial treatment was applied. However, the more intensive initial treatment was not found to be associated with a higher cure hazard, probably because only a few subjects were submitted to this intensive treatment. The particularly high cure rate in the C1 sub-group suggests that increasing frequency may quicken the healing of DD lesions.

One interesting finding was the effectiveness of collective spraying to cure DD lesions. To our knowledge, this application method had not been tested previously. It could be a good alternative to footbaths for collective treatment, particularly as the quantity of hoof-care product needed is about 15 times lower than that used in a footbath. The hoof-care solution was 10 times more concentrated when applied through collective spraying than through a

footbath. This difference corresponds to the recommendations of the manufacturer as the percent of principal active compounds is quite different in both products.

Among factors tested as potential effect modifiers, leg cleanliness at farm level was the one which most impacted the cure of DD lesions, with hazard ratios equal to or higher than those found for effective treatment regimens. While poor hygienic conditions in the foot environment often are implicated as potential risk factors for developing DD lesions (Rodriguez-Lainz et al., 1996, Laven, 1999, Wells et al., 1999), some authors also have suggested that dirty conditions may impair the effectiveness of topical treatments. Kofler et al. (2004) advised keeping cows on a clean floor for 30 minutes after treatment to avoid dilution of the topical treatment with manure; Speijers et al. (2010) hypothesized that the lack of effectiveness of a 2% hypochlorite footbath solution could be due to dirty conditions. In the present trial, dirtiness may have affect the bioavailability of active compounds in DD lesions even though the feet were pre-cleaned with a water hose in the milking-parlor and even though minerals were chelated, thus preventing them from been bound by organic matter. Dirtiness also may weaken the skin, thus delaying the healing of DD lesions. This finding highlights the need of providing a hygienic environment for feet to avoid infection but also to promote good healing of DD lesions. The next step would be to identify which management practices improve foot cleanliness. A recent cross-sectional study (Nielsen et al., 2011) identified having access to pasture as improving leg cleanliness, but they did not find any other management factors, including floor type and herd size, as significantly influencing leg cleanliness. Leg cleanliness might result from a combination of several interacting management practices including type of housing, type of floor, frequency of manure scraping, type of manure scraping, stock density, comfort of bedding area, grazing management and consistency of feces. The relative impact of each factor may be difficult to identify, but it could be interesting to establish which combinations could provide a sufficiently hygienic environment for feet. In such studies, even if leg and foot cleanliness are linked, we would advise

measuring foot cleanliness rather than leg cleanliness in order to take into account the real environment of the foot at each measure.

In the present study, we did not find any effect of several factors that previously had been identified as risk factors for DD including type of housing, grazing, proportion of heifers (calving season), parity and lactation stage (Laven, 1999, Rodriguez Lainz et al., 1999, Somers et al., 2005). However, cows in 3rd parity or higher and cows in pasture were significantly associated with faster cure of DD in univariate analysis. They may not have been associated with faster cure in multivariate analysis due to a lack of statistical power, notably because most of the cows were housed when they experienced DD and healing occurred quite fast, before cows had access to pasture. It is also possible that some risk factors have a higher impact on DD prevention than on DD cure.

One limitation of this trial is the potential existence of a selection bias due to the unwillingness of some farmers to participate in any of the treatment regimens. We can assume that the farmers who accepted to participate when collective treatments had to be applied every two weeks were more conscientious than those who accepted to participate only if treatments had to be applied every four weeks. It also is possible that some unchecked factors may have been different between farms, such as strains of *Treponema* with different pathogenicities (Edwards et al., 2003, Elliott et al., 2007), different susceptibilities of *Treponema* to treatments (Evans et al., 2008), or even different levels of immunity of the cows (Read and Walker, 1998, Elliott and Alt, 2009). It could be interesting to investigate the impact of these factors on the cure of DD, to take them into account in future studies assessing the effectiveness of control measures against DD.

1.2.6. Conclusion

The results of this field trial suggest that several measures should be combined to ensure the rapid recovery of digital dermatitis in endemically affected dairy herds. Collective topical treatments using a copper and zinc chelates (Hoof-Fit®) solution can be useful to quicken healing of DD lesions as they also cure non detected lesions, particularly small ones which are more difficult to detect but which heal best. To be more effective than the individual spraying of oxytetracycline alone, such collective treatments have to be applied to cleaned feet at least every fortnight, either through a collective spraying in the milking parlor or by a walk-through split footbath. The management factor that highly affected the healing of DD lesions was leg cleanliness. Further research is needed to understand which combination of management practices could provide a sufficiently hygienic environment for feet.

Acknowledgments

We greatly acknowledge all the participants of this study: the farmers for their hospitality, technicians of GDS and veterinarians involved as investigators for their time and motivation, Jean-Yves Audiart, Juliette Bordot, Marleen Bruggink, Anne Chesnin and Damien Deiss (INRA-Oniris, Nantes, France) for their help regarding entering of data. We wish also to thank Vincent Ducrocq (INRA, Jouy-en-Josas, France) for its help regarding use of the Survival kit. Thanks are due to the technical committee of the 'Mortellaro project' (UMT Cattle Health Management, Nantes, France) for advice. The authors gratefully acknowledge Intracare, Dominique Bernier (SARL Bov'idée, St Sauveur des Landes, France) and MSD Animal Health/Intervet for providing all hoof-care products, footbaths and sprayers for free.

References

- Akaike, H. 1974. A new look at the statistical model identification Automatic Control, IEEE Transactions on 19(6):716 - 723
- Auzanneau, M. M. 2009. Etat des lieux des pratiques de gestion de la Maladie de Mortellaro par les éleveurs de bovins [Inventory practices of French dairy farmers to control digital dermatitis (Mortellaro disease)]. Page 171. Nantes, France.
- Berry, S. L., R. L. Walker, D. H. Read, D. W. Hird, and R. A. Ertze. 2004. The current state of knowledge on (papillomatous) digital dermatitis in dairy cattle: with particular reference to control. Pages 130-137 in Proc. 13th Intern. Symp. 5th Conf. Lameness Ruminants. Zemlic, B., Maribor, Slovenija.
- Bruijnis, M. R. N., H. Hogeveen, and E. N. Stassen. 2010. Assessing economic consequences of foot disorders in dairy cattle using a dynamic stochastic simulation model. J. Dairy Sci. 93(6):2419-2432.
- Cook, N. 2006. Footbath alternatives. (14 Jul., 2011). Accessed Dec. 3, 2011. Online: <http://www.comforthoofcare.com/articles/New-Articles/Footbath%20Alternatives.pdf>.
- Cox, D. D. and E. J. Snell. 1966. A general denition of residuals. J. Roy. Stat. Soc. B 30:248-275.
- Cox, D. R. 1972. Regression models and life tables. J. Roy. Stat. B Met. 34:187-220.
- Dohoo, I., W. Martin, and H. Stryhn. 2003. Veterinary Epidemiologic Research. 1st ed. University of Prince Edward Island, Charlottetown, Prince Edward Island, Canada.
- Döpfer, D. 2009. Digital Dermatitis. The dynamics of digital dermatitis in dairy cattle and the manageable state of disease. Pages 1-5 in CanWest Veterinary Conference. Unknown, Bannf, Canada.
- Döpfer, D., A. Koopmans, F. A. Meijer, I. Szakall, Y. H. Schukken, W. Klee, R. B. Bosma, J. L. Cornelisse, A. J. van Asten, and A. A. ter Huurne. 1997. Histological and bacteriological evaluation of digital dermatitis in cattle, with special reference to spirochaetes and Campylobacter faecalis. Vet. Rec. 140(24):620-623.

Ducrocq, V., J. Sölkner, and G. Meszaros. 2010. Survival Kit v6 - A software package for survival analysis. in Proc. 9th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Leipzig, Germany.

Edwards, A. M., D. Dymock, and H. F. Jenkinson. 2003. From tooth to hoof: treponemes in tissue-destructive diseases. *J. Appl. Microbiol.* 94(5):767-780.

Elliott, M. K. and D. P. Alt. 2009. Bovine immune response to papillomatous digital dermatitis (PDD)-associated spirochetes is skewed in isolate reactivity and subclass elicitation. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 130(3-4):256-261.

Elliott, M. K., D. P. Alt, and R. L. Zuerner. 2007. Lesion formation and antibody response induced by papillomatous digital dermatitis-associated spirochetes in a murine abscess model. *Infect. Immun.* 75(9):4400-4408.

Evans, N. J., J. M. Brown, I. Demirkan, R. Birtles, C. A. Hart, and S. D. Carter. 2008. In vitro susceptibility of bovine digital dermatitis associated spirochaetes to antimicrobial agents. *Vet. Microbiol.*

Fiedler, A. 2004. Investigation of the efficacy of the Kovex-foam-system in the decrease of the incidence of Dermatitits digitalis; Dermatitits interdigitalis and Erosio unguulae. Pages 148-150 in Proc. 13th Intern. Symp. 5th Conf. Lameness Ruminants. Zemlic, B., Maribor, Slovenija.

Green, L. E., J. Borkert, G. Monti, and N. Tadich. 2010. Associations between lesion-specific lameness and the milk yield of 1,635 dairy cows from seven herds in the Xth region of Chile and implications for management of lame dairy cows worldwide. *Anim. Welfare* 19(4):419-427.

Guterbock, W. M., C. L. Borelli, and D. H. Read. 1995. Evaluation of four therapies of papillomatous digital dermatitis in dairy cattle. Pages 240-241 in Proc. Annu. Mtg. Am. Assoc. Bov. Pract. AHBP, Rome, Italy.

Holzhauser, M., C. J. Bartels, D. Döpfer, and G. van Schaik. 2008a. Clinical course of digital dermatitis lesions in an endemically infected herd without preventive herd strategies. *Vet. J.* 177(2):222-230.

Holzhauser, M., D. Döpfer, J. de Boer, and G. van Schaik. 2008b. Effects of different intervention strategies on the incidence of papillomatous digital dermatitis in dairy cows. *Vet. Rec.* 162(2):41-46.

Holzhauser, M., C. Hardenberg, C. J. Bartels, and K. Frankena. 2006. Herd- and cow-level prevalence of digital dermatitis in the Netherlands and associated risk factors. *J. Dairy Sci.* 89(2):580-588.

IARC. 2004. IARC classifies formaldehyde as carcinogenic to humans IARC Press Release. (153). Accessed Dec. 3, 2011. Online: <http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2004/pr153.html>.

Journel, C. and T. Carteron. 2001. Effet de la mise en place du procédé d'hygiène P3-Kovex Foam sur l'évolution des lésions de dermatite digitée des vaches laitières dans deux élevages. Pages 168-169 in *Renc. Rech. Ruminants*, Paris, France.

Kalbfleisch, J. D. and R. L. Prentice. 2002. *The Survival Analysis of Failure Time Data*. 2nd ed. Wiley Series in Probability and Statistics. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey.

Kofler, J., M. Pospichal, and M. Hofmann-Parisot. 2004. Efficacy of the non-antibiotic paste Protexin Hoof-Care for topical treatment of digital dermatitis in dairy cows. *J. Vet. Med. Ser. A* 51(9-10):447-452.

Laven, R. 2003. Desktop review into the management and treatment of digital dermatitis. Technical Report No. 02/T3/07. Milk Development Council, Cirencester, UK.

Laven, R. A. 1999. The environment and digital dermatitis. *Cattle Practice* 7:349-355.

Laven, R. A. and H. Hunt. 2002a. The efficacy of non-antibiotic foot-baths in the control of digital dermatitis in the UK. Pages 366-368 in *Proc. 12th Intern. Symp. Lameness Ruminants* Shearer, J. K., Orlando, FL.

Laven, R. A. and H. Hunt. 2002b. Evaluation of copper sulphate, formalin and peracetic acid in footbaths for the treatment of digital dermatitis in cattle. *Vet. Rec.* 151(5):144-146.

Laven, R. A. and D. N. Logue. 2006. Treatment strategies for digital dermatitis for the UK. *Vet. J.* 171(1):79-88.

Laven, R. A. and M. J. Proven. 2000. Use of an antibiotic footbath in the treatment of bovine digital dermatitis. *Vet. Rec.* 147(18):503-506.

Logue, D. 2011. Understanding bovine digital dermatitis. *Vet. Rec.* 168(8):212-213.

- Losinger, W. C. 2006. Economic impacts of reduced milk production associated with papillomatous digital dermatitis in dairy cows in the USA. *J. Dairy Res.* 73(2):244-256.
- Manske, T., J. Hultgren, and C. Bergsten. 2002. Topical treatment of digital dermatitis associated with severe heel-horn erosion in a Swedish dairy herd. *Prev. Vet. Med.* 53(3):215-231.
- Moher, D., S. Hopewell, K. F. Schulz, V. Montori, P. C. Gotzsche, P. J. Devereaux, D. Elbourne, M. Egger, and D. G. Altman. 2010. CONSORT 2010 explanation and elaboration: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *BMJ.* 340:c869.
- Nielsen, B. H., P. T. Thomsen, and J. T. Sorensen. 2011. Identifying risk factors for poor hind limb cleanliness in Danish loose-housed dairy cows. *Animal* 5(10):1613-1619.
- Nishikawa, A. and K. Taguchi. 2008. Healing of digital dermatitis after a single treatment with topical oxytetracycline in 89 dairy cows. *Vet. Rec.* 163(19):574-576.
- O'Connor, A. M., J. M. Sargeant, I. A. Gardner, J. S. Dickson, M. E. Torrence, C. E. Dewey, I. R. Dohoo, R. B. Evans, J. T. Gray, M. Greiner, G. Keefe, S. L. Lefebvre, P. S. Morley, A. Ramirez, W. Sisco, D. R. Smith, K. Snedeker, J. Sofos, M. P. Ward, and R. Wills. 2010. The REFLECT statement: Methods and processes of creating Reporting Guidelines For Randomized Controlled Trials for livestock and food safety. *Prev. Vet. Med.* 93(1):11-18.
- Plomp, G. H. M. 2002. Practical trial. Intra-Bath concept. Page 12. HX-UTD Nutreco / Intracare BV Haaften, Haaften, Neth.
- Read, D. H. and R. L. Walker. 1998. Papillomatous digital dermatitis (footwarts) in California dairy cattle: clinical and gross pathologic findings. *J. Vet. Diagn. Invest.* 10(1):67-76.
- Relun, A., R. Guatteo, N. Bareille, and P. Roussel. 2011. A simple method to score digital dermatitis in dairy cows in the milking parlor. *J. Dairy Sci.* 94(11):5424-5434.
- Rodriguez-Lainz, A., D. W. Hird, and D. H. Read. 1996. Case-control study of papillomatous digital dermatitis in southern California dairy farms. *Prev. Vet. Med.* 28:117-131.

- Rodriguez Lainz, A., P. Melendez Retamal, D. W. Hird, D. H. Read, and R. L. Walker. 1999. Farm- and host-level risk factors for papillomatous digital dermatitis in Chilean dairy cattle. *Prev. Vet. Med.* 42(2):87-97.
- Schreiner, D. A. and P. L. Ruegg. 2002. Effects of tail docking on milk quality and cow cleanliness. *J. Dairy Sci.* 85(10):2503-2511.
- Shearer, J. K. and J. Hernandez. 2000. Efficacy of two modified nonantibiotic formulations (Victory) for treatment of papillomatous digital dermatitis in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83(4):741-745.
- Somers, J. G., K. Frankena, E. N. Noordhuizen-Stassen, and J. H. Metz. 2003. Prevalence of claw disorders in Dutch dairy cows exposed to several floor systems. *J. Dairy Sci.* 86(6):2082-2093.
- Somers, J. G., K. Frankena, E. N. Noordhuizen-Stassen, and J. H. Metz. 2005. Risk factors for digital dermatitis in dairy cows kept in cubicle houses in The Netherlands. *Prev. Vet. Med.* 71(1-2):11-21.
- Speijers, M. H. M., L. G. Baird, G. A. Finney, J. McBride, D. J. Kilpatrick, D. N. Logue, and N. E. O'Connell. 2010. Effectiveness of different footbath solutions in the treatment of digital dermatitis in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93(12):5782-5791.
- Stehouwer, R. and G. Roth. 2004. Copper Sulfate Hoof Baths and Copper Toxicity in Soil. Penn State University Field Crop News. 4. Accessed Dec. 3, 2011. Online: <http://www.das.psu.edu/news/dd200403-03>.
- Teixeira, A. G. V., V. S. Machado, L. S. Caixeta, R. V. Pereira, and R. C. Bicalho. 2010. Efficacy of formalin, copper sulfate, and a commercial footbath product in the control of digital dermatitis. *J. Dairy Sci.* 93(8):3628-3634.
- Thomsen, P. T., J. T. Sorensen, and A. K. Ersboll. 2008a. Evaluation of three commercial hoof-care products used in footbaths in Danish dairy herds. *J. Dairy Sci.* 91(4):1361-1365.
- Thomsen, P. T., J. T. Sorensen, and A. K. Ersboll. 2008b. Evaluation of Three Commercial Hoof Care Products Used in Footbaths in Danish Dairy Herds. Pages 178-179 in *Proc. 15th Intern. Symp. 7th Conf. Lameness Ruminants*. Niemi, J., Kuopio, Finland.

Vink, W. D. 2006. Investigating the epidemiology of Bovine Digital Dermatitis: causality, transmission and infection dynamics. Page 267. University of Liverpool, Liverpool, UK.

Wells, S. J., L. P. Garber, and B. A. Wagner. 1999. Papillomatous digital dermatitis and associated risk factors in US dairy herds. *Prev. Vet. Med.* 38(1):11-24.

Yeruham, I. and S. Perl. 1998. Clinical aspects of an outbreak of papillomatous digital dermatitis in a dairy cattle herd. *J. S. Afr. Vet. Assoc.* 69(3):112-115.

2 - Evaluation de l'impact relatif de protocoles de traitement collectif et de pratiques d'élevage sur l'incidence de la dermatite digitée chez la vache laitière en conditions d'élevage

2.1. Introduction

Alors qu'elle était inconnue avant les années 1970 (Cheli and Mortellaro, 1974), la dermatite digitée (**DD**) est devenue une des causes de boiterie les plus fréquemment observées dans les élevages bovins laitiers (Green et al., 2010, Offer et al., 2000, Somers et al., 2003). Des lésions de DD ont ainsi été observées dans 70 à 90% des exploitations laitières en Europe et aux Etats-Unis affectant 5 à 30% des animaux par exploitation (Cramer et al., 2008, Holzhauser et al., 2006, Somers et al., 2003). Même si la DD semble moins impacter la production des animaux que d'autres affections podales responsables de boiteries (Amory et al., 2008, Sogstad et al., 2006), cette maladie est une préoccupation majeure pour les éleveurs de bovins laitiers, car une fois introduite dans une exploitation, elle se manifeste par des épisodes récurrents de boiteries, affectant indéniablement le bien-être des animaux et entraînant des dépenses importantes pour tenter de la contrôler, en termes de temps et de produits de traitement (Bruijnjs et al., 2010, Cha et al., 2010). Malgré la multiplication des produits de traitements disponibles (Laven and Logue, 2006), aucune pratique de traitement ne semble complètement satisfaire les éleveurs (**Chapitre 2**) et quasiment aucune éradication n'a pour le moment été décrite, la prévalence de DD ayant même tendance à augmenter (Blowey et al., 2004, Somers et al., 2003). Ces constats suggèrent l'échec des mesures de contrôle actuellement appliquées et la nécessité d'identifier des mesures qui permettent de diminuer durablement la prévalence de la DD dans les exploitations bovines laitières.

Alors que la plupart des mesures sont mises en place dans les exploitations pour guérir les lésions de DD une fois qu'elles ont été détectées

(Laven and Logue, 2006), il paraît important d'identifier des mesures capables de prévenir l'apparition de ces lésions, *i.e.* d'en limiter l'incidence.

Malheureusement, les mécanismes précis qui conduisent à la survenue et la transmission de la DD sont encore mal connus, limitant ainsi la mise en place de stratégies de prévention basées sur la connaissance de ces mécanismes. Les expériences et observations de terrain suggèrent que cette maladie est multifactorielle, impliquant certains types de tréponèmes (Evans et al., 2008, Mumba et al., 1999) qui, à la faveur d'une fragilisation de la barrière cutanée, parviennent à pénétrer dans la peau digitée, induisant la formation de lésions inflammatoires circonscrites, érosives puis ulcératives (Cruz et al., 2005, Gomez et al., 2011, Read and Walker, 1996). Ces lésions étant quasiment les seules sources de tréponèmes connues (Evans et al., 2011, Evans et al., 2010, Klitgaard et al., 2008), il semble que la maladie se transmette ensuite de proche en proche indirectement entre un animal sain et un animal présentant une lésion active, probablement par l'intermédiaire d'un très bref passage des agents infectieux dans l'environnement (Vink, 2004, Vink, 2006).

Une des mesures les plus préconisées pour limiter l'incidence est l'utilisation de traitements collectifs, consistant le plus souvent à appliquer des désinfectants à l'ensemble des animaux *via* des pédiluves de passage. L'efficacité de cette mesure pour limiter l'incidence est pourtant incertaine. Il existe en effet très peu d'essais cliniques validés scientifiquement ayant investigué l'impact des traitements collectifs sur l'incidence de la DD et les quelques essais cliniques ayant évalué des solutions désinfectantes autres que le formol n'ont mis en évidence aucune efficacité de ces traitements pour limiter l'incidence (Manske et al., 2002, Teixeira et al., 2010, Thomsen et al., 2008). Cette mesure semble cependant pouvoir être intéressante car elle permettrait de traiter concomitamment tous les animaux et ainsi faire baisser la pression d'infection (Somers et al., 2005b). Comme la DD est une maladie contagieuse et que les lésions de DD sont les principales sources d'agents pathogènes (Evans et al., 2008), ces traitements devraient être d'autant plus efficaces qu'ils permettent de retarder l'apparition des lésions actives et donc

la potentielle dissémination d'agents infectieux. La prise en compte du temps avant l'apparition des lésions pourrait donc être un critère de jugement plus pertinent que la proportion de pieds nouvellement infectés au bout d'un certain temps, critère habituellement mesuré dans les essais cliniques. Il reste cependant à préciser les régimes d'application de traitement collectif capables de limiter l'incidence en utilisant des produits non toxiques ni pour l'Homme ni pour l'Environnement et à identifier d'autres moyens d'application que les pédiluves, matériel qui peut être contraignant ou inadapté à certaines exploitations (**Chapitre 2**).

En parallèle, certaines pratiques et conditions d'élevage ont été identifiées comme pouvant favoriser l'incidence des lésions de DD, potentiellement du fait d'un sol peu hygiénique ou traumatisant. Ainsi, les logettes avec des sols rainurés et nettoyés par un racleur automatique ont été identifiées comme des facteurs de risque de survenue de lésions de DD (Barker et al., 2009, Laven, 1999, Somers et al., 2005b). D'autres pratiques d'élevage comme l'absence d'accès aux pâtures ou la réalisation peu fréquente de parages préventifs ont été identifiées comme associées à des prévalences de DD plus élevées dans des études transversales, mais le protocole de ces enquêtes ne permettait pas de préciser la relation de causalité existant entre l'exposition à ces facteurs et la survenue de lésions de DD (Rodriguez-Lainz et al., 1999, Somers et al., 2005a, Wells et al., 1999). Par ailleurs, la mesure de l'exposition pouvait être imprécise car certaines caractéristiques, telles que la propreté des sols ou l'accès aux pâtures peuvent varier dans le temps.

Enfin, alors que l'application de traitements collectifs et les conditions d'élevage peuvent interagir (Cook, 2006, Kofler et al., 2004), très peu d'études ont considéré concomitamment l'impact des traitements collectifs et des conditions d'élevage sur l'incidence de la DD. Les essais cliniques portant sur l'efficacité préventive des traitements collectifs ont souvent été réalisés dans 1 à 3 exploitations, limitant l'investigation des conditions d'élevage sur l'efficacité des traitements et potentiellement l'extrapolation des résultats à des exploitations présentant différentes caractéristiques. Quelques études transversales ayant cherché à identifier les facteurs de risque liés aux

caractéristiques des exploitations ont pu considérer si les exploitations avaient réalisé ou non des traitements collectifs mais la diversité des pratiques de traitement existant sur le terrain (**Chapitre 2**) et l'absence de suivi des animaux rendent l'interprétation des résultats délicate (Cramer et al., 2009, Holzhauser et al., 2006, Somers et al., 2005a).

Une solution pour préciser le rôle des pratiques d'élevage et des pratiques de traitements collectifs sur l'incidence de la DD pourrait donc être d'appliquer des protocoles de traitements standardisés dans des exploitations avec différentes pratiques d'élevage et de suivre ensuite l'évolution du statut des animaux vis-à-vis de la DD dans une étude longitudinale. L'avancée récente des logiciels d'analyses permet d'évaluer ces impacts en prenant en compte le temps avant l'apparition de lésion à l'aide d'analyses de survie, tout en considérant des facteurs dont l'exposition peut être variable dans le temps et des facteurs aléatoires, sur des jeux de données relativement importants (Ducrocq et al., 2010).

Nous avons donc mené un essai clinique dans plusieurs exploitations où la DD était endémique, l'objectif de cette étude étant d'évaluer, à l'aide d'analyses de survie, l'impact relatif d'un traitement collectif appliqué selon différents protocoles et de pratiques d'élevage sur l'incidence de la DD.

2.2. Matériel et méthodes

2.2.1. Population d'étude, protocoles de traitement et collecte des données

La description de la population d'étude, des protocoles de traitement et de la collecte des données ont été détaillés dans la première partie du **Chapitre 4-1**. En bref, un essai clinique a été mené entre novembre 2009 et octobre 2010 dans 52 exploitations bovines laitières situées dans l'ouest de la France. Les exploitations sélectionnées avaient été confrontée à la DD depuis plus de 2 ans, elles devaient être équipées d'une salle de traite, lieu d'application de certains traitements et d'évaluation du statut des animaux vis-à-vis de la DD,

et dans la mesure du possible, effectuer des contrôles laitiers de façon à connaître le niveau de production laitière de chaque animal.

La majorité des exploitations comptait entre 50 et 80 vaches en lactation de race Prim'Holstein élevées dans des bâtiments avec logettes, les vaches sortant en pâtures au printemps. Sept exploitations élevaient les vaches laitières sur aire paillée, 6 exploitations étaient en système zéro-pâturage, 3 exploitations n'élevaient que des vaches de race Normande et 2 exploitations avaient à peu près autant de vaches de race Normande que de race Prim'Holstein. Les vaches étaient traitées deux fois par jour. La médiane de production laitière à 305 jours était de 8685 l [5376 – 12569] pour les vaches de race Prim'Holstein et de 6213 l [3901 – 9193] pour les vaches de race Normande. Un peu plus de la moitié des éleveurs faisaient réaliser un parage préventif une à deux fois par an. Plus de la moitié des éleveurs avaient mis en place des traitements topiques collectifs avant le début de l'étude, le plus souvent associés à des traitements individuels, les autres éleveurs n'appliquant que des traitements individuels. Les caractéristiques des animaux au moment de l'allocation des traitements sont disponibles dans la première partie de ce chapitre (**Table 4-1-2**).

Après n'avoir appliqué pendant un mois que des traitements individuels, les exploitations ont été allotées de manière quasi-aléatoire, après accord des éleveurs, dans un des 4 protocoles de traitement, ces traitements étant appliqués pendant 24 semaines. Les différents protocoles sont présentés dans le **Tableau 4-2-1**.

Tableau 4-2-1. Protocoles de traitements appliqués contre la dermatite digitée par 52 exploitations bovines laitières dans un essai clinique mené en France entre Novembre 2009 et Octobre 2010

Protocole de traitement	Nombre d'exploitations	Traitements collectifs			Traitement individuel ³
		Moyen d'application	Régime d'application ¹	Produit de traitement ²	
A	17	—	—	—	
B1	5	Pédiluve	A puis 4T/4S	5% HFB	OTC, 2
B2	6	Pédiluve	4T/4S	5% HFB	traitements à
C1	6	Pédiluve	A puis 4T/2S	5% HFB	48 h
C2	5	Pédiluve	4T/2S	5% HFB	d'intervalle
D	13	Pulvérisation	2T/2S	50% HFL	

¹A : traitement initial agressif : application pendant 6 traites successives, 1 fois par semaine pendant les 4 premières semaines ; 4T/4S : 4 traites successives toutes les 4 semaines ; 4T/2S : 4 traites successives toutes les 2 semaines ; 2T/2S : 2 traites espacées de 4 jours toutes les 2 semaines

²HFB : Hoof-Fit Bath®, HFL : Hoof-Fit Liquid®

³traitements appliqués par les éleveurs lorsqu'ils détectaient une lésion sévère de DD ; OTC : oxytétracycline

Le produit utilisé pour les traitements collectifs était une solution désinfectante (Hoof-Fit®, Intracare, Veghel, Pays-Bas) dont les principes actifs sont du cuivre et du zinc chélatés. Cette solution existe avec 2 présentations, une pour une application en pédiluve (Hoof-Fit Bath® [HFB]) et une pour une application en pulvérisation (Hoof-Fit Liquid® [HFL]), avec des concentrations en principes actifs légèrement différentes. Le produit utilisé pour les traitements individuels était de l'oxytétracycline (OTC, Oxytetrin P®, chlorhydrate d'oxytétracycline, 30 mg/ml, MSD Santé Animale/Intervet, Beaucauzé, France). Les protocoles de traitement ont été déterminés en prenant en compte les recommandations des laboratoires fabricants, que ce soit pour les traitements collectifs ou individuels.

Une visite de pré-étude a permis de récolter les données relatives à la conduite d'élevage, de déterminer la prévalence initiale de DD et la faisabilité de la mise en place des traitements collectifs. Les exploitations ont ensuite été visitées 7 fois environ toutes les 4 semaines par 14 investigateurs. Les traitements collectifs ont été mis en place juste après la première visite. Ces visites se déroulaient en 3 étapes : 1) les postérieurs des vaches en lactation étaient inspectés en salle de traite pour leur attribuer un score de DD et un

score de propreté, 2) les bâtiments et les pâtures étaient inspectées et notées pour leur propreté et leur humidité, 3) des questionnaires étaient remplis conjointement par l'éleveur et l'investigateur pour vérifier si les pratiques d'élevage avaient pu changer et s'assurer de l'observance des protocoles de traitement.

Le statut des animaux vis-à-vis de la DD a été évalué pendant la traite en notant les pieds postérieurs préalablement nettoyés à l'aide d'un miroir télescopique et une lampe frontale selon la méthode décrite dans le Chapitre 3. Les pieds postérieurs ont été notés pour la DD en 4 stades sur un système de notation simplifié basé sur celui initialement décrit par Döpfer et al. (1997), le stade M0 correspondant à l'absence de lésion de DD, les stades M1 et M2 correspondant à des lésions actives, circonscrites, érosives à ulcératives, de plus (M2) ou moins (M1) 2 cm de diamètre, et le stade M4 correspondait à des lésions cicatricielles de DD, présentant un épithélium épaissi, dys- ou hyperkératosique, regroupant les stades M3 et M4 décrits dans le système de notation de Döpfer et al. (1997).

La propreté des pieds a été notée selon une échelle à 4 scores allant de très propre (score 1) à très sale (score 4), comme décrit par Cook (2006) et Schreiner et Ruegg (2002).

Les données de pratiques d'élevage récoltées comprenaient des données relatives au nettoyage de l'aire d'exercice, aux entrées et sortie des vaches dans le troupeau laitier et aux dates d'entrées et de sorties en pâtures pour les vaches en lactation et les vaches tarées. Les éleveurs devaient enregistrer tous les soins réalisés sur les pieds ainsi que les maladies survenues et les traitements entrepris. Les dates d'application des traitements collectifs devaient être enregistrées.

Les données relatives à la production laitière, le rang et le stade de lactation ont été extraites à partir de données provenant des contrôles laitiers.

Les éleveurs étaient informés de l'évolution de la prévalence dans leur exploitation dans les 15 jours suivant chaque visite, sans que les animaux atteints ne soient précisés de manière à ce que leur détection des animaux

atteints soit la plus proche possible de celle qu'ils auraient réalisée en l'absence de l'essai. Ils pouvaient demander à arrêter l'étude si la situation vis-à-vis de la DD se détériorait et devaient signaler tout effet secondaire qu'ils pouvaient constater.

Les investigateurs avaient été formés avant le début de l'étude pour évaluer le statut des animaux vis-à-vis de la DD et noter la propreté des membres. La concordance de leur notation de la DD a été évaluée à mi-étude (avril 2010), de manière à éventuellement exclure les notations réalisées par un ou plusieurs investigateurs qui auraient été trop discordantes de celles des autres investigateurs ($kappa < 0,6$).

2.2.2. Analyse des données

Les données ont été saisies dans une base de données Access (Microsoft Corp, Redmont, WA). Le logiciel SAS 9.1.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC) a été utilisé pour construire les variables nécessaires à l'analyse statistique et réaliser les analyses descriptives.

L'impact des traitements et des pratiques d'élevage sur l'incidence de la DD a été évalué sur leur capacité à retarder l'apparition de lésions actives de DD en utilisant un modèle d'analyse de survie, semblable à celui décrit dans le **Chapitre 4-1**. L'unité statistique était un pied arrière. Les pieds inclus dans l'analyse étaient les pieds initialement observés sans lésion active, *i.e.* sans aucune lésion de DD (M0) ou avec une lésion cicatrisée de DD (M4). Ces pieds étaient considérés comme nouvellement atteints si une lésion M1 ou M2 était observée durant une visite au cours de l'étude. Dans le modèle statistique, la variable d'intérêt était le temps avant l'apparition d'une nouvelle lésion active exprimé en jours. Si aucune nouvelle lésion n'avait été observée à la fin de l'étude ou si l'animal était réformé ou décédait au cours de l'étude, l'enregistrement était considéré comme censuré à partir de cette date. Les observations espacées de plus de 45 jours ont été retirées de l'analyse. L'analyse de survie a été réalisée à l'aide d'un modèle à risques proportionnels de Cox (Cox, 1972), incluant un effet aléatoire associant l'exploitation et l'investigateur. Les variables incluses dans le modèle de Cox sont identiques à

celles décrites dans le **Chapitre 4-1**, hormis l'application d'un traitement individuel sur une lésion initialement non active qui n'a pas ici été considéré comme pouvant impacter l'incidence. Elles incluent la prévalence de DD observée à la visite précédant la mise en place des traitements collectifs, des pratiques et conditions d'élevage (type de stabulation, propreté des membres, accès aux pâtures, taille de l'exploitation, achat de vaches laitières, proportion de primipares, réalisation de parage), des caractéristiques des animaux (race, rang et stade de lactation, niveau de production laitière) ainsi que le stade de DD initialement observé (M0 ou M4). Pour 5 variables, l'exposition a été considérée comme pouvant varier au cours du temps : la propreté des pieds à l'échelle de l'animal et de l'exploitation, le rang et le stade de lactation et l'accès individuel de chaque vache aux pâtures.

Les mêmes étapes d'analyse ont été prévues que celles réalisées dans le **Chapitre 4-1**, avec une première étape n'incluant que les sujets pour lesquels il ne manquait pas de données récoltées *via* les contrôles laitiers, une deuxième étape incluant les sujets pour lesquels il manquait ces données si ces variables ne participaient pas au modèle final et une dernière étape ne considérant que 4 régimes de traitement, A, B, C et D si les sous-groupes (B1 *vs.* B2 et C1 *vs.* C2) ne différaient pas entre eux. A chaque étape, la construction du modèle final a été établie de la même façon. Les régimes de traitement, les covariables et les interactions pouvant avoir une signification biologique étaient d'abord testés à l'aide d'analyses univariées incluant l'effet aléatoire exploitation-investigateur. Les variables qui contribuaient au modèle à un niveau de signification de 20% ou moins étaient incluses dans le modèle pour une analyse multivariée. Les variables étaient ensuite sélectionnées par procédure pas-à-pas descendante en forçant le régime de traitement et en ne gardant que les covariables et interactions participant significativement au modèle à un seuil de 5%. Toutes les analyses de survie ont été réalisées à l'aide du logiciel Survival kit ® v6.0 (Ducrocq et al., 2010).

L'hypothèse des risques proportionnels a été vérifiée pour chaque covariable en représentant graphiquement les courbes $\log(-\log(S(t)))$ en fonction de $\log(t)$ pour chaque caractéristique d'une variable et en vérifiant le

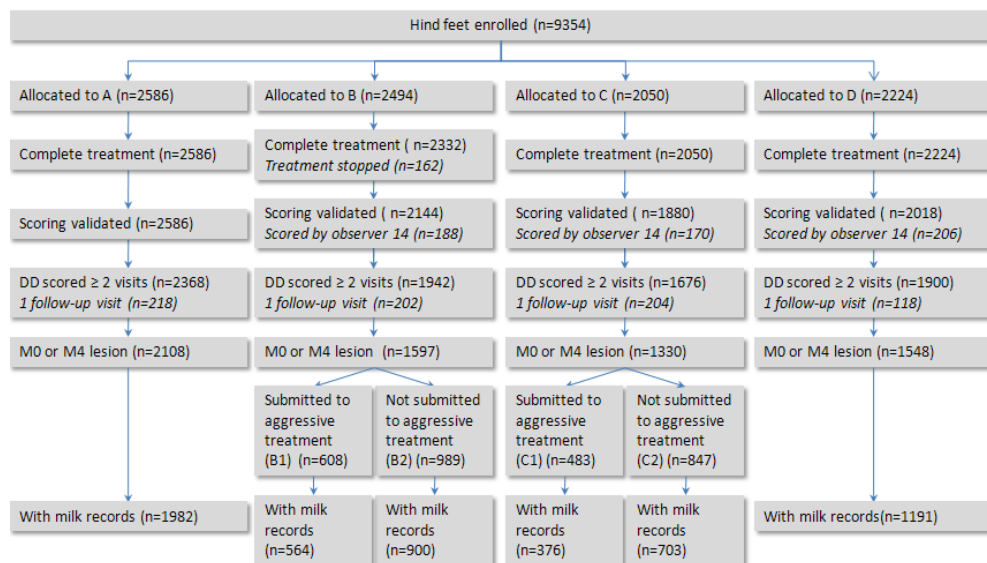
parallélisme des courbes obtenues (Kalbfleisch and Prentice, 2002). L'adéquation finale du modèle a été vérifiée en analysant la distribution des résidus de Cox-Snell (Cox and Snell, 1966).

2.3. Résultats

2.3.1. Flux des individus

Le diagramme de flux des individus est présenté dans la **Figure 4-2-1**.

Figure 4-2-1. Diagramme de flux des individus inclus dans l'analyse d'impact des protocoles de traitement collectifs et de pratiques d'élevage sur l'incidence de la DD



Au total, les deux pieds postérieurs de 4677 vaches ont été observés au moins une fois entre le 21 décembre 2009 et le 1^{er} novembre 2010, soit 2586, 2494, 2050 et 2224 pieds dans les lots A, B, C et D respectivement. Après exclusion des données observées après un changement de protocole de traitement (81 vaches appartenant à 4 exploitations dont 2 dans le groupe B1 et 2 dans le groupe B2), celles observées par un investigateur dont les notations étaient trop discordantes (193 vaches issues de 3 exploitations des groupes B2, C1 et D) et celles pour lesquelles une seule observation était disponible, il

restait 7886 pieds dont 5598 ne présentaient pas de lésion active de DD lors de leur première inspection.

2.3.2. Effets des régimes de traitement et des pratiques d'élevage sur l'incidence de DD

Sur la durée du suivi, 948 pieds (17%) ont développé au moins une fois une lésion de DD avec en moyenne 4 nouvelles lésions pour 100 pieds à risque-mois. La description de l'incidence par régime de traitement est détaillée dans le **Tableau 4-2-2**.

Comme aucune différence significative n'a été observée dans la première analyse de survie entre les sous-groupes (B1 vs. B2 et C1 vs. C2), uniquement les résultats de l'analyse de survie ayant considéré les 4 régimes de traitements A, B, C et D sera présentée ci-dessous.

Tableau 4-2-2. Description de l'incidence de lésions actives de dermatite digitée (M1 ou M2) observée selon le protocole de traitement appliqué au cours des 24 semaines de suivi

Protocole de traitement ¹	Taux d'incidence mensuelle ²	% de nouvelles infections ³	Temps d'apparition d'une lésion active (j)		
			Médiane	1 ^{er} quartile	3 ^{ème} quartile
A (n=1917)	4	18	84	53	125
B1 (n=656)	6	22	57	28	77
B2 (n=778)	7	21	28	28	84
C1 (n=491)	3	12	147	83	167
C2 (n=572)	3	13	60	33	119
D (n=1184)	3	14	59	28	107

¹ A : contrôle, pas de traitements collectifs ; B et C : pédiluve avec une solution à 5% de Hoof-Fit Bath® (HFB) appliquée pendant 4 traites successives toutes les 4 semaines (B) ou toutes les 2 semaines (C), avec un régime d'application initial plus intensif dans deux sous-groupes (B1 et C1) consistant à l'application de 5% d'HFB pendant 6 traites consécutives une fois par semaine pendant les 4 premières semaines; D : pulvérisation collective d'une solution à 50% de Hoof-Fit Liquid® pendant 2 traites espacées de 4 jours toutes les 2 semaines

² nombre de nouvelles lésions actives de dermatite digitée (M1 ou M2) observées pour 100 pieds-mois

³ sur les 24 semaines de suivi

Onze facteurs ont été associés à une diminution de l'incidence de DD à un seuil de 20% dans l'analyse univariée (**Tableau 4-2-3**) : l'application de traitements collectifs toutes les 2 semaines *via* un pédiluve de passage (5% HFB) ou en pulvérisation collective (50% HFL), la propreté des membres postérieurs à l'échelle du troupeau, une prévalence initiale de DD faible (< 10% des pieds avec une lésion active M1 ou M2), l'absence d'introduction de primipares pendant le suivi, les races Normandes et autres que les Prim'Holstein, un rang de lactation supérieur à 4, un faible niveau de production laitière, l'accès des vaches aux pâtures, l'absence initiale de lésion de DD (M0) plutôt qu'une lésion cicatricielle (M4), l'absence de lésion active de DD sur le pied controlatéral et la réalisation d'un parage entre la première observation et l'évènement.

Chapitre 4 - Evaluation de l'impact relatif d'un traitement topique collectif et des pratiques d'élevage dans le contrôle de la dermatite digitée

Tableau 4-2-3. Résultats du modèle de Cox utilisé pour estimer l'impact de différents protocoles de traitement, pratiques d'élevage et caractéristiques des animaux sur le temps avant apparition d'une lésion active de dermatite digitée (M1 ou M2) sur les pieds postérieurs mesurée estimé (HR : Hazard ratio)

Facteur	No. de pieds	Analyse univariée		Analyse multivariée	
		HR (95%CI)	p-value	HR (95%CI)	p-value
Protocole de traitement¹			0,05		0,009
A	1917	Reference		Reference	
B	1434	1,91 (0,98-3,71)		1,70 (0,97-2,96)	
C	1063	0,73 (0,37-1,44)		0,75 (0,42-1,33)	
D	1184	0,78 (0,40-1,52)		0,63 (0,35-1,13)	
Taille du troupeau (VL)			0,43		–
29- 50	1098	Reference		–	
51-80	1955	1,32 (0,69-2,53)		–	
81-129	2545	1,55 (0,80-3,01)		–	
Propreté des membres (troupeau)^{2,3}			<10⁻⁵		0,001
Bonne	3451	Reference		Reference	
Moyenne	1515	1,69 (1,38-2,06)		1,54 (1,27-1,88)	
Mauvaise	631	2,65 (1,98-3,54)		2,42 (1,82-3,21)	
Achat de vaches laitières			0,48		–
Oui	862	0,77 (0,37-1,59)		–	
Non	4736	Reference		–	
Système de pâturage			0,85		–
Pâturage au printemps	4885	Reference		–	
Zéro-pâturage	713	0,92 (0,41-2,06)		–	
Type de stabulation			0,69		–
Aire paillée	702	Reference		–	
Logettes	4896	1,17 (0,55-2,50)		–	
Prévalence initiale de DD			0,003		0,001
M1+M2 < 0,10	3154	Reference		Reference	
M1+M2 ≥ 0,10	2444	2,05 (1,27-3,32)		2,09 (1,34-3,23)	
Interventionnisme de l'éleveur⁴			0,67		–
Faible	2225	0,92 (0,39-2,14)		–	
Moyen	2674	0,74 (0,32-1,70)		–	
Elevé	699	Reference		–	
Proportion de primipares			0,06		–
0	791	Reference		–	
0,01-0,10	2184	2,48 (1,15-5,35)		–	
> 0,10	2623	1,84 (0,85-3,97)		–	
Race			0,002		0,01
Prim'Holstein	5115	Reference		Reference	
Normande	352	0,56 (0,29-1,08)		0,51 (0,27-0,94)	
Autres	131	0,31 (0,13-0,73)		0,43 (0,18-1,01)	
Rang de lactation³			0,01		–
1	2166	1,01 (0,84-1,21)		–	
2	1340	1,27 (1,05-1,54)		–	
3	946	1,20 (0,97-1,31)		–	
≥4	1146	Reference		–	
Stade de lactation³			0,50		–
< 90 JEL	2227	1,04 (0,86-1,26)		–	
90-150 JEL	1141	1,11 (0,93-1,31)		–	
>150 JEL	2230	Reference		–	

Chapitre 4 - Evaluation de l'impact relatif d'un traitement topique collectif et des pratiques d'élevage dans le contrôle de la dermatite digitée

Tableau 4-2-3 (suite).

Facteur	No. de pieds	Analyse univariée		Analyse multivariée	
		HR (95%CI)	p-value	HR (95%CI)	p-value
Niveau de production laitière⁵			0,0065		0,05
Faible	1175	Référence		Référence	Faible
Moyen	2945	1,27 (1,06-1,53)		1,24 (1,03-1,49)	Moyen
Elevé	1478	1,41 (1,13-1,75)		1,26 (1,01-1,56)	Elevé
Accès aux pâtures (vache)³			0,07		-
Oui	397	Référence		-	-
Non	5201	1,21 (0,98-1,94)		-	-
Propreté des pieds (vache)³			0,25		-
< 3	4249	Référence		-	-
≥ 3	1349	1,10 (0,94-1,29)		-	-
Stade initial de la DD			<10⁻⁵		<10⁻⁵
Absence de lésion (M0)	3641	Référence		Référence	
Lésion cicatricielle (M4)	1957	3,12 (2,72-3,58)		2,69 (2,34-3,10)	
Présence d'une lésion active sur le pied controlatéral			<10⁻⁵		<10⁻⁵
Oui	1131	2,22 (1,92-2,48)		1,21 (1,50-1,75)	
Non	4467	Référence		Référence	
Pied paré			<10⁻⁵		<10⁻⁵
Oui	563	Référence		Référence	
Non	5035	1,85 (1,45-2,48)		1,76 (1,36-2,27)	

¹A: régime de contrôle, absence de traitement collectif ; B: 5% Hoof-Fit Bath® en pédiluve de passage toutes les 4 semaines ; C: 5% Hoof-Fit Bath® en pédiluve de passage toutes les 2 semaines ; D: 50% Hoof-Fit Liquid® pulvérisé collectivement sur les postérieurs en salle de traite tous les 15 jours

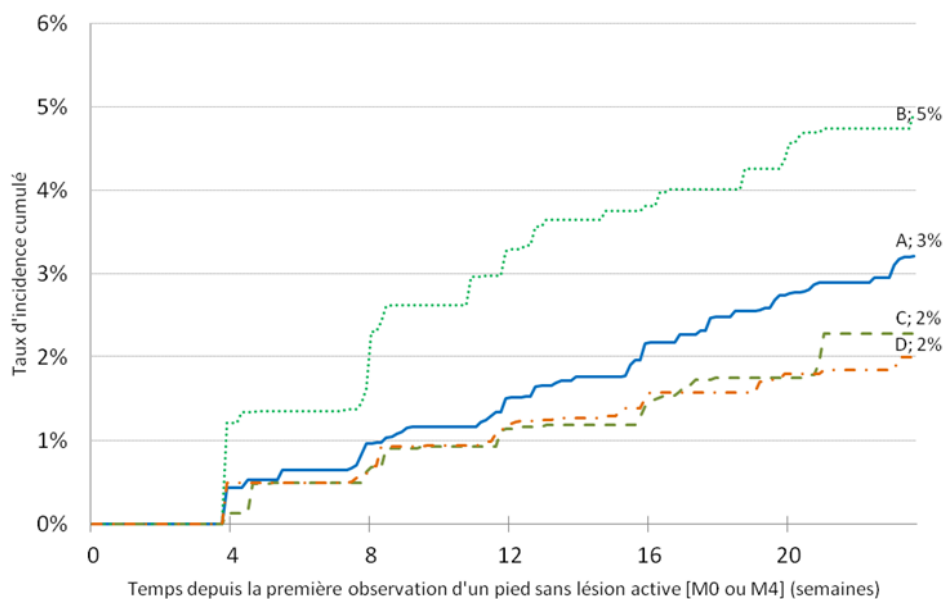
²Proportion de pieds postérieurs notés ≥ 3 (bonne : < 25%; moyenne : 25-49% ; mauvaise : ≥ 50%)

³Covariables dépendantes du temps; nombre de pied en fonction de leur statut lors de leur première observation

⁴Proportion moyenne de pieds postérieurs observés avec une lésion active à une visite et traités individuellement avec de l'OTC entre cette visite et la visite suivante, à l'échelle du troupeau (faible : < 10%; moyen : 11-50%; élevé : > 50%)

⁵Niveau de production laitière estimé sur 305 jours, les seuils ayant été déterminés en fonction de la distribution de la variable par race et par rang de lactation

Après ajustement, 8 facteurs sont restés significativement associés avec une incidence de DD plus faible à un seuil de 5% (**Tableau 4-2-3**) : la propreté des pieds à l'échelle du troupeau laitier, une prévalence initiale de DD faible, la race Normande et les races autre que les Prim'Holstein, une faible production laitière, l'absence initiale de lésion de DD (M0) plutôt qu'une lésion cicatricielle (M4), l'absence de lésion sur le pied controlatéral et la réalisation d'un parage. La **Figure 4-2-2** représente le taux cumulé de nouvelles lésions de DD en fonction du régime de traitement.



Number at risk

A	1917	1913	1576	1470	1352	1161
B	1434	1434	954	805	608	546
C	1063	1059	900	795	750	605
D	1184	1172	1029	906	817	692

Figure 4-2-2. Taux d'incidence de DD cumulé en fonction du régime de traitement (A : régime contrôle, pas de traitements collectifs ; B : 5% Hoof-Fit Bath® en pédiluve toutes les 4 semaines, C : 5% Hoof-Fit Bath® en pédiluve toutes les 2 semaines ; D : 50% Hoof-Fit Liquid® par pulvérisation collective en salle de traite)

L'application de traitements collectifs tous les 15 jours *via* un pédiluve de passage ou par pulvérisation collective a eu tendance à limiter l'incidence de la DD avec respectivement 1,33 (IC 95% : 0,75 – 2,38) et 1,59 (IC 95% : 0,88 – 2,86) fois moins de risque de développer une lésion active en comparaison au régime contrôle. Le risque de développer une lésion active de DD a par contre été 1,70 fois plus élevé (IC 95% : 0,97 – 2,96) lorsque les animaux étaient soumis au régime B, à savoir une application de traitements collectifs toutes les 4 semaines *via* un pédiluve de passage (5% Hoof-Fit Bath®), en comparaison au régime de contrôle sans traitement collectif.

Parmi les caractéristiques liées à chaque exploitation, la propreté des membres postérieurs et une prévalence initiale faible ont été les facteurs les plus fortement associés à un retard de l'apparition de lésions de DD. Ainsi, lorsque la propreté des membres avait été jugée comme étant mauvaise à l'échelle de l'exploitation ($\geq 50\%$ des membres notés ≥ 3), les pieds avaient 2,42 fois plus de risque de développer une lésion active de DD (IC 95% : 1,82 – 3,21) et ce risque descendait à 1,54 (IC 95% : 1,27 – 1,88) lorsque la propreté des membres avait été jugée comme moyenne (entre 25% et 49% des membres notés ≥ 3). De même, lorsque la proportion de pieds notés M1 ou M2 lors de la visite précédant la mise en place des traitements collectifs était supérieure à 10%, les pieds avaient 2,09 fois plus de risque de développer une lésion active de DD (IC 95% : 1,34 – 3,23).

Enfin, les pieds initialement observés avec une lésion cicatricielle (M4) avaient 2,69 fois plus de risque de développer une lésion active de DD que les pieds notés initialement sans lésion de DD (M0) (IC 95% : 2,34 – 3,10) et les pieds qui n'avaient pas été parés avaient 1,76 fois plus de risque de développer une lésion active de DD que ceux qui avaient été parés entre la première observation et l'évènement (IC 95% : 1,36 – 2,27).

2.3.3. Effets indésirables

Dans une exploitation, 3 animaux ayant bu la solution de pédiluve ont présenté des troubles digestifs associés à une profonde dépression. Les symptômes ont pu être associés à l'absorption de la solution car les fèces étaient de la couleur de la solution de pédiluve. Les symptômes ont rétrocedé en quelques jours après l'administration d'un traitement symptomatique.

Des mesures ont été prises pour empêcher que les vaches puissent boire la solution de pédiluve lorsqu'elles attendaient d'être traitées et un répulsif a été rajouté dans la solution de pédiluve.

2.4. Discussion

Cette étude a montré que différents facteurs permettaient de retarder l'apparition de lésions actives de DD. Les traitements collectifs utilisant une solution de minéraux chélatés se sont révélés pouvoir être plus efficaces que l'application seule de traitements individuels pour limiter l'incidence lorsque ces traitements avaient été appliqués au moins toutes les 2 semaines *via* un pédiluve de passage ou par pulvérisation collective sur les postérieurs des vaches pendant la traite. Plusieurs pratiques et conditions d'élevage se sont également révélées pouvoir influencer l'incidence de la DD avec des impacts égaux voire supérieurs à ceux estimés pour les traitements collectifs.

Cette étude présente une approche originale pour évaluer l'impact de différentes mesures sur le contrôle de la DD sur trois aspects. Premièrement, cette étude est la première à avoir mené un essai clinique dans un nombre aussi important d'exploitations commerciales. Cette manière nous a semblée être la plus appropriée pour pouvoir évaluer l'intérêt de l'utilisation de traitements collectifs pour limiter l'incidence. En effet, la diversité des pratiques de traitement mises en place par les éleveurs rend l'évaluation de leur efficacité habituellement difficile si les modalités d'application ne sont pas imposées (**Chapitre 2**). Cependant les essais cliniques cherchant à évaluer leur efficacité sont souvent menés dans un faible nombre d'exploitations alors que les conditions d'élevage sont reconnues comme pouvant impacter à la fois

l'efficacité de ces traitements et la dynamique de la DD (Kofler et al., 2004, Laven, 1999, Teixeira et al., 2010). L'extrapolation des résultats obtenus à des exploitations présentant différentes caractéristiques est alors difficile. Deuxièmement, le fait d'avoir suivi l'évolution du statut des animaux vis-à-vis de la DD au sein d'une étude longitudinale nous a permis de préciser le rôle que pouvait jouer les traitements collectifs mais également les pratiques et conditions d'élevage dans la survenue de lésions actives de DD en vérifiant que ces lésions apparaissaient bien suite à l'exposition à différents facteurs. Nous pouvions ainsi préciser si certaines pratiques avaient bien des effets sur l'incidence et non pas seulement sur la persistance des lésions. Enfin, la mesure de l'impact de protocoles de traitement et de pratiques d'élevage en utilisant une analyse de survie permettait d'estimer leur impact sur la survenue des lésions de DD en termes de capacité à en retarder l'apparition, délai important du fait de la contagiosité des lésions de DD, et de préciser l'exposition à différents facteurs en pouvant considérer que cette exposition n'était pas continue au cours du suivi.

En contrepartie, nous avons dû utiliser une méthode de notation des lésions moins précise que si l'évaluation avait été faite en travail de pareur. Les erreurs de classification des lésions ont ainsi probablement diminué les estimations des effets pour tous les facteurs estimés (Dohoo et al., 2003).

Nous avons pu mettre en évidence qu'un des facteurs qui impactait le plus l'incidence de DD était la propreté des pieds à l'échelle du troupeau. Suite à des études transversales ou des observations de terrain, la propreté des sols avait déjà été de nombreuses fois suggérée comme étant un élément clé dans le contrôle de la DD (Rodriguez-Lainz et al., 1999, Wells et al., 1999). Cette étude a permis de préciser que ce facteur permettait à la fois d'accélérer la guérison des lésions de DD (**Chapitre 4-1**) et de limiter l'apparition de lésions de DD. Dans cette étude, devant la diversité des bâtiments d'élevage, des pratiques de nettoyage et des pratiques de pâturages, nous avons opté pour refléter l'environnement des pieds en mesurant la propreté des membres de la manière décrite par Cook (2006) et Schreiner et Ruegg (2002), plutôt qu'en cherchant à identifier les pratiques d'élevage à l'origine de cette propreté.

L'effet mesuré était donc bien directement celui qui risque d'impacter la survenue des lésions de la DD, à savoir la propreté des pieds, plutôt que les facteurs qui sont responsables de cette propreté. La propreté des pieds dépend en effet de nombreux facteurs, variables en fonction des pratiques de pâturages, du type de logement et des pratiques de nettoyage. Cook (2002) a ainsi suggéré que lorsque les animaux étaient logés dans des stabulations à logettes, leur propreté au niveau des pieds était influencée par 5 paramètres : le nombre de couloirs de logettes, la fréquence et le type de raclage, la densité animale et le confort des logettes. L'impact du type de raclage sur la propreté des membres était lui-même influencé par sa disposition, Cook notant ainsi que des racleurs automatiques mis en action peu fréquemment et devant racler l'aire d'exercice sur de longues distances pouvaient être néfastes à la propreté des pieds car les vaches devaient alors marcher dans de grandes quantités de lisier amassées par le racleur. Barker et al. (2009) ont eux montré que des sols bétonnés et rainurés augmentaient le risque de survenue de la DD en comparaison à un sol bétonné mais non rainuré, suggérant que le fumier pouvait s'accumuler dans les rainures et ainsi rendre l'environnement peu hygiénique. Le type de stabulation a également été incriminé comme pouvant favoriser la DD mais avec des résultats contradictoires. La plupart des études ont observé que la prévalence (Frankena et al., 1991) et l'incidence de DD (Laven, 1999, Somers et al., 2005b) étaient supérieures lorsque les animaux étaient logés en logettes plutôt qu'en aire paillée. Rodriguez-Lainz et al. (1999) avaient observé un effet inverse. Dans cette étude, nous n'avons pas observé d'impact du type de stabulation sur le développement des lésions de DD, mais cela peut venir d'un manque de puissance statistique, la grande majorité des animaux étant logés en logettes. L'accès aux pâtures a également souvent été associé à la fois à une amélioration de la propreté des pieds (Nielsen et al., 2011) et à une diminution de l'incidence de DD (Somers et al., 2003). Malgré la précision de l'exposition à ce facteur permise en utilisant la variable 'accès aux pâtures' comme dépendante du temps, nous n'avons pas mis en évidence d'impact de l'accès aux pâtures sur l'incidence de la DD dans cette étude. Il est possible que cet effet ait été en partie corrélé à la propreté des pieds à l'échelle du troupeau et n'ait ainsi pas pu être mis en évidence.

Cependant, lorsque le facteur 'hygiène des membres' était retiré du modèle, l'impact de l'accès aux pâtures ne ressortait toujours pas comme significatif dans le modèle multivarié (données non montrées). Il est donc possible que cet impact existe mais qu'il ait été trop faible, trop variable ou demande un certain temps avant de pouvoir en mesurer l'effet sur l'apparition des lésions de DD. Enfin, d'autres facteurs pourraient encore être impliqués dans la propreté des pieds, tels que la consistance des matières fécales ou la qualité de nettoyage des couloirs de passage entre logettes (Nuss, 2006). Le rôle de ces différents facteurs mériterait d'être investigué pour préciser les recommandations de conduite d'élevage à faire aux éleveurs.

Le deuxième facteur impactant le plus l'incidence de la DD a été la prévalence initiale de DD mesurée par la proportion de pieds atteints avec une lésion active de DD, M1 ou M2, avant la mise en place des traitements collectifs. Cette observation n'était pas trop surprenante, puisque les lésions de DD sont actuellement considérées comme étant la source principale de tréponèmes. Nous n'avons par contre pas mis en évidence d'interaction entre cette prévalence et le protocole de régime de traitement, limitant les recommandations d'un type de protocole à appliquer en fonction de la prévalence observée. Le fait que la prévalence initiale ait fortement impacté l'incidence de la DD est quand même un élément important à considérer car il suggère que des mesures capables de réduire la prévalence, notamment en améliorant la guérison des lésions actives de DD, permettrait à plus long terme de limiter l'incidence de la DD.

Trois facteurs moins prévus ont été mis en évidence comme impactant l'incidence de la DD : le fait que les animaux soient de race Normande, qu'ils aient eu leurs pieds parés et qu'ils ne présentaient initialement pas de lésion cicatricielle de DD. L'effet race pourrait être dû à des différences de conduite d'élevage, mais cette effet a été également vérifié dans les deux troupeaux élevant autant de vaches Normandes que de vaches Prim'Holstein. Les vaches de race Normande sont pourtant souvent réputées comme étant plus sensibles aux affections podales sur le terrain (Jean Prodhomme, communication personnelle). Il semble que dans le cas de la DD, elles soient moins sensibles à

l'affection, ce qui laisse envisager des sensibilités individuelles variables, soit du fait d'une différence de conformation des pieds, de structure de la peau cutanée ou d'une meilleure immunité. Cet effet 'race' avait également été suggéré dans deux études, avec des vaches de race locale observés moins fréquemment atteintes par la DD, telles que la Meuse-Rhin-Yssel (Holzhauer et al., 2006) ou la Pie-Rouge de l'Est (Rodriguez-Lainz et al., 1999). Ces races ont un niveau de production laitière moins élevé que les vaches de race Prim'Holstein, ce qui pourrait améliorer leur résistance aux maladies en général (Dunklee et al., 1994, Green et al., 2002, Gröhn et al., 1999) et en l'occurrence, à la DD. Il pourrait donc être intéressant d'investiguer quels facteurs individuels permettent d'augmenter la résistance individuelle des animaux à la DD.

Somers et al. (2005a) avaient déjà suggéré, dans une étude transversale, que des parages devaient être réalisés régulièrement afin de limiter la prévalence de DD, ces auteurs conseillant de réaliser un parage sur l'ensemble des animaux au moins 2 fois par an. Dans cette étude, nous avons observé que la réalisation d'un parage retardait la survenue d'une lésion active de DD. Deux hypothèses peuvent être avancées pour expliquer cet effet : soit les animaux ont réellement été atteints par la DD entre 2 observations, traités contre la DD à l'occasion d'un parage et ont guéri suffisamment rapidement pour que la lésion ne soit plus active à la visite suivante, soit la réalisation du parage a permis d'améliorer la conformation des pieds, ce qui a renforcé la résistance des animaux à la DD (Nuss, 2006). Dans tous les cas, la réalisation d'un parage préventif semble être une mesure intéressante pour contrôler la DD car elle permettrait de détecter et traiter des lésions de DD plus précocement et d'améliorer la conformation des onglons. La fréquence optimale reste à préciser car une fréquence trop importante pourrait être néfaste à l'intégrité des sabots, comme cela a été observé dans le contrôle du piétain chez les moutons (Green and George, 2008).

Le fait que les lésions initialement observées à un stade cicatriciel (M4) soient plus à risque de développer une lésion active de DD peut avoir deux explications. Premièrement, du fait que la méthode de notation

employée, il est possible que ces lésions aient été notées comme cicatricielles alors qu'elles n'étaient pas complètement cicatrisées, du fait d'erreurs de classification entre des lésions M1 et M4 ou de l'absence de visualisation de lésions actives dans l'espace interdigité, lésions qui peuvent ensuite s'étendre à l'arrière du pied (**Chapitre 3**). Deuxièmement, plusieurs auteurs ont montré que les lésions cicatricielles notées M4 pouvaient encore héberger des tréponèmes dans les couches profondes de l'épiderme (Döpfer et al., 1997, Mumba et al., 1999). Il est donc possible que ces tréponèmes soient encore vivants lorsque la lésion apparaît cliniquement guérie, et qu'ils soient capables d'induire la formation d'une nouvelle lésion active de DD. Il serait donc intéressant de savoir si ces tréponèmes sont effectivement encore vivants afin de préciser si une lésion dont l'apparence clinique suggère une guérison est effectivement bactériologiquement guérie.

Enfin, jusqu'à présent, l'efficacité de traitements collectifs pour limiter l'incidence de la DD était incertaine. Les études ayant précédemment investigué l'efficacité de traitements collectifs utilisant des solutions désinfectantes sans formol n'avaient pas mis en évidence d'effet de ces traitements sur l'incidence de la DD (Manske et al., 2002, Teixeira et al., 2010, Thomsen et al., 2008). Il est cependant possible que ces traitements aient une certaine efficacité pour limiter l'incidence mais que cette efficacité n'ait pas pu être mise en évidence dans ces études. En effet, soit ces essais n'avaient pas de lot de contrôle négatif (Teixeira et al., 2010), soit le contrôle négatif était un des deux pieds arrières de chaque animal (Manske et al., 2002, Thomsen et al., 2008). Dans ce cas, l'effet préventif des traitements a donc pu être sous-estimé puisqu'un des deux pieds n'était pas soumis au traitement collectif, ce qui a pu augmenter la pression d'infection et donc limiter l'efficacité préventive des traitements sur les pieds traités. Dans une étude évaluant différentes stratégies de contrôle, Holzhauser et al. (2008) avaient ainsi observé que même si l'application d'un pédiluve contenant du formol dilué à 4% pendant 2 traites consécutives, 1 fois par semaine, n'avait pas permis de complètement éviter l'apparition de nouvelles lésions, cette pratique de traitement avait fortement limité l'incidence en comparaison à d'autres

protocoles de traitements collectifs utilisant d'autres produits de traitement ou d'autres régimes d'application. Il est donc important d'avoir un contrôle, positif ou négatif, pour pouvoir juger de l'impact d'un traitement sur l'incidence de la DD, d'autant plus au vu de l'importance des autres facteurs de risque sur l'incidence de la DD.

Dans cet essai, nous avons observé une tendance à une diminution de l'incidence lorsque des traitements collectifs utilisant une solution désinfectante à base de cuivre et de zinc chélatés étaient appliqués toutes les 2 semaines que ce soit *via* un pédiluve de passage ou par pulvérisation collective sur les postérieurs en salle de traite, en comparaison au groupe contrôle sans traitement collectif. Cette tendance était à la limite de la significativité lorsque les traitements avaient été appliqués en pulvérisation collective et les traitements collectifs appliqués toutes les 2 semaines *via* un pédiluve avaient presque les mêmes effets que lorsque les traitements avaient été appliqués par pulvérisation, sauf à la fin de l'essai. Ces traitements collectifs pourraient donc aider à limiter l'incidence de la DD, à condition que les mêmes protocoles soient appliqués, à savoir un respect des dilutions et un nettoyage des pieds au jet d'eau avant traitement. Comme les traitements appliqués en pulvérisation en salle de traite semblent pouvoir moins atteindre l'espace interdigité et n'étaient appliqués que sur les membres postérieurs, on aurait pu s'attendre à ce que ce type d'application soit moins efficace que les pédiluves pour limiter l'incidence. Leur efficacité équivalente peut venir du fait que la concentration en principes actifs était supérieure dans la solution utilisée en pulvérisation collective. Il est également possible que le temps de contact entre le produit et la peau ait été supérieur pour la pulvérisation collective puisque la solution était plus visqueuse et que les animaux ne pouvaient pas se soustraire au traitement, ce qui est possible en pédiluve si les animaux 'courageaient' dans le pédiluve. Un pédiluve plus long permettrait d'assurer un temps de contact supérieur avec les produits de traitement. L'application par pulvérisation est donc un moyen d'application intéressant en alternative avec les pédiluves, car il peut être mis en œuvre dans des exploitations où la mise en place de

pédiluves serait difficile voire impossible. Il permet également d'utiliser moins de produit de traitement que lors d'une application en pédiluve.

Nous n'avons pas mis en évidence d'avantage à appliquer un traitement collectif avec un régime plus intense pendant les 4 premières semaines. Le sous-groupe pour lequel le pédiluve avait été appliqué avec un régime intensif en début d'essai puis tous les 15 jours (C1) avait pourtant un délai d'apparition médian supérieur au même sous-groupe mais sans phase initiale plus intensive (C2). Il est donc possible qu'un régime initial plus intense puisse être intéressant pour limiter l'incidence mais que cette application n'ait pas été réalisée suffisamment longtemps pour avoir un impact notable.

Le choix du régime d'application avait été fait de manière à rester compatible avec l'organisation du travail des éleveurs, ceux-ci ayant tendance à appliquer les traitements collectifs pendant 1 ou 2 traites consécutives par mois ou moins fréquemment en France (**Chapitre 2**), en partie du fait des contraintes pratiques d'application de ces traitements et du coût des traitements. Il pourrait donc être intéressant de vérifier si des applications plus fréquentes, notamment pendant les périodes les plus à risque, *i.e.* lorsque les animaux sont en bâtiment, ne permettrait pas que ces traitements soient plus efficaces pour limiter l'incidence de la DD. Des systèmes automatisés d'application tels que les pédiluves automatiques, permettraient de limiter la quantité de produits appliqués tout en restant peu contraignant d'application à une fréquence plus élevée. Malheureusement, ces systèmes restent encore onéreux.

L'observation d'une augmentation de l'incidence plus importante dans les exploitations où le traitement collectif avait été appliqué toutes les 4 semaines *via* un pédiluve de passage, que dans celles qui n'appliquaient aucun traitement collectif, a été surprenante. Cette augmentation a amené 4 éleveurs à demander à changer de groupe de traitement. Cette observation pourrait être due à un certain biais de sélection. En effet, même si nous avons cherché à limiter ce biais en attribuant les protocoles de traitement par minimisation en

se basant sur la prévalence initiale de DD, il a fallu prendre en compte à la fois la faisabilité de la mise en place des traitements collectifs et l'accord des éleveurs pour participer aux différents groupes de traitement. Il est donc possible que les éleveurs qui ont accepté de participer même si les traitements devaient être appliqués toutes les 2 semaines aient été plus consciencieux que ceux qui n'ont accepté de participer que si les traitements devaient être appliqués toutes les 4 semaines ou moins fréquemment. Il est également possible qu'il existe certains facteurs non pris en compte dans l'analyse, tels que des souches de tréponèmes avec des virulences différentes ou une moindre capacité des animaux à se défendre contre l'infection du fait d'un moins bon état corporel ou de moins bons aplombs, qui pourraient favoriser l'incidence de la DD dans ces troupeaux. L'impact de ces facteurs sur l'incidence serait intéressant à connaître de manière à pouvoir éventuellement les considérer dans d'autres études visant à évaluer l'efficacité de mesures à contrôler la DD. Dans tous les cas, il semble qu'une application de traitements collectifs pendant 4 traites successives toutes les 4 semaines ne présente pas d'intérêt dans le contrôle de la DD puisqu'il n'a permis ni d'améliorer la guérison clinique des lésions de DD (**Chapitre 4-1**) ni d'en limiter l'incidence en comparaison à l'application de traitements individuels seuls.

L'intérêt des traitements collectifs dans le contrôle de la DD semble reposer sur leur capacité à corriger le manque de détection des lésions de DD par les éleveurs. En effet, nous avons montré que les traitements collectifs appliqués au moins tous les 15 jours dans cette étude permettaient d'améliorer la guérison des lésions et notamment de guérir les lésions qui n'avaient pas été suffisamment sévères pour être détectées par les éleveurs (**Chapitre 4-1**). Ces traitements auraient donc un rôle préventif, dans le sens où ils permettent de guérir les lésions avant leur détection par les éleveurs. Leur intérêt pourrait également être dans le fait qu'ils traitent au même moment tous les animaux présents, ce qui permettrait de faire baisser la pression d'infection.

2.5. Conclusion

Les résultats de cet essai ont montré l'importance de la propreté des pieds et d'une faible prévalence initiale pour limiter le développement de lésions de DD, ce qui renforce l'utilité des mesures qui permettent de limiter la persistance des lésions. Les traitements collectifs utilisant une solution désinfectante à base de minéraux chélatés peuvent présenter une aide supplémentaire pour contrôler la DD, mais il est possible qu'ils nécessitent une concentration supérieure ou une application plus fréquente que celles utilisées dans cet essai pour réellement limiter l'incidence de la DD. Leur principal intérêt semble donc reposer sur leur capacité à traiter précocement et concomitamment les lésions de DD, avant leur détection potentielle par les éleveurs. Deux pistes semblent intéressantes à explorer pour retarder l'incidence de la DD : l'identification de pratiques d'élevage permettant d'améliorer la propreté des pieds et l'identification de facteurs individuels qui permettent d'augmenter la résistance des animaux à la DD.

Références bibliographiques

Amory, J. R., Z. E. Barker, J. L. Wright, S. A. Mason, R. W. Blowey, and L. E. Green. 2008. Associations between sole ulcer, white line disease and digital dermatitis and the milk yield of 1824 dairy cows on 30 dairy cow farms in England and Wales from February 2003-November 2004. *Prev. Vet. Med.* 83(3-4):381-391.

Barker, Z. E., J. R. Amory, J. L. Wright, S. A. Mason, R. W. Blowey, and L. E. Green. 2009. Risk factors for increased rates of sole ulcers, white line disease, and digital dermatitis in dairy cattle from twenty-seven farms in England and Wales. *J. Dairy Sci.* 92(5):1971-1978.

Blowey, R., L. E. Green, V. J. Collis, and A. J. Packington. 2004. The effects of season and stage of lactation on lameness in 900 dairy cows. Pages 43-45 in *Proc. 13th Intern. Symp. 5th Conf. Lameness Ruminants*. Zemlic, B., Maribor, Slovenija.

Brujinis, M. R. N., H. Hogeveen, and E. N. Stassen. 2010. Assessing economic consequences of foot disorders in dairy cattle using a dynamic stochastic simulation model. *J. Dairy Sci.* 93(6):2419-2432.

Cha, E., J. A. Hertl, D. Bar, and Y. T. Grohn. 2010. The cost of different types of lameness in dairy cows calculated by dynamic programming. *Prev. Vet. Med.* 97(1):1-8.

Cheli, R. and C. Mortellaro. 1974. Digital dermatitis in cattle. / La dermatite digitale del bovino. Pages 208-213 in *VIII International meeting on diseases of cattle*. VI Congresso della Societa' Italiana di Buiatria, Milan, 1974. Tipografia Editoriale Piacentina Gallarati., Piacenza; Italy.

Cook, N. 2002. The Influence of Barn Design on Dairy Cow Hygiene, Lameness and Udder Health. *Proc. 35th Amer. Assoc. Bovine Pract.* Accessed Dec. 3, 2011. Online: http://www.vetmed.wisc.edu/dms/fapm/publicats/proceeds/THE_INFLUENCE_OF_BARN_DESIGN_ON_DAIRY_COW_HYGIENE.pdf.

Cook, N. 2006. Footbath alternatives. (14 Jul., 2011). Accessed Dec. 3, 2011. Online: <http://www.dairylandhoofcare.com/Articles/New-Articles/Footbath%20Alternatives.pdf>

Cox, D. D. and E. J. Snell. 1966. A general definition of residuals. *J. R. Stat. Soc. B Met.* 30:248-275.

Cox, D. R. 1972. Regression models and life tables. *J. R. Stat. Soc. B Met.* 34:187-220.

Cramer, G., K. D. Lissemore, C. L. Guard, K. E. Leslie, and D. F. Kelton. 2008. Herd- and cow-level prevalence of foot lesions in Ontario dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 91(10):3888-3895.

Cramer, G., K. D. Lissemore, C. L. Guard, K. E. Leslie, and D. F. Kelton. 2009. Herd-level risk factors for seven different foot lesions in Ontario Holstein cattle housed in tie stalls or free stalls. *J. Dairy Sci.* 92(4):1404-1411.

Cruz, C. E., C. A. Pescador, Y. Nakajima, and D. Driemeier. 2005. Immunopathological investigations on bovine digital epidermitis. *Vet. Rec.* 157(26):834-840.

Dohoo, I., W. Martin, and H. Stryhn. 2003. *Veterinary Epidemiologic Research*. 1st ed. University of Prince Edward Island, Charlottetown, Prince Edward Island, Canada.

Döpfer, D., A. Koopmans, F. A. Meijer, I. Szakall, Y. H. Schukken, W. Klee, R. B. Bosma, J. L. Cornelisse, A. J. van Asten, and A. A. ter Huurne. 1997. Histological and bacteriological evaluation of digital dermatitis in cattle, with special reference to spirochaetes and *Campylobacter faecalis*. *Vet. Rec.* 140(24):620-623.

Ducrocq, V., J. Sölkner, and G. Meszaros. 2010. Survival Kit v6 - A software package for survival analysis. in 9th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Leipzig, Germany.

Dunklee, J. S., A. E. Freeman, and D. H. Kelley. 1994. Genetics and breeding - Comparison of Holsteins Selected for High and Average Milk Production. 2. Health and Reproductive Response to Selection for Milk. *J. Dairy Sci.* 77:3683-3690.

Evans, N. J., R. W. Blowey, D. Timofte, D. R. Isherwood, J. M. Brown, R. Murray, R. J. Paton, and S. D. Carter. 2011. Association between bovine digital dermatitis treponemes and a range of 'non-healing' bovine hoof disorders. *Vet. Rec.* 168(8):214.

Evans, N. J., J. M. Brown, I. Demirkan, R. D. Murray, W. D. Vink, R. W. Blowey, C. A. Hart, and S. D. Carter. 2008. Three unique groups of spirochetes isolated from digital dermatitis lesions in UK cattle. *Vet. Microbiol.* 130(1-2):141-150.

Evans, N. J., D. Timofte, S. D. Carter, J. M. Brown, R. Scholey, D. H. Read, and R. W. Blowey. 2010. Association of treponemes with bovine ulcerative mammary dermatitis. *Vet. Rec.* 166(17):532-533.

Frankena, K., E. N. Stassen, J. P. Noordhuizen, J. O. Goelema, J. Schipper, H. Smelt, and H. Romkema. 1991. Prevalence of lameness and risk indicators for dermatitis digitalis (Mortellaro disease) during pasturing and housing of dairy cattle. Pages 107-118 in *Proc. Ann. meeting Soc. Vet. Epidemiology and Preventive Medicine*, London, UK.

Gomez, A., N. Cook, D. Döpfer, N. Bernardoni, A. Dusick, and D. Read. 2011. An experimental infection model for digital dermatitis. Page 15 in *Proc. 16th Intern. Symp. 8th Conf. Lameness Ruminants*. Laven, R., Rotorua, New Zealand.

Green, L. E., J. Borkert, G. Monti, and N. Tadich. 2010. Associations between lesion-specific lameness and the milk yield of 1,635 dairy cows from seven herds in the Xth region of Chile and implications for management of lame dairy cows worldwide. *Anim. Welfare* 19(4):419-427.

Green, L. E. and T. R. George. 2008. Assessment of current knowledge of footrot in sheep with particular reference to *Dichelobacter nodosus* and implications for elimination or control strategies for sheep in Great Britain. *Vet. J.* 175(2):173-180.

Green, L. E., V. J. Hedges, Y. H. Schukken, R. W. Blowey, and A. J. Packington. 2002. The impact of clinical lameness on the milk yield of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85(9):2250-2256.

Gröhn, Y. T., J. J. McDermott, Y. H. Schukken, J. A. Hertl, and S. W. Eicker. 1999. Analysis of correlated continuous repeated observations: modelling the effect of ketosis on milk yield in dairy cows. *Prev. Vet. Med.* 39(2):137-153.

Holzhauser, M., D. Döpfer, J. de Boer, and G. van Schaik. 2008. Effects of different intervention strategies on the incidence of papillomatous digital dermatitis in dairy cows. *Vet. Rec.* 162(2):41-46.

- Holzhauser, M., C. Hardenberg, C. J. Bartels, and K. Frankena. 2006. Herd- and cow-level prevalence of digital dermatitis in the Netherlands and associated risk factors. *J. Dairy Sci.* 89(2):580-588.
- Kalbfleisch, J. D. and R. L. Prentice. 2002. *The Survival Analysis of Failure Time Data*. 2nd ed. Wiley Series in Probability and Statistics. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey.
- Klitgaard, K., M. Boye, N. Capion, and T. K. Jensen. 2008. Evidence of multiple treponema phylotypes involved in bovine digital dermatitis as shown by 16S rRNA gene analysis and fluorescence in situ hybridization. *J. Clin. Microbiol.* 46(9):3012-3020.
- Kofler, J., M. Pospichal, and M. Hofmann-Parisot. 2004. Efficacy of the non-antibiotic paste Protexin Hoof-Care for topical treatment of digital dermatitis in dairy cows. *J. Vet. Med. Ser. A* 51(9-10):447-452.
- Laven, R. A. 1999. The environment and digital dermatitis. *Cattle Practice* 7:349-355.
- Laven, R. A. and D. N. Logue. 2006. Treatment strategies for digital dermatitis for the UK. *Vet. J.* 171(1):79-88.
- Manske, T., J. Hultgren, and C. Bergsten. 2002. Topical treatment of digital dermatitis associated with severe heel-horn erosion in a Swedish dairy herd. *Prev. Vet. Med.* 53(3):215-231.
- Mumba, T., D. Döpfer, C. Kruitwagen, M. Dreher, W. Gaastra, and B. A. van der Zeijst. 1999. Detection of spirochetes by polymerase chain reaction and its relation to the course of digital dermatitis after local antibiotic treatment in dairy cattle. *J. Vet. Med. Ser. B* 46(2):117-126.
- Nielsen, B. H., P. T. Thomsen, and J. T. Sørensen. 2011. Identifying risk factors for poor hind limb cleanliness in Danish loose-housed dairy cows. *Animal* 5(10):1613-1619.
- Nuss, K. 2006. Footbaths: the solution to digital dermatitis? *Vet. J.* 171(1):11-13.
- Offer, J. E., D. N. Logue, and D. McNulty. 2000. Observations of lameness, hoof conformation and development of lesions in dairy cattle over four lactations. *Vet. Rec.* 147(4):105-109.

Read, D. and R. Walker. 1996. Experimental transmission of papillomatous digital dermatitis (footwarts) in cattle. *Vet. Pathol.* 33:607.

Rodriguez-Lainz, A., P. Melendez-Retamal, D. W. Hird, D. H. Read, and R. L. Walker. 1999. Farm- and host-level risk factors for papillomatous digital dermatitis in Chilean dairy cattle. *Prev. Vet. Med.* 42(2):87-97.

Schreiner, D. A. and P. L. Ruegg. 2002. Effects of tail docking on milk quality and cow cleanliness. *J. Dairy Sci.* 85(10):2503-2511.

Sogstad, A. M., O. Osteras, and T. Fjeldaas. 2006. Bovine claw and limb disorders related to reproductive performance and production diseases. *J. Dairy Sci.* 89(7):2519-2528.

Somers, J. G., K. Frankena, E. N. Noordhuizen-Stassen, and J. H. Metz. 2003. Prevalence of claw disorders in Dutch dairy cows exposed to several floor systems. *J. Dairy Sci.* 86(6):2082-2093.

Somers, J. G., K. Frankena, E. N. Noordhuizen-Stassen, and J. H. Metz. 2005a. Risk factors for digital dermatitis in dairy cows kept in cubicle houses in The Netherlands. *Prev. Vet. Med.* 71(1-2):11-21.

Somers, J. G., W. G. Schouten, K. Frankena, E. N. Noordhuizen-Stassen, and J. H. Metz. 2005b. Development of claw traits and claw lesions in dairy cows kept on different floor systems. *J. Dairy Sci.* 88(1):110-120.

Teixeira, A. G. V., V. S. Machado, L. S. Caixeta, R. V. Pereira, and R. C. Bicalho. 2010. Efficacy of formalin, copper sulfate, and a commercial footbath product in the control of digital dermatitis. *J. Dairy Sci.* 93(8):3628-3634.

Thomsen, P. T., J. T. Sørensen, and A. K. Ersbøll. 2008. Evaluation of three commercial hoof-care products used in footbaths in Danish dairy herds. *J. Dairy Sci.* 91(4):1361-1365.

Vink, D. 2004. Bovine digital dermatitis: from aggravation to intervention.

Accessed Dec. 3, 2011. Online:

<http://epicentre.massey.ac.nz/daan42/Professional/Stirling.PDF>.

Vink, W. D. 2006. Investigating the epidemiology of Bovine Digital Dermatitis: causality, transmission and infection dynamics. Page 267. University of Liverpool, Liverpool, UK.

Wells, S. J., L. P. Garber, and B. A. Wagner. 1999. Papillomatous digital dermatitis and associated risk factors in US dairy herds. *Prev. Vet. Med.* 38(1):11-24.

Chapitre 5

Evaluation de l'impact de la dermatite digitée sur la production laitière de vaches de race Prim'Holstein



1 - Introduction

Devant le manque de détection et de prise en charge des troubles locomoteurs par les éleveurs, des experts de l'European Food Safety Authority (EFSA) ont récemment recommandé la mise en place de programmes de prévention des troubles locomoteurs comme une des mesures prioritaires pour améliorer le bien-être des vaches laitières (Anonymous, 2009). Cependant, comme aucun financement ou label ne vient contrebalancer les coûts de ces programmes, leur mise en œuvre repose actuellement uniquement sur la volonté des éleveurs. Même si les éleveurs sont conscients de la douleur engendrée par les troubles locomoteurs et cherchent à diminuer leur fréquence (Leach et al., 2010b), les mesures incluses dans les programmes de prévention ne seront effectivement mises en place par les éleveurs qu'aux conditions d'être à la fois compatibles avec leur organisation du travail et accompagnées d'une certaine rentabilité économique (Leach et al., 2010a). Cette rentabilité dépend de la balance entre les pertes dues aux troubles locomoteurs et les coûts engendrés par la mise en place de mesures de prévention et *in fine* du gain attendu par la mise en place de ces mesures de prévention (McInerney et al., 1992).

Cette problématique est au cœur de la prévention de la dermatite digitée (DD), une des trois affections podales les plus fréquemment rencontrées dans les exploitations bovines laitières en Europe et aux Etats-Unis (Cramer et al., 2009b, Manske et al., 2002, Somers et al., 2003). En effet, même si des mesures existent pour prévenir la DD, telles que l'application régulière de désinfectants *via* des pédiluves, celles-ci sont souvent peu ou inconstamment appliquées dans les exploitations bovines laitières françaises (**Chapitre 2**, Auzanneau, 2009). Une des raisons de la mauvaise observance de ces traitements est le coût de la mise en œuvre des traitements, que ce soit en termes de coût de travail ou en coût de produits de traitement, alors que les éleveurs ne perçoivent pas le gain que pourrait amener la maîtrise de la DD dans leur exploitation.

En effet, alors que l'impact zootechnique de lésions telles que les ulcères de la sole ou la maladie de la ligne blanche est bien documenté, tant sur les performances de production laitière (Amory et al., 2008, Warnick et al., 2001) que sur les performances de reproduction (Hultgren et al., 2004, Sogstad et al., 2006) ou les risques de réformes prématurées (Cramer et al., 2009a), l'impact zootechnique de la DD reste lui plus controversé. Hernandez et al. (2001) et Argaez-Rodriguez et al. (1997) ont montré que la DD avait des effets néfastes sur les performances de reproduction, allongeant l'intervalle entre vêlages de 30 à 40 jours. Cramer et al. (2009a) n'ont eux trouvé aucun risque supplémentaire de réforme lorsqu'une vache avait présenté une lésion de DD au cours de sa dernière lactation. L'impact de la DD sur la production laitière est l'impact le plus controversé. Certains auteurs n'ont mis en évidence aucune perte de production laitière liées à la DD (Amory et al., 2008, Ettema et al., 2007), d'autres ont mis en évidence des pertes faibles et non significatives (Hernandez et al., 2002a, Warnick et al., 2001). Une étude enfin a mis en évidence des pertes élevées et significatives (Pavlenko et al., 2011).

Il est donc difficile de dégager une valeur moyenne de perte de production laitière associée à la DD à partir de ces études, d'autant plus qu'il existe des différences entre les méthodologies employées pour estimer l'impact de la DD, essentiellement liées à la définition d'un cas de DD. Certaines études n'ont en effet analysé l'impact de la DD uniquement si les lésions de DD étaient associées à l'observation de boiterie (Hernandez et al., 2002a, Warnick et al., 2001), tandis que d'autres se sont basées sur les lésions observées en travail de pareur de toutes les vaches en lactation (Amory et al., 2008, Ettema et al., 2007). Or, alors qu'une lésion d'ulcère de la sole est quasi-systématiquement associée à la présence de boiterie (Chapinal et al., 2009, Tadich et al., 2009), il n'en est pas de même pour une lésion de DD. Celle-ci se manifeste par des boiteries d'intensité variable en fonction du stade lésionnel observé, de la localisation de la lésion, de sensibilités individuelles des vaches et du type de sol (Frankena et al., 2009, Hernandez and Shearer, 2000, Read and Walker, 1998). Une sélection des cas basée sur un critère d'observation de signes de boiterie aura ainsi pour conséquence d'estimer des

pertes supérieures à celles estimées lorsque toutes les lésions détectées en travail de parturition ont été considérées (Amory et al., 2008, Ettema et al., 2007). Par ailleurs, la plupart des études précédentes ont défini un cas de DD comme la présence d'une lésion de DD, quel que soit le stade lésionnel observé. Or, la douleur engendrée par la DD est d'intensité différente selon le stade lésionnel observé (Frankena et al., 2009, Holzhauser et al., 2008) et la proportion de ces stades peut varier d'une exploitation à l'autre (Manske et al., 2002, Relun et al., 2011a). Les estimations ont donc pu différer entre études du fait d'une différence de sévérité de la DD dans les exploitations sélectionnées, limitant l'extrapolation des résultats à des exploitations présentant des lésions de sévérités différentes. La prise en compte du stade lésionnel observé permettrait donc d'affiner l'estimation de l'impact de la DD sur la production laitière et d'améliorer l'extrapolation des résultats entre exploitations.

L'objectif de cette étude était ainsi d'estimer l'effet de lésions actives de DD sur la production laitière à court-terme de vaches de race Prim'Holstein dans des exploitations bovines laitières françaises où la DD est endémique, en prenant en compte le stade lésionnel observé.

2 - Matériel et méthode

2.1. Population d'étude

Les données utilisées dans cette étude sont issues de données collectées dans le cadre d'un essai clinique visant à évaluer l'efficacité de différents régimes d'un traitement collectif (**Chapitre 4**). Cette étude a été menée de novembre 2009 à octobre 2010 dans 52 exploitations laitières commerciales de l'Ouest de la France. L'étude originale incluait 4677 vaches laitières, majoritairement de race Prim'Holstein. Le détail de la sélection des exploitations de cette étude et les caractéristiques des animaux inclus sont disponibles dans le **Chapitre 4**. En bref, les exploitations ont été sélectionnées sur leur historique d'affection par la dermatite digitée (> 1 an : endémicité de la DD), leur système de traite (salle de traite : lieu de notation de la DD) et leur adhésion au contrôle laitier. Parmi les exploitations, une exploitation

n'avait aucune donnée de contrôle laitier. La plupart des exploitations étaient équipées de logettes (n=45), 7 exploitations logeant leurs vaches laitières sur aire paillée. 6 exploitations étaient en système zéro-pâturage, les autres (n=46) sortant les vaches en lactation au pâturage au printemps. En moyenne 70 vaches étaient traitées par exploitation (29 à 129 vaches), 2 fois par jour. La production moyenne des vaches était de 8937 kg sur une lactation de 305 jours pour les vaches de race Prim'Holstein (allant de 5357 à 12636 kg). Durant cette étude, les éleveurs traitaient les lésions de DD soit par application de traitements topiques individuels seuls sur les lésions qu'ils détectaient (n=17), soit par application de traitements topiques individuels et collectifs (pulvérisation collective en salle de traite, n=13 ; pédiluve de passage, n=22), les traitements collectifs étant appliqués pendant 2 jours tous les 15 jours ou toutes les 4 semaines.

2.2. Collecte des données

Comme pour la population d'étude, le lecteur pourra se référer au **Chapitre 4** pour connaître le détail de la collecte des données. En bref, les 52 exploitations ont été visitées 8 fois, à intervalles d'environ 4 semaines, par 14 investigateurs formés par le premier auteur. Durant les visites d'exploitation, les pieds postérieurs de toutes les vaches en lactation ont été examinés en salle de traite et notés selon la méthode développée par Relun et al. (2010, Chapitre 3), avec une notation en 4 stades adaptée à partir des stades définis par Döpfer et al. (1997). Ce système de notation permet de différencier les lésions de DD en fonction de l'évolution de la maladie. Toutes les lésions de DD sont caractérisées par des lésions circonscrites situées sur la peau digitée. Deux stades représentent les lésions actives, *i.e.* potentiellement infectieuses et douloureuses : le stade M1 (stade précoce), lésion érosive < 2 cm de diamètre et le stade M2 (stade aigu), lésion ulcérateuse à granulomateuse > 2 cm de diamètre. Un stade représente les lésions chroniques inactives (M4 : lésion, dyskératosique, proliférative ou les 2) et le dernier stade représente l'absence de lésion de DD (M0). Les données sur l'état de santé des animaux étaient renseignées par les éleveurs sur leurs carnets sanitaires et des feuilles

de parages, collectés par les investigateurs à chaque visite. Les données sur les parités, les dates de vêlage et les données de production laitière ont été extraites à partir des fichiers du contrôle laitier des années 2009 et 2010. Les contrôles laitiers étaient effectués mensuellement dans les exploitations, sauf en août.

2.3. Analyse des données

Les données brutes ont d'abord été saisies dans une base de données Access (Microsoft Corp., Redmont, WA), puis transférées dans le logiciel SAS version 9.1.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC) afin de construire les variables d'intérêt et effectuer les analyses statistiques.

Afin de mesurer l'impact de la sévérité d'atteinte par la DD sur la production laitière au jour du contrôle, le statut vis à vis de la DD a été défini à l'échelle d'un animal en 3 catégories : atteinte nulle (scores M0 et/ou M4 sur les deux pieds), modérée (score M1 sur un ou sur les deux pieds et aucun score M2) et sévère (score M2 sur un ou sur les deux pieds). Si à l'issue de l'analyse statistique, aucune différence n'était observée entre les atteintes modérée et sévère, l'analyse était reconduite en utilisant une nouvelle variable binaire regroupant les catégories modérées et sévères.

Le statut des animaux vis à vis de la DD pouvant évoluer entre deux visites successives et entre une visite et le contrôle laitier suivant la visite, une sélection des données a été nécessaire afin de limiter les biais de classement (**Figure 5-1**). Seuls ont été inclus dans l'analyse les contrôles associés à une visite pour laquelle le statut des animaux vis à vis de la DD était connu dans les 45 jours précédant et les 45 jours suivant la visite, soit 3 visites successives espacées de moins de 45 jours, la deuxième au moins étant associée à un contrôle laitier. Une lésion de DD pouvant avoir un effet sur plus d'un mois de lactation et la lésion pouvant être apparue plusieurs jours avant d'être détectée, les données correspondant au statut « sans atteinte de DD » n'ont été conservées dans l'analyse que si le statut des animaux à la visite précédente et à la visite suivante était également sain. Seules les données de contrôles ayant

eu lieu moins de 30 jours après une visite ont été conservées pour l'analyse. Une variable a été construite afin d'ajuster sur le délai entre la visite et le contrôle laitier en deux catégories : délai court (0-14 jours) et délai long (15-30 jours) et ainsi prendre en compte une éventuelle évolution des lésions entre la visite d'exploitation, donc la notation des lésions, et le contrôle laitier suivant. Seuls les contrôles laitiers effectués dans les 340 jours en lait (**JEL**) ont été conservés dans l'analyse. Du fait des faibles effectifs présents dans chaque race, la race n'a pas pu être incluse comme variable d'ajustement et seules les données issues de vaches de race Prim' Holstein ont été incluses dans l'analyse. Enfin, les données collectées par un investigateur (3 exploitations) ont été exclues de l'analyse car les notations de la DD réalisées par cet investigateur étaient trop discordantes de celles réalisées par les autres investigateurs (Relun et al., 2011b).

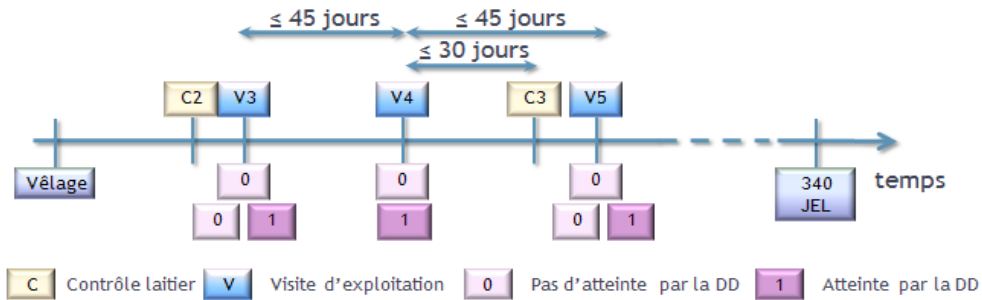


Figure 5-1. Critères choisis dans la sélection des données à analyser pour estimer l'impact de la dermatite digitée (DD) sur la production laitière au jour du contrôle (JEL : jours en lait)

L'impact de la dermatite digitée sur la production laitière a été estimé à l'aide d'un modèle d'analyse de variance à effet mixte, en utilisant la PROC MIXED. La variable d'intérêt était la production laitière d'un animal au jour du contrôle laitier, exprimée en kg/j. Celle-ci pouvait varier en fonction du statut de la vache vis à vis de la DD à la visite précédant le contrôle et de plusieurs variables d'ajustement connues comme pouvant influencer la

production laitière. Deux analyses ont été effectuées séparément, une pour les primipares, et une pour les multipares.

Six facteurs ont été inclus comme variables d'ajustement dans les deux modèles : le stade de lactation (0-100 JEL, 101-200 JEL, > 200 JEL), la saison de vêlage (Janvier-Mars, Avril-Juin, Juillet-Septembre, Octobre-Décembre), la présence de maladie ou d'intervention vétérinaire débilante dans les 30 jours précédant le contrôle (oui, non), l'accès à la pâture dans les 30 jours précédant le contrôle (oui, non), le type de stabulation (logette, aire paillée) et le délai entre le contrôle et la visite précédente (0-14 jours, 15-30 jours). Les maladies incluses comme pouvant influencer la production laitière sont les suivantes : mammites, boiteries autres que DD, dystocie, avortement, troubles métaboliques, troubles digestifs, troubles respiratoires, troubles cardiaques, troubles neurologiques, langue de bois, césarienne et autre intervention chirurgicale. L'âge au premier vêlage étant connu comme potentiel facteur impactant la production laitière en première lactation (Ettema and Santos, 2004, Losinger and Heinrichs, 1997), ce facteur a été ajouté comme variable d'ajustement dans le modèle « primipares » avec deux catégories d'âge au vêlage (< 700 jours, \geq 700 jours). Les seuils des catégories ont été définis en suivant les recommandations de Ettema et al (2004). Le rang de lactation (2, 3, 4 et plus) et le niveau de production (faible, modéré, élevé) ont été ajoutés comme variables d'ajustement dans le modèle « multipares ». Les seuils ont été définis pour chaque niveau de production en prenant les terciles de production laitière de la lactation précédente pour chaque rang de lactation, cette production ayant été estimée sur une lactation de 305 jours.

Les interactions entre le statut DD et les variables d'ajustement ont été testées, ainsi qu'entre le rang et le stade de lactation dans le modèle multipares. Un effet aléatoire au niveau de l'exploitation a été inclus dans chaque modèle afin de prendre en compte la corrélation des données de production laitière issues d'un même troupeau. Chaque modèle incluait également une matrice de corrélation de type SP(POW) (Spatial Power covariance structure), basée sur la durée entre un contrôle laitier et le vêlage précédant, afin de prendre en compte la corrélation entre contrôles laitiers

d'une même vache dans le temps. Cette matrice d'auto-corrélation a été choisie plutôt qu'une matrice autorégressive de rang 1 car les délais entre contrôles laitiers pouvaient varier et que l'utilisation de cette matrice donnait la meilleure adéquation du modèle aux données en se basant sur le critère d'Akaike (Akaike, 1974).

Les deux modèles ont donc été écrits de la manière suivante :

avec

et

sachant que

PJC_{ijk} représente la production laitière au jour du contrôle d'une vache i appartenant à l'exploitation j au mois de contrôle t . μ représente la production laitière moyenne en l'absence de covariables. βDD représente l'effet du statut DD d'une vache i à la visite précédant le contrôle t sur la production laitière au mois de contrôle t . $\beta_l X_l$ représente l'effet de la covariable l , sachant qu'en fonction de la covariable, celle-ci peut varier entre chaque contrôle, chaque vache ou chaque exploitation. u_j représente l'effet aléatoire lié à l'exploitation. ε_{ijt} correspond au résidu au contrôle t , les résidus suivant une loi normale multidimensionnelle dont la matrice de variances-covariances dépend du délai d_{t-t-1} entre deux contrôles exprimé en jours.

La sélection des variables a été effectuée de manière pas-à-pas descendante, en forçant le statut DD et en ne gardant dans le modèle que les variables d'ajustement ou interactions influençant significativement les résultats du modèle à la valeur seuil $p=0,05$. La présence de facteurs de

confusion a été recherchée en vérifiant que les estimés n'étaient pas changés de plus de 20% lorsqu'une variable était retirée du modèle. Dans l'affirmative, la variable était conservée dans le modèle.

L'adéquation du modèle final aux données a été testée en vérifiant l'adéquation de la distribution des résidus studentisés à une loi normale centrée réduite, graphiquement en traçant la valeur des résidus studentisés en fonction de la valeur de production laitière qui leur était associée et par le test de Kolmogorov-Smirnov complété d'une vérification des coefficients de skewness (vérification de la symétrie de la loi normale) et de kurtosis (vérification du degré d'aplatissement de la loi normale) dont les valeurs doivent être comprises entre -2 et +2.

3 - Résultats

3.1. Statistiques descriptives

Le jeu de données après sélection était constitué de 7604 contrôles laitiers correspondant à 1783 vaches issues de 41 exploitations. 698 vaches ont été contrôlées en 1^{ère} lactation (3014 contrôles) et 1085 en 2^{ème} lactation et plus (4590 contrôles). Respectivement, 38% et 41% des primipares et des multipares ont été affectées au moins une fois par la DD au cours de leur lactation. 50% des vaches en 1^{ère} et 2^{ème} lactation ont été atteintes pendant 1 à 3 contrôles tandis que 50% de celles en lactation 3 et plus ont été atteintes pendant 1 à 2 contrôles. La proportion d'animaux affectés par la DD en fonction de leur parité, de la sévérité de l'atteinte et des caractéristiques des animaux à chaque contrôle laitier, est présentée dans le **Tableau 5-1**. Dans l'échantillon de l'étude, les primipares étaient moins sévèrement atteintes en fin de lactation ($p=0,002$), lorsque le vêlage avait lieu entre avril et juin ($p=0,0005$) et qu'elles étaient âgées de plus de 700 jours à leur premier vêlage ($p\leq 0,0001$). L'atteinte était également moins sévère lorsque ces primipares avaient accès au pâturage ($p\leq 0,0001$) et étaient logées en aire paillée

($p=0,004$). Parmi les multipares, les vaches en parité 4 et plus étaient moins sévèrement atteintes que les vaches en 2^{ème} et 3^{èmes} parités ($p\leq 0,0001$ et $p=0,0002$). Cette atteinte était également moins marquée lorsqu'elles avaient accès aux pâtures ($p\leq 0,0001$). Les multipares avec un niveau de production laitière, à la lactation précédente, moyen étaient moins atteintes que celles qui avaient un niveau de production faible ($p\leq 0,0001$) ou élevé ($p=0,002$) et celles qui avaient eu un niveau de production élevé étaient moins atteintes que celles qui avaient eu un niveau de production faible ($p=0,008$).

Chapitre 5- Evaluation de l'impact de la dermatite digitée sur la production laitière de vaches de race Prim'Holstein

Tableau 5-1. Proportion d'animaux affectés par la dermatite digitée (DD) en fonction de leur parité, la sévérité de l'atteinte et des caractéristiques des animaux à chaque contrôle laitier

Facteur (%)	d'exposition	Degré d'atteinte par la DD ¹							
		Primipares (n=3014)			Multipares (n=4590)				
		No. ²	Nullé (n=2466)	Modérée (n=245)	Sévère (n=303)	No. ²	Nullé (n=3767)	Modérée (n=484)	Sévère (n=339)
Rang de lactation									
1		3014	81,8	8,1	10,1	–	–	–	–
2		–	–	–	–	1952	80,3	11,1	8,6
3		–	–	–	–	1255	81,0	10,9	8,1
≥ 4		–	–	–	–	1383	85,5	9,4	5,1
Stade de lactation³									
0-100 JEL		414	80,2	8,2	11,6	715	81,1	10,4	8,5
101-200 JEL		1308	81,5	7,0	11,5	2104	83,0	9,9	7,1
> 200 JEL		1292	82,6	9,3	8,1	1771	81,3	11,4	7,3
Niveau de production⁴									
Faible		–	–	–	–	1514	78,7	12,8	8,6
Moyen		–	–	–	–	1525	85,2	9,6	5,2
Elevé		–	–	–	–	1551	82,3	9,3	8,4
Age au 1^{er} vêlage									
< 700 j		107	63,6	17,8	18,7	–	–	–	–
≥ 700 j		2907	82,5	7,8	9,7	–	–	–	–
Saison de vêlage									
janvier-mars		313	79,6	7,7	12,8	382	83,8	9,4	6,8
avril-juin		280	84,3	11,4	4,3	292	79,8	15,1	5,1
juillet-septembre		1281	81,0	8,7	10,4	1873	81,6	10,7	7,7
octobre-décembre		1140	82,8	6,8	10,4	2043	82,5	9,9	7,5
Maladie débilitante^{5,6}									
non		2846	82,2	8,0	9,8	4272	82,2	10,5	7,3
oui		168	76,2	10,1	13,7	318	80,2	10,7	9,1
Accès aux pâtures⁵									
non		2125	78,0	9,4	12,7	3130	80,3	11,1	8,7
oui		889	91,0	5,2	3,8	1460	86,0	9,5	4,6
Type de stabulation									
Aire paillée		298	88,9	5,0	6,0	486	84,2	10,1	5,8
Logettes		2716	81,0	8,5	10,5	4104	81,8	10,6	7,6
Délai entre visite et contrôle									
0-14 j		1968	83,1	8,1	8,8	3132	82,3	11,5	6,2
15-30 j		1046	79,5	8,1	12,4	1458	81,7	8,4	9,9

¹ degré d'atteinte par animal à la visite précédant le contrôle : nulle = M0 ou M4 sur les deux pieds postérieurs ; modérée = M1 sur un ou les deux pieds postérieurs ; sévère = M2 sur un ou deux pieds postérieurs

² nombre de contrôles laitiers

³ JEL : jours en lait

⁴ niveau de production laitière à la lactation précédente, les seuils de catégories étant définis par terciles par parité en fonction de leur production estimée à 305-jours lors de la lactation précédente

⁵ dans les 30 jours précédant le contrôle

⁶ mammites, boiteries autres que DD, césarienne, dystocie, avortement, troubles métaboliques, troubles digestifs, troubles respiratoires, troubles cardiaques, troubles neurologiques, intervention chirurgicale, langue de bois, vaccination

3.2. Impact de la DD sur la production laitière

Chez les primipares, les résultats de la première analyse multivariée, indiquent que 4 facteurs ont significativement influencé la production laitière : l'atteinte par la DD, le stade de lactation, la saison de vêlage et l'accès aux pâtures. En comparaison à une primipare non atteinte par la DD, les primipares atteintes par la DD produisaient en moyenne 0,73 kg/ jour en moins (IC 95% : 0,23-1,23 kg/j) quand l'atteinte était modérée et 0,49 kg/ j (IC 95% : -0,03-1,00 kg/j) en moins lorsque l'atteinte était sévère. La différence de production entre des primipares atteintes de manière modérée ou sévère n'était cependant pas significative ($p=0,44$). Une deuxième analyse a donc été réalisée en regroupant les stades modérés et sévères. Les résultats de cette seconde analyse sont présentés dans le **Tableau 5-2**. Les mêmes facteurs ont influencé la production laitière, mais l'atteinte par la DD a impacté la production laitière de manière différente en fonction de l'accès ou non aux pâtures et du stade de lactation des animaux. Ainsi, lorsque les primipares n'avaient pas d'accès aux pâtures, celles atteintes de DD produisaient en moyenne 0,63 kg/j (IC 95% : 0,18-1,09) de lait en moins que les vaches non atteintes alors qu'aucun effet significatif n'était observé lorsqu'elles avaient accès aux pâtures ($p=0,45$). De même, les primipares produisaient 0,81 kg/j (IC 95% : 0,23-1,39) de lait en moins lorsqu'elles étaient atteintes par la DD en fin de lactation (> 200 JEL), mais la différence n'était pas significative ni en début ($p=0,30$), ni en milieu de lactation ($p=0,70$).

Chapitre 5- Evaluation de l'impact de la dermatite digitée sur la production laitière de vaches de race Prim'Holstein

Tableau 5-2. Association entre les effets fixes du modèle final et la production laitière au jour du contrôle (kg/l) chez les vaches en première lactation (n=3014 contrôles)

Facteur d'exposition	Effet moyen	IC 95%		Production moyenne (kg/j)	IC 95%	
		Borne inférieure	Borne supérieure		Borne inférieure	Borne supérieure
Intercept	25,23	24,31	26,15	–	–	–
Atteinte par la DD¹						
Nulle	Référence	–	–	26,13	25,74	27,86
Modérée ou sévère	-0,32	-1,15	0,51	25,99	25,40	26,61
Stade de lactation²						
0-100 JEL	3,16	2,22	4,41	27,26	26,67	27,86
101-200 JEL	1,73	1,09	2,36	26,15	25,69	26,61
> 200 JEL	Référence	–	–	24,76	24,34	25,19
Saison de vêlage						
janvier-mars	0,13	-0,87	1,13	26,92	26,04	27,79
avril-juin	-1,61	-2,67	-0,54	25,18	24,23	26,14
juillet-septembre	-1,44	-2,16	-0,71	25,35	24,80	25,90
octobre-décembre	Référence	–	–	26,79	26,23	27,34
Accès aux pâtures³						
non	-0,29	-1,15	0,58	26,16	25,78	26,54
oui	Référence	–	–	25,96	25,40	26,52
Interaction^{2,4}						
ODD x 0-100 JEL	-1,32	-2,36	-0,29	27,01	26,45	27,56
DD x 0-100 JEL	Référence	–	–	27,52	26,59	28,45
ODD x 101-200 JEL	-0,67	-1,38	0,03	26,22	25,80	26,63
DD x 101-200 JEL	Référence	–	–	26,08	25,41	26,76
ODD x > 200 JEL	Référence	–	–	25,17	24,77	25,57
DD x > 200 JEL	Référence	–	–	24,36	23,75	24,97
ODD x 0PAT	0,98	0,06	1,89	26,48	26,10	26,85
DD x 0PAT	Référence	–	–	25,84	25,34	26,35
ODD x PAT	Référence	–	–	25,79	25,33	26,25
DD x PAT	Référence	–	–	26,13	25,23	27,03

¹DD : dermatite digitée ; atteinte nulle = M0 ou M4 sur les 2 pieds postérieurs ; atteinte modérée à sévère = M1 ou M2 sur un ou les 2 pieds postérieurs

²JEL : jours en lait

³dans les 30 jours précédant le contrôle

⁴DD : présence de DD ; ODD : absence de DD ; PAT : accès au pâturage ; 0PAT : pas d'accès au pâturage

Chez les multipares, les résultats de la première analyse indiquent que 8 facteurs ont significativement influencé la production laitière : l'atteinte par la DD, le rang de lactation, le stade de lactation, la saison de vêlage, le niveau de production laitière à la lactation précédente, l'atteinte par une maladie débilitante, l'accès aux pâtures et le type de stabulation. L'atteinte par la DD avait cependant un impact différent en fonction de l'accès aux pâtures. Les multipares qui n'avaient pas d'accès aux pâtures produisaient respectivement 0,87 kg/j (IC 95% : 0,35 – 1,39) et 0,72 kg/j (IC 95% : 0,10 – 1,35) de moins lorsqu'elles étaient atteintes de manière modérée ou sévère par la DD en comparaison à celle non atteintes alors qu'aucun impact significatif n'était observé lorsque les vaches avaient un accès aux pâtures ($p=0,27$ et $p=0,09$ respectivement). Comme la différence d'impact entre vaches atteintes de manière modérée et sévère n'était pas significative ($p=0,68$), une seconde analyse a été réalisée en regroupant ces deux degrés d'atteinte. Les résultats de la seconde analyse pour les multipares sont présentés dans le **Tableau 5-3**. De même que dans la première analyse, 8 facteurs étaient identifiés comme impactant significativement la production laitière chez les multipares : l'atteinte par la DD, le rang de lactation, le stade de lactation, la saison de vêlage, le niveau de production laitière, l'atteinte par une maladie débilitante, l'accès aux pâtures et le type de stabulation. Les multipares atteintes par la DD ont produit en moyenne 0,78 kg/j (IC 95% : 0,34 – 1,22) de moins que celles non atteintes lorsqu'elles n'avaient pas d'accès aux pâtures alors que la différence n'était pas significative ($p=0,99$) lorsque les vaches avaient accès aux pâtures. Les vaches atteintes par une maladie débilitante produisaient en moyenne 0,82 kg/j (IC 95% : 0,34 – 1,29) de moins que les vaches non atteintes. Les multipares produisaient également significativement moins de lait lorsqu'elles avaient vêlé entre avril et juin, lorsqu'elles avaient accès aux pâtures et lorsqu'elles étaient logées en logettes plutôt qu'en aire paillée.

Chapitre 5- Evaluation de l'impact de la dermatite digitée sur la production laitière de vaches de race Prim'Holstein

Tableau 5-3. Association entre les effets fixes du modèle final et la production laitière au jour du contrôle (kg/l) chez les vaches en seconde lactation et plus (n=4590 contrôles)

Facteur d'exposition	Effet moyen	IC 95%		Production moyenne (kg/j)	IC 95%	
		Borne inférieure	Borne supérieure		Borne inférieure	Borne supérieure
Intercept	29,74	28,67	30,81	-	-	-
Atteinte par la DD¹						
Nulle	Référence	-	-	30,85	30,29	31,41
Modérée ou sévère	0,00	-0,66	0,65	30,46	29,81	31,10
Stade de lactation²						
0-100 JEL	7,26	6,47	8,04	34,04	33,37	34,70
101-200 JEL	3,31	2,77	3,84	30,51	29,92	31,09
> 200 JEL	Référence	-	-	27,42	26,83	28,01
Niveau de production³						
Faible	-5,49	-6,14	-4,84	27,98	27,30	28,66
Moyen	-2,95	-3,61	-2,30	30,52	29,85	31,19
Elevé	Référence	-	-	33,47	32,78	34,16
Rang de lactation						
2	-0,12	-0,87	0,64	29,84	29,20	30,49
3	0,26	-0,58	1,09	31,23	30,51	31,95
≥ 4	Référence	-	-	30,90	30,20	31,59
Saison de vêlage						
janvier-mars	0,89	-0,05	1,84	32,84	31,88	33,80
avril-juin	-3,80	-4,87	-2,73	28,15	27,08	29,22
juillet-septembre	-2,28	-2,89	-1,67	29,67	29,03	30,31
octobre-décembre	Référence	-	-	31,95	31,35	32,55
Maladie débilite^{4,5}						
non	0,82	0,34	1,29	31,06	30,53	31,59
oui	Référence	-	-	30,25	29,56	30,93
Accès aux pâtures⁴						
non	0,52	-0,16	1,20	31,11	30,55	31,67
oui	Référence	-	-	30,20	29,57	30,83
Type de stabulation						
Aire paillée	1,76	0,85	2,67	31,54	30,62	32,46
Logettes	Référence	-	-	29,77	29,32	30,23
Interaction^{2,6}						
ODD x 0PAT	0,78	0,05	1,51	31,50	30,94	32,05
DD x 0PAT	Référence	-	-	30,72	30,07	31,37
ODD x PAT	Référence	-	-	30,20	29,59	30,81
DD x PAT	Référence	-	-	30,20	29,40	31,00
Lactation 2 x 0-100 JEL	-2,11	-3,08	-1,15	32,40	31,58	33,22
Lactation 2 x 101-200 JEL	-0,70	-1,35	-0,04	29,87	29,19	30,54
Lactation 2 x > 200 JEL	Référence	-	-	27,26	26,58	27,94
Lactation 3 x 0-100 JEL	0,19	-0,86	1,25	35,08	34,16	36,00
Lactation 3 x 101-200 JEL	0,03	-0,71	0,77	30,97	30,21	31,72
Lactation 3 x > 200 JEL	Référence	-	-	27,63	26,84	28,42
Lactation ≥ 4 x 0-100 JEL	Référence	-	-	34,63	33,75	35,51
Lactation ≥ 4 x 101-200 JEL	Référence	-	-	30,68	29,95	31,42
Lactation ≥ 4 x > 200 JEL	Référence	-	-	27,38	26,62	28,13

¹DD : dermatite digitée ; atteinte nulle : M0 ou M4 sur les 2 pieds postérieurs ; atteinte modérée à sévère (M1 ou M2 sur un ou les 2 pieds postérieurs)

²JEL : jours en lait

³niveau de production laitière, les seuils de catégories étant définis par terciles par parité en fonction de leur production estimée à 305-jours lors de la lactation précédente

Tableau 5-3. (suite)

⁴ dans les 30 jours précédant le contrôle

⁵ mammites, boiteries autres que DD, césarienne, dystocie, avortement, troubles métaboliques, troubles digestifs, troubles respiratoires, troubles cardiaques, troubles neurologiques, intervention chirurgicale, langue de bois, vaccination

⁶DD : présence de DD ; 0DD : absence de DD ; PAT : accès au pâturage ; 0PAT : pas d'accès au pâturage

3.3. Adéquation des modèles

Les résidus studentisés suivaient une loi normale centrée réduite que ce soit pour le modèle « primipares » (Kolmogorov-Smirnov : $p = 0,02$, Skewness = $-0,28$; Kurtosis = $0,55$) ou pour le modèle « multipares » (Kolmogorov-Smirnov : $p < 0,01$, Skewness = $-0,23$; Kurtosis = $0,88$) . La répartition des résidus studentisés pour les deux modèles sont présentés en **Figure 5-2**.

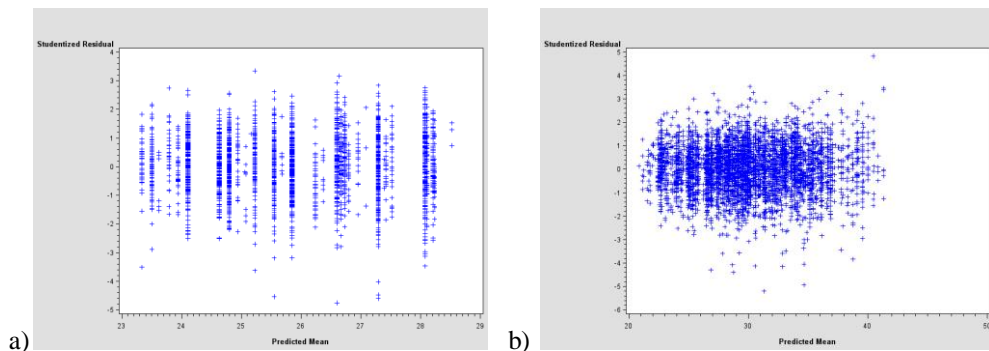


Figure 5-2. Répartition de la valeur des résidus studentisés pour vérifier l'homogénéité de leur variance pour le modèle final primipares (a) et multipares(b)

4 - Discussion

Les résultats de cette étude indiquent que la DD impacte significativement la production laitière des vaches de race Prim'Holstein lorsque celles-ci n'ont pas d'accès aux pâtures dans des exploitations bovines laitières françaises où la DD est endémique. Aucune différence significative n'a cependant été mise en évidence selon la sévérité des lésions actives de DD, M1 ou M2, observées sur les pieds postérieurs. Les pertes en lait moyennes associées à l'atteinte par une lésion active de DD ont été estimées à 0,63 kg/j (IC 95% : 0,18 – 1,09) chez les vaches primipares et 0,78 kg/j (IC 95% : 0,34 – 1,22) chez les vaches multipares lorsqu'elles n'avaient pas d'accès aux pâtures. Les autres facteurs identifiés comme impactant significativement la production laitière quel que soit le rang de lactation sont le stade de lactation, la saison de vêlage et l'accès aux pâtures, auxquels s'ajoutent le rang de lactation, le niveau de production laitière, l'atteinte par une maladie débilitante et le type de stabulation chez les vaches multipares. Ainsi, toutes les vaches produisaient moins de lait lorsqu'elles avaient vêlé entre avril et juin et lorsqu'elles avaient accès aux pâtures. Les vaches multipares produisaient également significativement moins de lait lorsqu'elles étaient logées en logettes et lorsqu'elles étaient atteintes d'une maladie débilitante.

Dans cette étude, il a été choisi de s'intéresser aux pertes de production laitière associées aux lésions podales observées sans que ces lésions soient nécessairement associées à une boiterie. Ce choix a été fait pour deux raisons. Premièrement, même s'il existe des grilles de notation de locomotion qui limitent la subjectivité dans l'appréciation d'une boiterie (Berry et al., 2008, Sprecher et al., 1997, Whay, 2002), cette notation est moyennement répétable entre investigateurs, même après entraînement (Channon et al., 2009, Thomsen et al., 2008). Les notations doivent donc être réalisées par un petit nombre d'observateurs pour être homogènes, ce qui limite la taille de l'échantillon observable et donc la puissance des estimations. Deuxièmement, les études épidémiologiques qui visent à décrire la proportion d'animaux atteints par différentes lésions podales se basent sur les observations des lésions en travail de pareur sans limiter ces observations aux animaux qui

présentent une boiterie (Capion et al., 2009, Holzhauser et al., 2006, Manske et al., 2002). Il est donc important de pouvoir mettre en relation ces prévalences à des impacts zootechniques au niveau lésionnel afin de ne pas surestimer les impacts lors de modélisations économiques.

Cette étude a permis de mettre en évidence des pertes de production laitière associées à la DD du même ordre que celles estimées dans plusieurs études précédentes, notamment celles qui ne sélectionnaient pas les cas sur des critères d'observation de boiterie. Ainsi Warnick et al. (2001) avaient estimé des pertes moyennes de 0,5 kg/j lorsque le diagnostic de DD était basé sur les lésions observées en travail de pareur sur toutes les vaches en lactation et 1,2 kg/j lorsque ces lésions étaient observées uniquement sur des vaches boiteuses. Argaez-Rodriguez et al. (1997), Hernandez et al. (2002a) et Warnick et al. (2001) avaient estimé des pertes de lait sur une lactation de 305 jours comprises entre 43 kg lorsque le diagnostic de DD était uniquement basé sur les lésions observées en travail de pareur et jusqu'à 153 kg lorsque ces lésions étaient observées sur des vaches boiteuses, soit entre 0,7 et 2,6 kg/j pour 60 jours d'atteinte, moyenne de durée d'atteinte sur une lactation observé dans l'échantillon de notre étude. Seuls Pavlenko et al. (2011) ont estimé des pertes significatives avec en moyenne une perte de 5,5 kg/j de lait ECM (lait corrigé pour l'énergie) 2 à 6 semaines après le diagnostic d'une lésion de DD, mais leurs résultats reposaient sur un faible échantillon (10 cas et 10 témoins) et la plupart des vaches étaient atteintes par des lésions sévères.

Un des résultats intéressants de cette étude a été d'observer que l'impact de la DD sur la production laitière n'était significatif que lorsque les vaches n'avaient pas d'accès aux pâtures. Cette interaction pourrait être expliquée par une différence d'inconfort ressenti par les animaux atteints de DD en fonction du type de sol, notamment entre la terre et le béton. Olmos et al. (2009) avaient ainsi mis en évidence une moindre sévérité des manifestations de différentes affections podales, dont la dermatite digitée, lorsque les animaux avaient accès aux pâtures. Van der Tol et al. (2003) ont expliqué cet effet en montrant que les surfaces bétonnées augmentaient de manière importante la pression sur les onglons, augmentant ainsi les

manifestations de boiterie. Cet effet était également avancé par Frankena et al. (2009) pour expliquer que les boiteries se manifestaient de manière plus sévère lorsque les animaux étaient logés en logettes plutôt qu'en aire paillée. Dans notre étude, aucune différence d'impact de la DD sur la production laitière n'a cependant pas été mise en évidence en fonction du type de stabulation.

Cette étude n'a pas permis de mettre en évidence un impact différent de la DD sur la production laitière en fonction de la sévérité d'atteinte par la DD. Les différents degrés d'atteinte par la DD ont été calqués sur ceux définis par Frankena et al. (2009). Dans cette étude, les auteurs avaient observé que 40% des vaches boitaient quand la DD était dans un stade sévère contre 26% lorsque l'atteinte était modérée. Plusieurs facteurs peuvent expliquer qu'aucune différence significative n'ait été mise en évidence dans notre étude. D'une part, les contrôles laitiers n'ayant pas forcément lieu juste après les notations de DD, les lésions ont pu évoluer entre la visite ayant servi à noter les lésions de DD et le contrôle laitier. Cet effet a pu être partiellement contrebalancé par l'ajustement sur le délai entre visite et contrôle laitier, mais peut néanmoins influencer les résultats. D'autre-part, le fait de vouloir suivre un grand nombre d'exploitations nous a conduit à utiliser une méthode de notation qui est assez fiable pour différencier des pieds atteints de lésion active de ceux non-atteints ou atteints de lésions non-actives, mais la méthode reste moins précise pour différencier les lésions M1 des lésions M2 (Relun et al., 2011a). Il existe donc un certain biais de classement entre lésions M1 et M2 qui a pu limiter la mise en évidence d'une différence d'impact. Enfin, même si les lésions notées M1 sont souvent moins douloureuses que les lésions notées M2 (Holzhauer et al., 2008), la douleur dépend également de la localisation des lésions, celle-ci étant plus marquée lorsque les lésions sont localisées dans l'espace interdigité, plutôt que sur la couronne ou sous les ergots (Hernandez and Shearer, 2000). Or les lésions M1 sont essentiellement localisées dans l'espace interdigité, alors que les lésions M2 peuvent apparaître à d'autres localisations (Holzhauer et al., 2008). Il pourrait donc être intéressant de considérer la localisation anatomique des lésions pour mieux ajuster les estimations.

Dans notre étude, les primipares étaient atteintes de manière plus sévère et plus durable que les multipares, comme cela avait été observé dans des études précédentes (Nishikawa and Taguchi, 2008, Rodriguez-Lainz et al., 1999, Somers et al., 2005). Cette observation pourrait être liée au fait que les primipares ont une immunité moins développée pour lutter contre les tréponèmes, ce qui limiterait leurs capacités de défense et de guérison (Rodriguez-Lainz et al., 1999). L'impact de la DD sur la production laitière était légèrement inférieur en valeur absolue chez les primipares que chez les multipares, mais ramené en pourcentage de production, la DD diminuait la production laitière de 2,4% chez les primipares contre 2,5% chez les multipares. Il faut cependant noter que l'estimation est probablement plus imprécise chez les primipares que chez les multipares, le modèle n'ayant pas pu être ajusté sur le potentiel de production des primipares. Chez les multipares, le modèle a été ajusté sur le niveau de production estimé à partir du niveau de production laitière sur 305 jours de lactation à la lactation précédente. Il est cependant possible, que les vaches atteintes lors de l'étude l'aient également été lors de leur précédente lactation.

La plupart des autres facteurs identifiés comme impactant significativement la production laitière dans cette étude sont semblables à ceux précédemment décrits, notamment le stade de lactation, le rang de lactation, la saison de vêlage et l'atteinte par une maladie débilitante (Green et al., 2002, Hernandez et al., 2002b). Les maladies n'ayant pas été différenciées en fonction du type de maladie dans cette étude, il est difficile de comparer les résultats obtenus à ceux d'études qui se sont intéressées spécifiquement à l'impact des maladies sur la production laitière. L'agrégation de maladies en une seule catégorie comprenant les mammites et fièvre de lait au même titre que des troubles digestifs ou la réalisation de vaccination a probablement sous-estimé l'impact de maladies réputées impactant fortement la production laitière, telles que les mammites ou les fièvres de lait (Bareille et al., 2003, Fourichon et al., 1999, Rajala-Schultz et al., 1999). La différenciation des maladies en plusieurs catégories nous aurait cependant amené à scinder l'échantillon en de trop petits effectifs.

Il est difficile d'expliquer pourquoi l'impact de la DD ne serait significatif qu'en fin de lactation chez les primipares.

Un des biais souvent avancé comme limitant les estimations de production laitière est celui de réformes anticipées des animaux du fait de la maladie étudiée (Beauveau et al., 1995, Fourichon et al., 1999). Dans ce cas, les animaux atteints sont souvent de parités inférieures et ont des lactations plus courtes, sous-estimant l'impact de la maladie en fin de lactation et pour des rangs de lactation élevés. Il est possible que les estimations de cette étude aient présenté ce biais, les vaches avec un rang de lactation supérieur à 3 étant moins atteintes et de manière moins sévère par la DD que les vaches de rang de lactation inférieur. Cette différence d'atteinte avait déjà été observée dans des études précédentes (Holzhauer et al., 2006, Somers et al., 2005, Wells et al., 1999). Les auteurs avançaient également comme hypothèse que même si l'immunité contre la DD était plutôt reconnue comme peu protectrice, elle pouvait être plus importante au fur et à mesure des lactations, diminuant ainsi la sensibilité des animaux les plus âgés. En ce qui concerne un potentiel biais lié à une diminution de la durée de lactation suite à des réformes anticipées, il est probablement faible pour cette étude, puisque les causes de réforme étaient enregistrées par les éleveurs et que seules 2 vaches ont été réformées pour cause de dermatite digitée. Certaines vaches atteintes de DD ont cependant pu être tarées plus tôt sans que les éleveurs ne les aient réformées de suite.

Même si cette étude a permis de mettre en évidence une diminution significative de production laitière associée à la DD, celle-ci reste inférieure aux pertes estimées pour des lésions podales non infectieuses, telles que les ulcères de la sole et les maladies de la ligne blanche. En effet, les pertes associées à court-terme à un ulcère de la sole étaient estimées aux alentours de 2 kg/j dans les études précédentes (Amory et al., 2008, Green et al., 2010, Warnick et al., 2001) et celles associées à une maladie de la ligne blanche à environ 1,5 kg/j (Amory et al., 2008). Retenons cependant que l'estimation de l'impact de la DD dans notre étude est probablement une sous-estimation de l'impact réel de la maladie dans les exploitations bovines laitières françaises. En effet, les vaches de cette étude étaient toutes soumises à un traitement de la

DD, soit avec un traitement topique individuel seul, soit avec un traitement topique individuel associé à un traitement topique collectif appliqué de manière régulière tous les 15 jours ou toutes les 4 semaines. Ces fréquences de traitement et leur application régulière pendant 6 mois sont souvent supérieures à celles pratiquées par de nombreux éleveurs en France (Auzanneau, 2009).

Par ailleurs, même si la DD a un impact moindre que d'autres lésions podales à l'échelle d'un contrôle laitier, il ne faut pas oublier que cette maladie est souvent observée de manière récurrente sur un même animal et qu'elle atteint une proportion assez importante d'animaux dans les exploitations bovines laitières. Il est donc probable que la DD soit une des affections podales qui ait le plus d'impact économique dans les exploitations bovines laitières et que cet impact ait tendance à s'affirmer avec l'intensification des pratiques d'élevage dans les exploitations modernes. Les résultats de cette étude pourraient être utiles pour estimer l'impact économique de la maladie à l'échelle d'une exploitation. Ils devraient permettre à terme d'évaluer le rapport coût-bénéfice de la mise en place de programmes de prévention de la DD, voire des troubles locomoteurs. Même si un simple argument économique n'est pas suffisant pour faire changer les habitudes (Greiner et al., 2009), cet argument reste important pour justifier la mise en place de ces programmes par les éleveurs (Leach et al., 2010b).

5 - Conclusion

Les résultats de cette étude indiquent que la DD impacte significativement la production laitière à court-terme de vaches de race Prim'Holstein dans des exploitations bovines laitières où la maladie est endémique lorsque les animaux n'ont pas accès aux pâtures. Ces résultats renforcent l'importance du confort des animaux à la fois pour améliorer le bien-être des animaux et leurs performances zootechniques. Les pertes de production laitière estimées associées à la DD dans cette étude pourraient être utilisées dans des modèles d'estimation de l'impact économique de la maladie à l'échelle de l'exploitation afin d'évaluer à terme le ratio coût-bénéfice de la mise en place de programmes de prévention de la DD et ainsi disposer d'arguments convaincants pour que les éleveurs mettent en place ces programmes dans leurs exploitations.

Références bibliographiques

Akaike, H. 1974. A new look at the statistical model identification Automatic Control, IEEE Transactions on 19(6):716 - 723

Amory, J. R., Z. E. Barker, J. L. Wright, S. A. Mason, R. W. Blowey, and L. E. Green. 2008. Associations between sole ulcer, white line disease and digital dermatitis and the milk yield of 1824 dairy cows on 30 dairy cow farms in England and Wales from February 2003-November 2004. *Prev. Vet. Med.* 83(3-4):381-391.

Anonymous. 2009. Scientific opinion on welfare of dairy cows in relation to leg and locomotion problems based on a risk assessment with special reference to the impact of housing, feeding, management and genetic selection. *The EFSA Journal* 1142:19-57.

Argaez-Rodriguez, F. J., D. W. Hird, J. Hernandez de Anda, D. H. Read, and A. Rodriguez-Lainz. 1997. Papillomatous digital dermatitis on a commercial dairy farm in Mexicali, Mexico: incidence and effect on reproduction and milk production. *Prev. Vet. Med.* 32(3-4):275-286.

Auzanneau, M. M. 2009. Etat des lieux des pratiques de gestion de la Maladie de Mortellaro par les éleveurs de bovins [Inventory practices of French dairy farmers to control digital dermatitis (Mortellaro disease)]. Page 171. Nantes, France.

Bareille, N., F. Beaudreau, S. Billon, A. Robert, and P. Faverdin. 2003. Effects of health disorders on feed intake and milk production in dairy cows. *Liv. Prod. Sci.* 83(1):53-62.

Beaudreau, F., V. Ducrocq, C. Fourichon, and H. Seegers. 1995. Effect of disease on length of productive life of french Holstein dairy-cows assessed by survival analysis *J. Dairy Sci.* 78(1):103-117.

Berry, E., M. Stoddart, and J. Broughan. 2008. Locomotion scoring of cattle using a lameness-speed index on different types of track. *Vet. Rec.* 163(20):601-602.

Capion, N., S. M. Thamsborg, and C. Enevoldsen. 2009. Prevalence and severity of foot lesions in Danish Holstein heifers through first lactation. *Vet. J.* 182(1):50-58.

Channon, A. J., A. M. Walker, T. Pfau, I. M. Sheldon, and A. M. Wilson. 2009. Variability of Manson and Leaver locomotion scores assigned to dairy cows by different observers. *Vet. Rec.* 164(13):388-392.

Chapinal, N., A. M. d. Passille, D. M. Weary, M. A. G. v. Keyserlingk, and J. Rushen. 2009. Using gait score, walking speed, and lying behavior to detect hoof lesions in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92(9):4365-4374.

Cramer, G., K. D. Lissemore, C. L. Guard, K. E. Leslie, and D. F. Kelton. 2009a. The association between foot lesions and culling risk in Ontario Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 92(6):2572-2579.

Cramer, G., K. D. Lissemore, C. L. Guard, K. E. Leslie, and D. F. Kelton. 2009b. Herd-level risk factors for seven different foot lesions in Ontario Holstein cattle housed in tie stalls or free stalls. *J. Dairy Sci.* 92(4):1404-1411.

Döpfer, D., A. Koopmans, F. A. Meijer, I. Szakall, Y. H. Schukken, W. Klee, R. B. Bosma, J. L. Cornelisse, A. J. van Asten, and A. A. ter Huurne. 1997. Histological and bacteriological evaluation of digital dermatitis in cattle, with special reference to spirochaetes and *Campylobacter faecalis*. *Vet. Rec.* 140(24):620-623.

Ettema, J. F., N. Capion, and A. E. Hill. 2007. The association of hoof lesions at claw trimming with test-day milk yield in Danish Holsteins. *Prev. Vet. Med.* 79(2-4):224-243.

Ettema, J. F. and J. E. P. Santos. 2004. Impact of age at calving on lactation, reproduction, health, and income in first-parity Holsteins on commercial farms. *J. Dairy Sci.* 87(8):2730-2742.

Fourichon, C., H. Seegers, N. Bareille, and F. Beaudeau. 1999. Effects of disease on milk production in the dairy cow: a review. *Prev. Vet. Med.* 41(1):1-35.

Frankena, K., J. G. Somers, W. G. Schouten, J. V. van Stek, J. H. Metz, E. N. Stassen, and E. A. Graat. 2009. The effect of digital lesions and floor type on locomotion score in Dutch dairy cows. *Prev. Vet. Med.* 88(2):150-157.

Green, L. E., J. Borkert, G. Monti, and N. Tadich. 2010. Associations between lesion-specific lameness and the milk yield of 1,635 dairy cows from seven herds in the Xth region of Chile and implications for management of lame dairy cows worldwide. *Animal Welfare* 19(4):419-427.

Green, L. E., V. J. Hedges, Y. H. Schukken, R. W. Blowey, and A. J. Packington. 2002. The impact of clinical lameness on the milk yield of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85(9):2250-2256.

Greiner, R., L. Patterson, and O. Miller. 2009. Motivations, risk perceptions and adoption of conservation practices by farmers. *Agricultural Systems* 99(2-3):86-104.

Hernandez, J. and J. K. Shearer. 2000. Efficacy of oxytetracycline for treatment of papillomatous digital dermatitis lesions on various anatomic locations in dairy cows. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 216(8):1288-1290.

Hernandez, J., J. K. Shearer, and D. W. Webb. 2001. Effect of lameness on the calving-to-conception interval in dairy cows. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 218(10):1611-1614.

- Hernandez, J., J. K. Shearer, and D. W. Webb. 2002a. Effect of lameness on milk yield in dairy cows. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 220(5):640-644.
- Hernandez, J., J. K. Shearer, and D. W. Webb. 2002b. Effect of lameness on milk yield in dairy cows. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 220(5):640-644.
- Holzhauser, M., C. J. Bartels, D. Döpfer, and G. van Schaik. 2008. Clinical course of digital dermatitis lesions in an endemically infected herd without preventive herd strategies. *Vet. J.* 177(2):222-230.
- Holzhauser, M., C. Hardenberg, C. J. Bartels, and K. Frankena. 2006. Herd- and cow-level prevalence of digital dermatitis in the Netherlands and associated risk factors. *J. Dairy Sci.* 89(2):580-588.
- Hultgren, J., T. Manske, and C. Bergsten. 2004. Associations of sole ulcer at claw trimming with reproductive performance, udder health, milk yield, and culling in Swedish dairy cattle. *Prev. Vet. Med.* 62(4):233-251.
- Leach, K. A., H. R. Whay, C. M. Maggs, Z. E. Barker, E. S. Paul, A. K. Bell, and D. C. J. Main. 2010a. Working towards a reduction in cattle lameness: 1. Understanding barriers to lameness control on dairy farms. *Res. Vet. Sci.* 89(2):311-317.
- Leach, K. A., H. R. Whay, C. M. Maggs, Z. E. Barker, E. S. Paul, A. K. Bell, and D. C. J. Main. 2010b. Working towards a reduction in cattle lameness: 2. Understanding dairy farmers' motivations. *Res. Vet. Sci.* 89(2):318-323.
- Losinger, W. C. and A. J. Heinrichs. 1997. An analysis of age and body weight at first calving for Holsteins in the United States. *Prev. Vet. Med.* 32(3-4):193-205.
- Manske, T., J. Hultgren, and C. Bergsten. 2002. Prevalence and interrelationships of hoof lesions and lameness in Swedish dairy cows. *Prev. Vet. Med.* 54(3):247-263.
- McInerney, J. P., K. S. Howe, and J. A. Schepers. 1992. A framework for the economic analysis of disease in farm livestock. *Prev. Vet. Med.* 13(2):137-154.
- Nishikawa, A. and K. Taguchi. 2008. Healing of digital dermatitis after a single treatment with topical oxytetracycline in 89 dairy cows. *Vet. Rec.* 163(19):574-576.
- Olmos, G., L. Boyle, A. Hanlon, J. Patton, J. J. Murphy, and J. F. Mee. 2009. Hoof disorders, locomotion ability and lying times of cubicle-housed compared to pasture-based dairy cows. *Livest. Sci.* 125(2/3):199-207.
- Pavlenko, A., C. Bergsten, I. Ekesbo, T. Kaart, A. Aland, and L. Lidfors. 2011. Influence of digital dermatitis and sole ulcer on dairy cow behaviour and milk production. *Animal* 5(8):1259-1269.
- Rajala-Schultz, P. J., Y. T. Grohn, and C. E. McCulloch. 1999. Effects of milk fever, ketosis, and lameness on milk yield in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82(2):288-294.

- Read, D. H. and R. L. Walker. 1998. Papillomatous digital dermatitis (footwarts) in California dairy cattle: clinical and gross pathologic findings. *J. Vet. Diagn. Invest.* 10(1):67-76.
- Relun, A., R. Guatteo, N. Bareille, and P. Roussel. 2011a. A simple method to score digital dermatitis in dairy cows in the milking parlor. *J. Dairy Sci.* 94(11):5424-5434.
- Relun, A., R. Guatteo, P. Roussel, and N. Bareille. 2010. Assesment of a method for the detection and scoring of digital dermatitis in dairy cows during milking. Poster. in SVEPM. Nantes, France.
- Relun, A., A. Lehébel, N. Bareille, and R. Guatteo. 2011b. Effectiveness of different regimens of a collective topical treatment using a solution of copper and zinc chelates in the cure of digital dermatitis in dairy farms under field conditions. *J. Dairy Sci. In revision.*
- Rodriguez-Lainz, A., P. Melendez-Retamal, D. W. Hird, D. H. Read, and R. L. Walker. 1999. Farm- and host-level risk factors for papillomatous digital dermatitis in Chilean dairy cattle. *Prev. Vet. Med.* 42(2):87-97.
- Sogstad, A. M., O. Osteras, and T. Fjeldaas. 2006. Bovine claw and limb disorders related to reproductive performance and production diseases. *J. Dairy Sci.* 89(7):2519-2528.
- Somers, J. G., K. Frankena, E. N. Noordhuizen-Stassen, and J. H. Metz. 2003. Prevalence of claw disorders in Dutch dairy cows exposed to several floor systems. *J. Dairy Sci.* 86(6):2082-2093.
- Somers, J. G., K. Frankena, E. N. Noordhuizen-Stassen, and J. H. Metz. 2005. Risk factors for digital dermatitis in dairy cows kept in cubicle houses in The Netherlands. *Prev. Vet. Med.* 71(1-2):11-21.
- Sprecher, D. J., D. E. Hostetler, and J. B. Kaneene. 1997. A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. *Theriogenology* 47(6):1179-1187.
- Tadich, N., E. Flor, and L. Green. 2009. Associations between hoof lesions and locomotion score in 1098 unsound dairy cows. *Vet. J.* 184(1):60-65.
- Thomsen, P. T., L. Munksgaard, and F. A. Togersen. 2008. Evaluation of a lameness scoring system for dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91(1):119-126.
- van der Tol, P. P., J. H. Metz, E. N. Noordhuizen-Stassen, W. Back, C. R. Braam, and W. A. Weijs. 2003. The vertical ground reaction force and the distribution on the claws of dairy cows while walking on a flat surface. *J. Dairy Sci.* 86:2875-2883.

Chapitre 5- Evaluation de l'impact de la dermatite digitée sur la production laitière de vaches de race Prim'Holstein

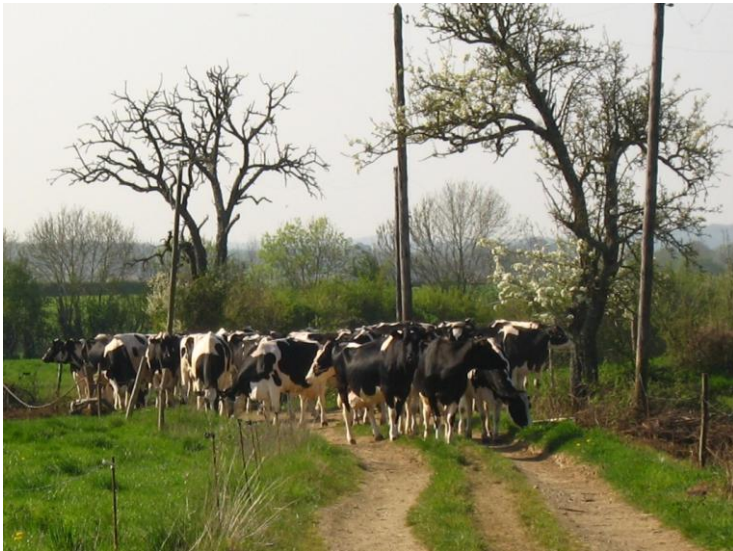
Warnick, L. D., D. Janssen, C. L. Guard, and Y. T. Grohn. 2001. The effect of lameness on milk production in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84(9):1988-1997.

Wells, S. J., L. P. Garber, and B. A. Wagner. 1999. Papillomatous digital dermatitis and associated risk factors in US dairy herds. *Prev. Vet. Med.* 38(1):11-24.

Whay, H. 2002. Locomotion scoring and lameness detection in dairy cattle. In *Pract.* 24(8):444-449.

Chapitre 6

Discussion générale



Les troubles locomoteurs sont actuellement reconnus comme étant responsables d'une atteinte majeure au bien-être des vaches laitières. Parmi ces troubles, la dermatite digitée (**DD**) est la maladie qui a connu le plus grand essor dans les troupeaux laitiers ces 30 dernières années. Cette maladie se manifestant par des lésions ulcératives sur la peau digitée, indiscutablement douloureuses, elle entraîne des boiteries pouvant être sévères. Comme cette maladie est contagieuse et favorisée par des pratiques d'élevage rencontrées dans les élevages modernes, elle risque de s'installer durablement dans les troupeaux bovins laitiers. Or les traitements disponibles contre la DD n'ont pour l'instant pas réussi à la contrôler, posant des questions sur les conditions nécessaires à leur efficacité, voire sur leur efficacité à contrôler la DD. Il y a donc un besoin urgent pour apporter des solutions qui permettent, à défaut d'éradiquer la DD, de la contrôler afin d'en diminuer l'impact.

La question qui a été le fil conducteur de cette thèse était ainsi : « Quelles mesures pourraient être mises en place dans les exploitations laitières pour diminuer durablement la prévalence de la DD, *i.e.* en limiter l'incidence et améliorer la guérison des lésions de DD ? ». Pour y répondre, nous avons opté pour une démarche épidémiologique incluant des approches étiologiques et évaluatives.

Les objectifs principaux de cette thèse étaient 1) d'évaluer le bénéfice que pouvait apporter l'application combinée d'un traitement collectif avec des traitements individuels pour diminuer la prévalence de la DD par rapport à la simple utilisation de traitements individuels, 2) de préciser le rôle de certaines pratiques et conditions d'élevage dans le contrôle de la DD et 3) d'estimer l'impact de la DD sur les performances de production laitière des animaux atteints. Les objectifs secondaires nécessaires à la réalisation des objectifs principaux étaient 1) d'identifier des pratiques de traitement applicables par les éleveurs de bovins laitiers en France et 2) de développer et évaluer une méthode de notation de la DD utilisable en routine en salle de traite. Les résultats de cette thèse devraient permettre, à terme, d'élaborer des stratégies de contrôle de la DD adaptables aux caractéristiques des exploitations bovines laitières et intégrant des aspects de rentabilité économique.

La 1^{ère} partie de ce chapitre résume les principaux résultats de cette thèse. Les intérêts et limites des approches retenues sont discutés en 2^{ème} partie. Enfin, les perspectives d'application de ces travaux et les recommandations pour de futures recherches sont présentées en 3^{ème} partie.

1 - Principaux résultats

Les principaux résultats de cette thèse ont été de montrer l'intérêt de certaines pratiques de traitement collectif dans le contrôle de la DD, en utilisant une solution désinfectante sans formol ni sulfate de cuivre, et de préciser le rôle et l'importance de pratiques et conditions d'élevage dans le contrôle de cette maladie.

Ainsi, les résultats de l'essai clinique (**Chapitre 4**) ont montré qu'en comparaison à un traitement individuel réalisé seul (Oxytetrin P®, 2 traitements à 48 h d'intervalle), l'ajout d'un traitement collectif appliqué tous les 15 jours *via* un pédiluve de passage (4 traites successives, 5% Hoof Fit Bath®) ou une pulvérisation collective en salle de traite (2 traites espacées de 4 jours, 50% Hoof Fit Liquid®) permettait de limiter l'incidence et d'accélérer la guérison clinique des lésions de DD, les pieds ayant été nettoyés au jet d'eau avant chaque traitement. Aucun bénéfice n'a par contre été démontré lorsque le pédiluve n'avait été mis en place que toutes les 4 semaines. Ces résultats permettent de proposer des méthodes de traitements efficaces et alternatives à celles qui étaient employées jusqu'à présent par les éleveurs, à la fois en termes de produit de traitement collectifs, puisqu'un produit désinfectant moins toxique que le formol ou le sulfate de cuivre s'avère pouvoir être efficace contre la DD, et en termes de matériel d'application, la pulvérisation en salle de traite pouvant être utilisée à la place des pédiluves, matériel qui posait des problèmes de praticité à certains éleveurs (**Chapitre 2**). Ces résultats permettent également de préciser des pratiques et des régimes de traitement pouvant être efficaces et ainsi de justifier la nécessité d'une application suffisamment fréquente des traitements collectifs pour garantir une certaine efficacité, puisque les régimes d'application habituellement pratiqués par les éleveurs de bovins laitiers en France, à savoir une application

mensuelle ou moins fréquente, n'ont pas montré d'efficacité ni curative, ni préventive contre la DD dans cet essai (**Chapitre 2, Chapitre 4**).

En parallèle, le suivi des pratiques et conditions d'élevage pendant l'essai clinique nous a permis de confirmer et préciser le rôle de certains de ces facteurs dans le contrôle de la DD (**Chapitre 4**). Ainsi nous avons pu confirmer que la propreté des pieds jouait un rôle essentiel dans le contrôle de la DD et que ce facteur était important à la fois pour limiter l'incidence et pour améliorer la guérison clinique des lésions. D'autres facteurs, telles qu'une faible prévalence initiale (<10% des pieds notés M1 ou M2) ou la réalisation d'un parage avant la détection d'une lésion de DD, ont été identifiés comme limitant l'incidence. L'accès aux pâtures a eu tendance à améliorer la guérison. La plupart des pratiques et conditions d'élevage identifiées comme limitant l'incidence ou améliorant la guérison des lésions de DD avaient des impacts équivalents voire supérieurs à ceux estimés pour les protocoles de traitements collectifs les plus efficaces. Ces résultats renforcent la nécessité d'une approche globale intégrant ces pratiques et conditions d'élevage dans l'élaboration de stratégies de contrôle de la DD.

La DD observée à l'état endémique dans les troupeaux sous protocole de traitement s'est avérée avoir un impact modéré mais significatif sur la production laitière des vaches atteintes, lorsque les vaches étaient en bâtiment, avec un impact moyen alors estimé à 0,63 kg/j pour les primipares et 0,78 kg/j pour les multipares, quel que soit le stade lésionnel, M1 ou M2, observé. Ces estimations pourront être intégrées dans des modèles économiques pour mesurer l'impact de la DD à l'échelle d'une exploitation et à terme évaluer le ratio coût-bénéfice de la mise en place de différentes mesures de contrôle de la DD.

L'évaluation du statut des vaches vis-à-vis de la DD a été réalisée pendant la traite à l'aide d'un miroir orientable et d'une lampe frontale puissante, en notant les pieds selon un système de classification des lésions simplifié par rapport au système le plus utilisé actuellement (Döpfer et al., 1997, Greenough et al., 2008). Même si cette méthode est moins précise qu'une notation en travail de pareur, elle s'est avérée être suffisamment

répétable, reproductible et précise pour pouvoir être utilisée dans des études épidémiologiques (**Chapitre 3**). Elle présente également les avantages d'être peu coûteuse, ne demande pas de manipulations chronophages et stressantes pour les vaches, et peut être utilisée pendant la traite. Cette méthode pourrait donc être également utile pour les éleveurs dans leur gestion au quotidien de la maladie, en leur permettant de détecter et traiter plus précocement les animaux atteints et d'évaluer la situation de leur troupeau vis-à-vis de la DD.

Enfin, l'enquête réalisée auprès d'éleveurs de bovins laitiers en France a montré qu'il existait une grande diversité dans les pratiques de traitement utilisées sur le terrain, avec de nombreux traitements appliqués en dehors des bonnes pratiques de traitements. Le choix des éleveurs quant à une pratique de traitement était le plus souvent fait de manière empirique, reposant sur leur expérience en termes de praticité et d'efficacité perçue plutôt que sur des recommandations basées sur des connaissances scientifiques. Ces constats reflètent bien le manque de repères des éleveurs en matière de contrôle de la DD et la nécessité pour l'ensemble des acteurs en santé animale à communiquer des messages clairs sur des pratiques efficaces et validées scientifiquement.

2 - Intérêts et limites des approches retenues pour investiguer l'efficacité de mesures de contrôle de la dermatite digitée

2.1. Estimation concomitante de l'impact de pratiques de traitements et de pratiques d'élevage sur le contrôle de la DD

Jusqu'à présent, les études qui s'intéressaient à l'efficacité des mesures de contrôle contre la DD avaient 2 approches différentes : soit elles s'intéressaient uniquement à l'efficacité de traitements, en menant des essais cliniques, le plus souvent dans une seule exploitation (Laven and Logue, 2006), soit elles s'intéressaient aux caractéristiques des exploitations et des animaux qui pouvaient influencer la prévalence sous forme d'études cas-témoin (Rodriguez-Lainz et al., 1999, Somers et al., 2005a, Wells et al., 1999). Les traitements étaient alors considérés comme une covariable souvent résumée par la mise en place ou non de pédiluves. Or, comme nous l'avons vu

dans le **Chapitre 2**, les pratiques de traitements sont très variables d'une exploitation à l'autre. Il est donc très difficile de conclure sur l'intérêt de traitements collectifs dans le cadre d'une étude cas-témoin, d'autant plus que ces traitements sont souvent mis en place en réponse à des prévalences plus élevées. La meilleure façon pour évaluer l'intérêt des traitements collectifs dans le contrôle de la DD était donc de mettre en place une étude d'intervention, si possible un essai clinique randomisé et contrôlé, dans lequel les modalités d'application des traitements pourraient être maîtrisées.

Cependant, la mise en place d'un essai clinique dans une exploitation ne semblait pas suffisante à garantir une potentielle efficacité des protocoles testés. Plusieurs essais cliniques ont en effet observé des efficacités différentes des traitements alors que les pratiques de traitements appliquées étaient similaires (Laven and Hunt, 2002, Speijers et al., 2010, Teixeira et al., 2010). Il semble donc que les conditions d'élevage puissent jouer un rôle à la fois en favorisant la survenue des lésions ou leur guérison et en influençant l'efficacité des traitements (ce que nous avons pu démontrer). Il était donc intéressant de pouvoir évaluer concomitamment l'impact de traitements et de pratiques d'élevage sur le contrôle de la DD.

Pour ce faire, nous avons mis en place un essai clinique visant à évaluer des traitements de la DD dans plusieurs exploitations confrontées à la DD. Le fait d'évaluer concomitamment l'impact de traitements et de pratiques d'élevage dans une étude longitudinale nous permettait de préciser le lien de causalité pouvant exister entre l'exposition à un facteur, traitements ou pratiques d'élevage, et la survenue d'une lésion de DD ou sa guérison, en répondant à deux des postulats de Hill (Hill, 1965), l'antériorité de l'exposition et la force de l'association.

Dans notre estimation de l'impact des pratiques de traitement et des pratiques d'élevage (**Chapitre 4**), nous avons différencié l'impact sur la guérison des lésions et l'impact sur la survenue des lésions. Cette distinction peut paraître un peu théorique, puisque, les lésions non guéries étant la principale source de tréponèmes (Döpfer et al., 1997, Mumba et al., 1999), un

facteur améliorant la guérison des lésions devrait également permettre d'en limiter l'incidence. L'analyse séparée de l'impact des différents facteurs sur la guérison ou la survenue des lésions permettait cependant de mieux identifier la place de ces facteurs dans la survenue ou la persistance de la DD et ainsi de formuler des hypothèses sur leurs mécanismes d'action. Ainsi, par exemple, le niveau de production laitière a été identifié comme favorisant la survenue des lésions alors qu'il n'avait pas été identifié comme impactant la guérison des lésions. Il est donc possible que les vaches plus productives soient plus sensibles à l'infection du fait d'une immunité fragilisée mais que ce mécanisme n'intervienne pas ou trop peu pour être détecté, dans la guérison des lésions. Le fait de pouvoir préciser si un facteur permet de limiter l'apparition d'une lésion plutôt que de guérir une lésion installée permet également de mieux conseiller les éleveurs sur l'efficacité à attendre des mesures mises en place.

L'efficacité des traitements et l'impact des pratiques d'élevage sur la récurrence des lésions n'a pas pu être investigué dans cette thèse par manque de temps mais reste un projet envisagé.

Le choix des produits de traitement et des modalités d'application des traitements collectifs a été raisonné après avoir évalué les pratiques acceptables par les éleveurs et l'efficacité reconnue des produits commercialisés en France (**Chapitre 2**). Pour les traitements collectifs, nous voulions ainsi choisir un produit sans formol, produit cancérigène, et sans sulfate de cuivre, produit potentiellement toxique par accumulation dans l'environnement. Le produit sélectionné contenait toujours du cuivre mais en plus faible proportion que dans les solutions de sulfate de cuivre, ce qui devrait donc limiter sa toxicité, notamment en France où les sols sont plutôt carencés hormis dans les zones viticoles ou à fortes densités d'élevage porcin (Baize et al., 2007, Relun et al., 2010, Toutain and Yart, 2010). Cependant, la forme chélatée de ces minéraux, si elle les protège des matières fécales, augmente également leur solubilité dans les sols et donc leur potentiel toxique (Muehlbachova, 2011). Il faudrait donc pouvoir estimer le réel potentiel toxique de ces produits et une limitation de leur emploi reste souhaitable. La solution d'application des traitements collectifs en salle de traite par

pulvérisation semble être donc être une alternative intéressante aux pédiluves traditionnels puisqu'elle permet de limiter l'utilisation de produits et peu de produit sont déversés dans l'environnement, limitant ainsi à la fois les coûts des produits et leur potentiel toxique. Reste à savoir si ces traitements permettent également de traiter les lésions situées dans l'espace interdigité. Une autre solution pour limiter la consommation de produits de traitement collectif serait d'utiliser des pédiluves automatiques qui pulvérisent les solutions sur les pieds des animaux quand ceux-ci passent dans les bacs des pédiluves, mais ce matériel reste à l'heure actuelle encore assez onéreux. Enfin, les désinfectants sont souvent préférés pour les traitements collectifs car ils présentent moins de risques de développement de résistances des bactéries. Certaines bactéries pathogènes de la tomate ont cependant déjà réussi à développer des mécanismes de résistance au cuivre (Behlau et al., 2011). Ces constats renforcent la nécessité de cibler les traitements et de trouver des solutions pour optimiser et limiter leur utilisation.

Une des hypothèses sous-jacente à cet essai était que, compte tenu de sa contagiosité, la prévalence de DD pouvait influencer l'incidence au pas de temps suivant. Ainsi, nous avons voulu observer si une application plus intensive de traitements collectifs pendant le premier mois de traitement pouvait diminuer suffisamment la prévalence pour limiter l'emploi de ces traitements collectifs sur le reste de l'étude. Cette pratique a eu tendance à améliorer la guérison et limiter l'incidence mais cet effet n'était ni significatif, ni durable. La question d'un seuil de prévalence à atteindre pour pouvoir se passer de traitements collectifs reste donc ouverte. Certaines exploitations qui avaient une prévalence faible en début d'étude ont maintenu cette faible prévalence tout au long de l'essai avec ou sans traitement collectif. Il semble donc que les traitements collectifs ne soient pas nécessaires dans toutes les exploitations confrontées à la DD, mais il est possible qu'une prévalence faible doive être maintenue pendant plusieurs mois avant de pouvoir se passer des traitements collectifs. Il est également possible que ces troupeaux aient présenté des caractéristiques différentes, non considérées dans cet essai, et qui pourraient participer au contrôle de la DD. Certains facteurs évoqués comme

pouvant influencer la sensibilité des animaux aux affections podales, tels que l'état corporel des animaux ou la conformation des pieds, n'ont en effet ici pas été mesurés (Blowey, 2005, Espejo et al., 2006). Il est également possible que les souches de tréponèmes rencontrées dans les exploitations aient eu différentes pathogénicité (Edwards et al., 2003, Elliott et al., 2007, Evans et al., 2008). Il reste donc encore d'autres facteurs à investiguer sur lesquels il serait possible d'agir pour améliorer le contrôle de la DD.

Comme nous avons fait l'hypothèse que la prévalence initiale de DD pouvait agir sur la dynamique de la DD et interagir avec l'efficacité des traitements, nous avons choisi de répartir les traitements de manière quasi-randomisée en stratifiant sur la prévalence initiale. Comme les premières visites ont été étalées sur plus d'un mois et qu'il était difficile de laisser certaines exploitations plus d'un mois sans traitement collectif, il n'a pas été possible d'établir une liste de randomisation. L'allocation du traitement a donc été réalisée au fur et à mesure des visites par minimisation, technique qui permet de limiter le déséquilibre entre groupes de traitement par rapport au critère de stratification choisi, ici la prévalence initiale, à chaque allocation. Même si cette méthode d'allocation ne fait pas intervenir le hasard, elle est considérée comme étant équivalente voire supérieure aux méthodes de randomisation (Scott et al., 2002, Treasure and MacRae, 1998). Nous avons cependant dû prendre en compte l'acceptation des protocoles de traitement par les éleveurs lors de l'allocation ce qui fait que certains traitements n'ont pas pu être alloués comme ils l'auraient été en suivant la méthode de minimisation. Même si les prévalences avant la mise en place des traitements étaient comparables entre lots de traitement (**Chapitre 4**), cet essai présente donc un certain biais de sélection, les caractéristiques des exploitations ou les perceptions des éleveurs pouvant être différentes en fonction des protocoles de traitement. Ce biais pourrait expliquer le fait que les exploitations ayant appliqué un traitement collectif toutes les 4 semaines, protocole de traitement collectif le moins contraignant, aient obtenu les résultats les moins bons, les résultats sur la limitation de l'incidence étant même inférieurs à ceux du lot témoin qui n'appliquait que des traitements individuels.

Dans ce lot témoin, nous avons observé une proportion de guérison spontanée assez importante, 83% des pieds qui avaient été notés avec des lésions aiguës (M2) ayant guéri au bout de 6 mois avec un taux de guérison mensuel de 50% pour ces lésions, alors que des guérisons spontanées ne sont que rarement décrites (Vink, 2004). Cependant, dans la plupart des études scientifiques, les lésions détectées actives sont rapidement traitées pour des raisons de bien-être, empêchant ainsi de pouvoir observer ces guérisons spontanées. Dans un essai clinique où un des deux pieds n'était pas traité pour servir de témoin négatif, Manske et al. (2002) avaient observé un peu plus de 50% de guérison spontanées en l'espace de 5 mois lorsque les animaux étaient en pâtures. Un environnement propre pourrait donc permettre à certaines lésions de DD de guérir spontanément sans nécessiter de traitements. Dans notre essai, il est également possible que le nettoyage des pieds, réalisés mensuellement pour noter les pieds vis-à-vis de la DD, ait amélioré la propreté des pieds et ainsi permis à certaines lésions de guérir spontanément. Thomsen et al. (2011) ont ainsi récemment rapporté qu'un système de nettoyage automatique des pieds avec de l'eau et du savon permettait d'augmenter significativement le taux de guérison des lésions de DD. Il aurait donc pu être intéressant de mettre en place un groupe de traitement placebo, utilisant des pédiluves mais remplis d'eau colorée pour vérifier que l'efficacité des traitements collectifs était bien liée au produit de traitement collectif et non juste au nettoyage des pieds préalable à ce traitement.

Le fait de ne pas avoir pu réaliser l'essai en aveugle, puisque les investigateurs étaient en charge d'expliquer l'application des traitements aux éleveurs et de vérifier l'observance de cette application, a pu constituer un biais d'évaluation. Nous avons limité les biais de jugement en ajoutant un effet aléatoire 'investigateur' dans les analyses de survie afin de prendre en compte les différences d'appréciation potentielles entre investigateurs.

Les résultats de cet essai clinique peuvent être extrapolés à la plupart des exploitations bovines laitières avec certaines précautions. Il faut en effet considérer que les résultats ne peuvent être extrapolés que si les traitements sont réalisés dans les mêmes conditions. Ces conditions impliquent l'utilisation des mêmes produits de traitement, appliqués aux concentrations

testées, pendant au moins 2 jours tous les 15 jours après nettoyage au jet d'eau des pieds, avec un traitement topique concomitant des lésions sévères de manière individuelle à l'oxytétracycline et un traitement de toutes les vaches en lactation. Ainsi, l'extrapolation des résultats à des exploitations équipées de robot de traite est assez délicate. Dans ces installations, il n'est en effet pour l'instant pas possible de nettoyer les pieds avant traitement, certains animaux peuvent ne pas aller se faire traire, notamment lorsqu'ils sont atteints de boiteries sévères (Borderas et al., 2008), et les traitements individuels sont plus difficiles à réaliser, à moins de traiter les animaux dans une cage de contention. Les troupeaux élevés en montagne peuvent également avoir des conditions d'élevage différentes, notamment en termes de type de pâture ou de logement, qui pourraient influencer la dynamique de la DD et donc les résultats de cet essai.

Par ailleurs, nous avons utilisé un pédiluve particulier dans cette étude, constitué de deux bacs plastiques séparés par une grille centrale (Bi-Pédiluve®). L'utilisation de ce pédiluve a pu améliorer l'efficacité des traitements en limitant la contamination fécale des bacs contenant la solution désinfectante. Ces pédiluves ont dû être remplacés par des pédiluves traditionnels dans 4 exploitations car les animaux n'avaient pas réussi à s'habituer à la présence de la grille centrale. Dans les 18 autres exploitations, les animaux sont facilement passés dans les pédiluves après 3 ou 4 applications. La facilité d'application semble donc en partie dépendre du positionnement des pédiluves et du niveau de stress des animaux. Ces pédiluves semblent également être intéressants par les économies de produit qu'ils permettent puisque leur contenance est de 160 l au lieu de 300 l pour les pédiluves classiques.

Il est possible que des résultats similaires, voire meilleurs aient pu être obtenus avec d'autres produits désinfectants. Ces produits devraient cependant être évalués dans des essais cliniques contrôlés menés dans différentes exploitations avant de pouvoir juger de leur efficacité.

L'évaluation du statut des animaux vis-à-vis de la DD a été réalisée toutes les 4 semaines dans cet essai (**Chapitre 4**). Cette fréquence correspond à la fréquence habituellement pratiquée lorsque les animaux sont suivis sur plusieurs mois (Holzhauer et al., 2008b, Somers et al., 2005b), car elle reste acceptable par les éleveurs. Il est cependant possible que certaines transitions lésionnelles vers un état guéri ou nouvellement atteint n'aient pas été observées. Holzhauer et al. (2008a) avaient en effet rapporté que même si les lésions actives avaient tendance à persister sur plusieurs semaines, certaines de ces lésions pouvaient apparaître ou guérir en l'espace d'une semaine. Cette observation vient également d'être récemment rapportée (Nielsen et al., 2011a). Une inspection des postérieurs tous les 15 jours, voire toutes les semaines, aurait donc pu permettre d'affiner les résultats, mais il n'est alors pas certain que les éleveurs aient accepté ces conditions. Par ailleurs, un nettoyage plus fréquent des postérieurs, nécessaire à l'observation des lésions, aurait pu modifier l'évolution des lésions de DD et ainsi biaiser les résultats.

Pour prendre en compte le fait que le statut des animaux n'était connu que toutes les 4 semaines, il aurait fallu utiliser des méthodes d'analyses de survie qui intègrent ces censures par intervalles. Il n'existait cependant pas de logiciel, à notre connaissance, qui permette de réaliser des analyses de survie incluant à la fois des variables dépendantes du temps, des effets aléatoires, un jeu de donnée de taille assez conséquente (près de 10 000 individus statistiques) et des censures par intervalle, sans mettre en œuvre de programmations complexes. Comme la censure intervenait à intervalles réguliers pour tous les individus et avec des pas-de-temps relativement faibles, il n'est cependant pas certain que les effets estimés aient été très éloignés de ceux qui auraient pu être estimés avec des analyses plus complexes (Lindsey and Ryan, 1998).

Enfin, une des étapes clé dans l'estimation de l'impact de l'exposition à des facteurs sur la survenue d'une variable d'intérêt est l'appréciation de la durée d'exposition à ces facteurs, notamment pour ceux variant au cours du temps. L'exposition à un facteur peut en effet impliquer une certaine période de latence avant de pouvoir observer l'évènement, dans notre essai, la guérison ou la survenue d'une lésion, et la fin de l'exposition à cet effet peut être suivie

d'une certaine rémanence (Dohoo et al., 2003). Dans l'idéal, la détermination des périodes d'exposition devrait être basée sur des données scientifiques. Malheureusement, dans le cas de la DD, ces données n'étaient pas toujours disponibles et il a fallu faire certains choix de manière arbitraire. Ainsi, les facteurs pour lesquels nous n'avions aucune donnée sur leur potentielle durée d'effet et intervenus à une date unique ont été inclus de manière binaire, *i.e.* absence vs présence de ce facteur entre le début du suivi et la survenue de l'évènement, guérison, nouvelle lésion ou dernière observation en cas de censure. Cette approche a été retenue pour des facteurs tels que la réalisation d'un parage ou la présence d'une lésion active sur le pied controlatéral. Ceux pour lesquels nous connaissions les dates de début et de fin de survenue, tels que l'accès aux pâtures, ont été inclus comme variables dépendante du temps en considérant les dates de survenue de ce facteur comme étant les dates d'exposition à ce facteur. Pour l'effet de l'application d'un traitement individuel, nous connaissions les dates de début et de fin d'application ainsi que des durées de guérison habituellement décrites entre 3 jours et 30 jours après la dernière application d'un traitement (Döpfer et al., 2011, Kofler et al., 2004). Comme la guérison réelle pouvait intervenir avant de pouvoir être observée, nous avons testé différents scénarii de fenêtres d'exposition en faisant varier les bornes de cette fenêtre par pas-de-temps de 5 jours de 0 à 45 jours et choisi celle qui avait la meilleure adéquation au modèle en se basant sur le critère d'Akaike (Akaike, 1974). Enfin pour les traitements collectifs, l'objectif était de tester des protocoles de traitement et non l'impact précis d'une durée d'application. Nous avons donc considéré ces facteurs en tant que types de traitement faisant effet dès leur mise en place. Ceci avait pour conséquences que la durée minimale d'efficacité préventive ou curative correspondait à l'intervalle entre 2 visites et ne pouvait ensuite évoluer que par pas-de-temps d'environ 28 jours.

2.2. Estimation de l'impact de la DD sur les performances de production laitière

En plus de l'efficacité de mesures de contrôle de la DD, il nous a paru important de chercher à préciser l'impact technique de la DD. En effet, même si le bénéfice économique ne doit pas être le seul critère de mise en place d'une mesure de contrôle, cet argument reste important à considérer car il peut agir comme facteur de motivation des éleveurs à appliquer les conseils (Bareille et al., 2011) et orienter le choix des éleveurs sur les mesures qu'ils appliqueront dans leurs exploitations (**Chapitre 2**). Or, ce bénéfice dépend en partie de l'impact de la DD sur les performances de production des vaches atteintes, et notamment sur la production laitière, impact qui paraissait incertain (Amory et al., 2008, Green et al., 2010, Pavlenko et al., 2011). Nous avons donc choisi d'utiliser les données recueillies pendant l'essai clinique pour estimer l'impact de la DD sur la production laitière (**Chapitre 5**). Ce jeu de données était en effet intéressant à exploiter car il permettait d'avoir un nombre de cas de DD assez important, donc une certaine puissance d'analyse, avec un suivi longitudinal des animaux qui permettait d'affiner les estimations. Il était ainsi possible de connaître l'historique de la maladie pour chaque animal et donc de préciser la définition des statuts 'sain' ou 'atteint' par la DD au moment d'un contrôle laitier. Les données ayant été récoltées pendant 7 mois dans différentes exploitations, nous pouvions également évaluer l'impact de la DD sur la production laitière dans différentes situations d'élevage en termes d'alimentation, de bâtiments d'élevage ou de pratiques de pâturage. Nous avons ainsi pu mettre en évidence que l'impact mesurable de la DD était limité aux périodes pendant lesquelles les animaux n'avaient pas d'accès aux pâtures. Cette observation renforce ainsi le lien déjà montré entre l'expression clinique de cette maladie, liée à la douleur ressentie, et le type de sol sur lequel les animaux évoluent (Frankena et al., 2009).

Le protocole de l'essai clinique n'avait cependant pas été défini pour mesurer l'impact de la DD en priorité, ce qui a pu limiter certaines estimations. Comme les animaux n'ont été suivis que pendant 7 mois, nous n'avons pu estimer que des impacts à court-terme de la DD sur la production laitière. Il serait donc intéressant de mener des études sur une plus longue

durée, dans l'idéal 18 mois, afin d'estimer l'impact de la DD et de la durée des lésions sur une lactation entière. Par ailleurs, le statut des animaux vis-à-vis de la DD a été estimé alors qu'ils étaient inclus dans un essai clinique dans lequel la plupart ont été soumis à l'application répétée de traitements. Il est donc possible que les lésions observées aient été moins sévères que si ces observations avaient été réalisées en l'absence d'essai clinique, ce qui a pu sous-estimer l'impact réel de la DD sur la production laitière en condition de terrain.

3 - Perspectives

Le travail effectué pendant cette thèse a deux conséquences immédiates, l'identification de solutions concrètes qui pourront être utiles aux éleveurs et à leurs conseillers pour élaborer des programmes de contrôle de la DD et l'identification de pistes de recherche pour améliorer le contrôle de la DD dans les exploitations bovines laitières. Les mesures qui permettent et permettront d'améliorer le contrôle de la DD peuvent ainsi agir sur deux moyens, 1) l'amélioration des pratiques de traitement et 2) l'amélioration de la propreté et du confort des bâtiments d'élevage, l'objectif étant à terme de pouvoir élaborer des plans de contrôle de la DD adaptés à chaque exploitation.

3.1. Amélioration des pratiques de traitement

La grande diversité des pratiques de traitements mis en œuvre par les éleveurs en France témoigne du peu de repères sur les traitements disponibles, la manière de les appliquer et l'efficacité à en attendre (**Chapitre 2**). Les travaux de cette thèse ont permis de définir 2 protocoles de traitement associant des traitements individuels réalisés sur les animaux atteints sévèrement et des traitements collectifs appliqués tous les 15 jours, qui se sont révélés être efficaces, à la fois pour guérir les lésions et limiter l'incidence (**Chapitre 4**). Ces protocoles ont ainsi identifié des régimes, des concentrations et des moyens d'application qui pourraient être préconisés dans des plans de contrôle de la DD. L'application des traitements collectifs par pulvérisation pourrait ainsi s'avérer être assez intéressante du fait de la limitation de produit utilisé. La gestion de ces traitements demande cependant une certaine rigueur, impliquant notamment un nettoyage des pieds avant traitement et un renouvellement des solutions tous les 150 passages, qui pourrait être incompatible avec l'organisation du travail de certains éleveurs. L'utilisation de systèmes automatisés à la fois pour le nettoyage des pieds et l'application des traitements pourraient ainsi s'avérer être utile pour répondre aux manques de temps et de moyens humains évoqués comme freins à l'application des traitements (**Chapitre 2**). Certains systèmes ont déjà été développés et appliquent les produits de traitement soit *via* des pédiluves automatisés, soit *via* une mousse pulvérisée sur l'aire d'attente, mais ils restent

pour le moment relativement onéreux et leur efficacité reste discutée (Bergsten et al., 2007, Fiedler, 2004, Fiedler and Maierl, 2011). Ils mériteraient probablement d'être essayés avec différentes solutions de traitement.

La capacité des traitements collectifs à traiter les lésions sévères reste questionnée et il est pour le moment recommandé de traiter ces lésions de manière individuelle. A ce titre, le protocole de traitement individuel utilisé dans l'essai clinique s'est avéré être efficace pour guérir la plupart des lésions sévères et pourrait également être préconisé dans des plans de contrôle (**Chapitre 4**). Certaines lésions n'ont cependant pas réussi à guérir avec ce protocole. Il est donc possible que des lésions de DD plus sévères ou plus inflammatoires demandent des applications supplémentaires, voire une application sous pansement, moyen préconisé par certains auteurs car permettant au traitement d'être plus longtemps au contact de la lésion (Cook, 2006, Shahabaddin et al., 2007). Il est également possible que des lésions installées depuis longtemps soient difficile à guérir (Somers et al., 2005b), ce qui renforce la nécessité de détecter et traiter précocement les lésions de DD.

A ce titre, la méthode de détection en salle de traite développée dans le cadre de cette thèse (**Chapitre 3**), pourrait s'avérer utile pour les éleveurs dans leur gestion au quotidien de la maladie, pour détecter et traiter plus précocement les lésions de DD. Une des problématiques dans la gestion de la DD est en effet la capacité des éleveurs à détecter les lésions de DD, détection qui intervient souvent tard lorsque les lésions sont déjà bien installées et que les animaux boitent (**Chapitre 2**). Les lésions sont alors plus difficiles à guérir et étant infectieuses, elles ont eu le temps de contaminer des animaux sains.

Une des clés de la gestion de la DD semble donc être la capacité à détecter précocement les lésions et à traiter concomitamment tous les animaux atteints pour espérer faire baisser la pression d'infection, voire casser la dynamique de transmission de la DD. Les traitements collectifs semblent donc pouvoir jouer un rôle dans le contrôle de la DD en permettant justement de traiter concomitamment toutes les lésions et notamment les lésions précoces non détectées par les éleveurs (**Chapitre 4**). Une méthode qui permettrait de détecter précocement et concomitamment tous les animaux atteints serait donc

potentiellement d'efficacité équivalente à un traitement collectif, tout en permettant de cibler les traitements uniquement sur les animaux atteints. La méthode de détection développée dans le cadre de cette thèse (**Chapitre 3**), pourrait donc également être utilisée à cette fin. Au vu de la vitesse d'apparition des lésions (Nielsen et al., 2011a), elle devrait alors être dans un premier temps utilisée au moins tous les 15 jours, avec la possibilité d'espacer les détections si la prévalence reste nulle pendant plusieurs mois consécutifs. Cette méthode de détection collective demanderait cependant de passer du temps et, même si elle est facile d'utilisation et peu onéreuse, peut s'avérer être incompatible avec l'organisation du travail de certains éleveurs si elle est utilisée comme moyen de détection sur l'ensemble des animaux. Un système de détection automatisée des animaux atteints, tels que ceux qui permettent d'analyser la démarche des animaux, pourrait donc être utile (Maertens et al., 2011, Song et al., 2008, Tasch and Rajkondawar, 2004). Il faudrait cependant vérifier si ces systèmes sont suffisamment sensibles pour détecter précocement les animaux atteints, puisque les lésions précoces ont tendance à être moins douloureuses et pourraient donc ne pas affecter la démarche des animaux (Holzhauer et al., 2008a).

La réalisation de parage « préventif », *i.e.* sur l'ensemble des animaux, semble également être une mesure intéressante car elle permet à la fois de détecter des animaux atteints de lésions précoces et de traiter concomitamment l'ensemble des animaux dans des conditions qui permettent d'accéder le mieux aux lésions de DD, y compris dans l'espace interdigité. Nous avons bien observé que les pieds qui avaient été parés étaient moins sujets à développer une lésion de DD (**Chapitre 4**). Il est cependant difficile sur les résultats de cette thèse de conseiller une fréquence optimale pour la réalisation de ces parages. Certains auteurs préconisent que les animaux soient parés préventivement au moins deux fois par an (Somers et al., 2005a). Cette mesure permettrait de toute façon d'améliorer la santé des onglons en général, à condition que les parages soient correctement réalisés, sans chercher à retirer excessivement de la corne (Green and George, 2008).

Même si l'association de traitements individuels et collectifs s'est avérée utile pour contrôler la DD, un des résultats importants de cette thèse a

été de montrer qu'ils n'étaient pas suffisants seuls, même correctement appliqués, pour contrôler la DD (**Chapitre 4**). Il paraît donc illusoire de vouloir contrôler cette maladie uniquement avec des traitements, notamment si les animaux évoluent dans un environnement inconfortable et peu hygiénique.

3.2. Amélioration de la propreté et du confort des bâtiments d'élevage

Les travaux de cette thèse ont confirmé l'importance que jouait la propreté des membres, et donc des sols, dans le contrôle de la DD, puisqu'un défaut de propreté des membres a été identifié comme à la fois limitant la guérison des lésions et favorisant le développement de nouvelles lésions (**Chapitre 4**). Malheureusement, nous n'avons pas pu identifier quelles pratiques d'élevage conduisaient à ce que les pieds des animaux soient sales. La sortie des animaux en pâture a eu tendance à améliorer la guérison des lésions de DD et il est possible que cette pratique puisse être favorable au contrôle de la DD en permettant aux pieds d'être plus propres, notamment par nettoyage mécanique de l'herbe (Frankena et al., 1991, Nielsen et al., 2011b, Somers et al., 2005a). Peu de données existent sur les pratiques qui permettent de maintenir des sols propres dans les bâtiments d'élevage, notamment lorsque les animaux sont logés en logettes. Il serait donc intéressant de préciser les pratiques et une thèse vétérinaire va être réalisée à ce sujet à Nantes courant 2012.

Nous avons également observé que l'impact de la DD sur la production laitière n'était significatif que lorsque les animaux n'avaient pas d'accès aux pâtures (**Chapitre 5**). Ce constat va dans le sens de douleur des lésions ressentie différemment en fonction du confort des sols sur lesquels les vaches évoluent. Ce constat avait déjà été fait par Frankena et al. (2009) qui avaient constaté que les boiteries liées à la DD étaient plus sévères lorsque les animaux évoluaient en logette sur des sols bétonnés. L'aménagement de parcours pourrait donc être une mesure intéressante pour améliorer le contrôle de la DD, en permettant d'améliorer le confort des sols, à condition que ces parcours soient bien entretenus.

3.3. Elaboration de plans de contrôle personnalisés

On assiste pour le moment à un défaut de contrôle raisonné de la DD dans les exploitations bovines laitières (**Chapitre 2**). Ce défaut provient en partie du manque de connaissances sur les mesures capables de contrôler la DD mais surtout d'un défaut de conseil personnalisé prenant en compte les particularités de chaque exploitation. Les éleveurs attendent souvent de trouver un produit miracle qui leur permettrait d'éradiquer la maladie et se retrouvent à faire différentes tentatives de traitement, prenant souvent conseil auprès des personnes qu'ils jugent les plus compétentes dans ce domaine, à savoir leur pédicures bovins, puis leur vétérinaire ou leur conseiller des groupements de défense sanitaire (**GDS**) (Auzanneau, 2009). Une des mesures qui permettrait d'améliorer le contrôle de la DD serait donc l'élaboration de plans de contrôles concertés et adaptés à chaque situation. Soulignons à ce titre la parution récente d'un guide d'intervention, qui permet déjà d'améliorer la démarche à suivre pour élaborer des plans de contrôle des troubles locomoteurs (UMT Maîtrise de la Santé des Troupeaux Bovins, 2011). Les plans spécifiques à la DD devraient prendre en compte l'organisation du travail des éleveurs, leur capacité à détecter les lésions, les possibilités de lieux d'application des traitements et la prévalence de la DD, ainsi que le niveau sanitaire global. Comme pour d'autres affections podales, il est en effet possible que la DD ne soit pas qu'une affection débilite, mais également une affection des animaux débilités (Bicalho et al., 2009). Il faudrait alors veiller à ne pas se focaliser sur les protocoles de traitements mais également considérer toute mesure capable d'améliorer l'hygiène et le confort du logement. Il faudrait également veiller aux précautions prises lors de l'introduction d'un nouvel animal dans le troupeau, notamment pour les vaches primipares provenant d'autres troupeaux (Noordhuizen et al., 2010). Pour connaître la prévalence de la DD, l'idéal serait de réaliser un bilan en parant l'ensemble des vaches laitières. Il serait ainsi possible d'avoir une vision précise à la fois de la prévalence de la DD et des autres affections podales pouvant être à l'origine de troubles locomoteurs. L'élaboration du protocole de contrôle devrait inclure une visite des bâtiments d'élevage et une discussion avec les éleveurs, en veillant à ce que les mesures proposées soient

acceptés par toutes les personnes travaillant avec les vaches laitières. Un suivi de l'efficacité des mesures mises en place devrait ensuite être effectué, et la méthode développée dans cette thèse pourrait alors être utilisée pour juger de l'évolution de la maladie (**Chapitre 3**).

La modélisation dynamique de la propagation de la DD pourrait être d'une aide précieuse dans l'élaboration de ces plans de contrôle pour pouvoir tester différentes stratégies de contrôle, notamment des stratégies demandant des investissements importants ou des changements de conduite d'élevage. Il serait possible alors d'utiliser un modèle à compartiment de type SIR (Sensible-Infecté-Résistant). Ce modèle pourrait ensuite être couplé à un modèle économique afin d'évaluer le ratio coût-bénéfice des mesures de contrôle envisagées. La construction de ces modèles demande cependant de préciser certaines données relatives à la dynamique de la DD, telles que la durée des lésions en fonction des traitements entrepris, la durée avant récurrence et à l'impact zootechnique de la DD, tel que l'impact des différents types de lésions sur les performances de reproduction.

L'identification de facteurs qui permettent d'augmenter la résistance naturelle des animaux à la DD serait également souhaitable, afin à la fois d'améliorer le bien-être des animaux et limiter le recours aux traitements antibactériens.

Ces connaissances devraient permettre, à terme, d'améliorer le contrôle de la DD en élaborant des programmes de contrôle de la DD basés sur des connaissances scientifiques et non empiriques.

Références bibliographiques

- Akaike, H. 1974. A new look at the statistical model identification *Automatic Control*, IEEE Transactions on 19(6):716 - 723
- Amory, J. R., Z. E. Barker, J. L. Wright, S. A. Mason, R. W. Blowey, and L. E. Green. 2008. Associations between sole ulcer, white line disease and digital dermatitis and the milk yield of 1824 dairy cows on 30 dairy cow farms in England and Wales from February 2003-November 2004. *Prev. Vet. Med.* 83(3-4):381-391.
- Auzanneau, M. M. 2009. Etat des lieux des pratiques de gestion de la Maladie de Mortellaro par les éleveurs de bovins [Inventory practices of French dairy farmers to control digital dermatitis (Mortellaro disease)]. Page 171. Nantes, France.
- Baize, D., N. Saby, and W. Deslais. 2007. Teneurs en huit éléments en traces (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn) dans les sols agricoles en France - Résultats d'une collecte de données à l'échelon national. Page 86. ADEME – INRA – GIS Sol.
- Bareille, N., P. Roussel, F. Serieys, B. Frappat, and H. Seegers. 2011. Ex-ante assessment of profitability of a new control plan for mastitis as a motivation tool for dairy farmers. Pages 207-212 in *Udder health and communication*. Wageningen Academic Publishers, Utrecht, the Netherlands.
- Behlau, F., B. I. Canteros, G. V. Minsavage, J. B. Jones, and J. H. Graham. 2011. Molecular Characterization of Copper Resistance Genes from *Xanthomonas citri* subsp *citri* and *Xanthomonas alfalfae* subsp *citrumelonis*. *Appl. Environ. Microbiol.* 77(12):4089-4096.
- Bergsten, C., J. Hultgren, and A. Hillstrom. 2007. Using copper sulphate, peracetic acid or a combination of both in foot bath for the control of digital dermatitis and heel horn erosion in dairy cows. Page 96 in *Proc. of 13th International Congress in Animal Hygiene*, Tartu, Estonia.
- Bicalho, R. C., V. S. Machado, and L. S. Caixeta. 2009. Lameness in dairy cattle: A debilitating disease or a disease of debilitated cattle? A cross-sectional study of lameness prevalence and thickness of the digital cushion. *J. Dairy Sci.* 92(7):3175-3184.
- Blowey, R. 2005. Factors associated with lameness in dairy cattle. In *Practice* 27(3):154-162.

- Borderas, T. F., A. Fournier, J. Rushen, and A. M. B. De Passille. 2008. Effect of lameness on dairy cows' visits to automatic milking systems. *Canadian Journal of Animal Science* 88(1):1-8.
- Cook, N. 2006. Footbath alternatives. (14 Jul., 2011). Accessed Dec. 3, 2011. Online: <http://www.dairylandhoofcare.com/Articles/New-Articles/Footbath%20Alternatives.pdf>
- Dohoo, I., W. Martin, and H. Stryhn. 2003. *Veterinary Epidemiologic Research*. 1st ed. University of Prince Edward Island, Charlottetown, Prince Edward Island, Canada.
- Döpfer, D., A. Koopmans, F. A. Meijer, I. Szakall, Y. H. Schukken, W. Klee, R. B. Bosma, J. L. Cornelisse, A. J. van Asten, and A. A. ter Huurne. 1997. Histological and bacteriological evaluation of digital dermatitis in cattle, with special reference to spirochaetes and *Campylobacter faecalis*. *Vet. Rec.* 140(24):620-623.
- Döpfer, D., M. Lopez-Benavides, M. Buchalova, C. Mateus, N. Cook, A. Dusick, T. Hemling, M. Socha, D. Read, and A. Gomez. 2011. Clinical, histological, and microbial cure of acute digital dermatitis lesions and the influence of topical treatments upon cure. Page 25 in Proc. 16th Intern. Symp. 8th Conf. Lameness Ruminants. Laven, R., Rotorua, New Zealand.
- Edwards, A. M., D. Dymock, and H. F. Jenkinson. 2003. From tooth to hoof: treponemes in tissue-destructive diseases. *J. Appl. Microbiol.* 94(5):767-780.
- Elliott, M. K., D. P. Alt, and R. L. Zuerner. 2007. Lesion formation and antibody response induced by papillomatous digital dermatitis-associated spirochetes in a murine abscess model. *Infection and immunity* 75(9):4400-4408.
- Espejo, L. A., M. I. Endres, and J. A. Salfer. 2006. Prevalence of lameness in high-producing holstein cows housed in freestall barns in Minnesota. *J. Dairy Sci.* 89(8):3052-3058.
- Evans, N. J., J. M. Brown, I. Demirkan, R. D. Murray, W. D. Vink, R. W. Blowey, C. A. Hart, and S. D. Carter. 2008. Three unique groups of spirochetes isolated from digital dermatitis lesions in UK cattle. *Vet. Microbiol.* 130(1-2):141-150.
- Fiedler, A. 2004. Investigation of the efficacy of the Kovex-foam-system in the decrease of the incidence of *Dermatitis digitalis*; *Dermatitis interdigitalis*

and Erosio unguulae. Pages 148-150 in Proc. 13th Intern. Symp. 5th Conf. Lameness Ruminants. Zemlic, B., Maribor, Slovenija.

Fiedler, A. and J. Maierl. 2011. Decreased prevalence of digital dermatitis through the application of biocidal products in hof cleaning unit. Page 140 in Proc. 16th Intern. Symp. 8th Conf. Lameness Ruminants. Laven, R., Rotorua, New Zealand.

Frankena, K., J. G. Somers, W. G. Schouten, J. V. van Stek, J. H. Metz, E. N. Stassen, and E. A. Graat. 2009. The effect of digital lesions and floor type on locomotion score in Dutch dairy cows. *Prev. Vet. Med.* 88(2):150-157.

Frankena, K., E. N. Stassen, J. P. Noordhuizen, J. O. Goelema, J. Schipper, H. Smelt, and H. Romkema. 1991. Prevalence of lameness and risk indicators for dermatitis digitalis (Mortellaro disease) during pasturing and housing of dairy cattle. Pages 107-118 in Proc. Ann. meeting Soc. Vet. Epidemiology and Preventive Medicine, London, UK.

Green, L. E., J. Borkert, G. Monti, and N. Tadich. 2010. Associations between lesion-specific lameness and the milk yield of 1,635 dairy cows from seven herds in the Xth region of Chile and implications for management of lame dairy cows worldwide. *Animal Welfare* 19(4):419-427.

Green, L. E. and T. R. George. 2008. Assessment of current knowledge of footrot in sheep with particular reference to *Dichelobacter nodosus* and implications for elimination or control strategies for sheep in Great Britain. *Vet. J.* 175(2):173-180.

Greenough, P. R., C. K. W. Muelling, D. Döpfer, and D. J. Tomlinson. 2008. International atlas of lesions of cattle feet. Nomenclature and atlas update. Page 40 in Proc. 15th Intern. Symp. 7th Conf. Lameness Ruminants. Niemi, J., Kuopio, Finland.

Hill, A. B. 1965. The Environment and Disease: Association or Causation? *Proc R Soc Med* 58:295-300.

Holzhauer, M., C. J. Bartels, D. Döpfer, and G. van Schaik. 2008a. Clinical course of digital dermatitis lesions in an endemically infected herd without preventive herd strategies. *Vet. J.* 177(2):222-230.

Holzhauer, M., D. Döpfer, J. de Boer, and G. van Schaik. 2008b. Effects of different intervention strategies on the incidence of papillomatous digital dermatitis in dairy cows. *Vet. Rec.* 162(2):41-46.

- Kofler, J., M. Pospichal, and M. Hofmann-Parisot. 2004. Efficacy of the non-antibiotic paste Protexin Hoof-Care for topical treatment of digital dermatitis in dairy cows. *J. Vet. Med. Ser. A* 51(9-10):447-452.
- Laven, R. A. and H. Hunt. 2002. Evaluation of copper sulphate, formalin and peracetic acid in footbaths for the treatment of digital dermatitis in cattle. *Vet. Rec.* 151(5):144-146.
- Laven, R. A. and D. N. Logue. 2006. Treatment strategies for digital dermatitis for the UK. *Vet. J.* 171(1):79-88.
- Lindsey, J. C. and L. M. Ryan. 1998. Tutorial in biostatistics methods for interval-censored data. *Stat. Med.* 17(2):219-238.
- Maertens, W., J. Vangeyte, J. Baert, A. Jantuan, K. C. Mertens, S. De Campeneere, A. Pluk, G. Opsomer, S. Van Weyenberg, and A. Van Nuffel. 2011. Development of a real time cow gait tracking and analysing tool to assess lameness using a pressure sensitive walkway: The GAITWISE system. *Biosyst. Eng.* 110(1):29-39.
- Manske, T., J. Hultgren, and C. Bergsten. 2002. Topical treatment of digital dermatitis associated with severe heel-horn erosion in a Swedish dairy herd. *Prev. Vet. Med.* 53(3):215-231.
- Muehlbachova, G. 2011. Soil microbial activities and heavy metal mobility in long-term contaminated soils after addition of EDTA and EDDS. *Ecol. Eng.* 37(7):1064-1071.
- Mumba, T., D. Döpfer, C. Kruitwagen, M. Dreher, W. Gaastra, and B. A. van der Zeijst. 1999. Detection of spirochetes by polymerase chain reaction and its relation to the course of digital dermatitis after local antibiotic treatment in dairy cattle. *J. Vet. Med. Ser. B* 46(2):117-126.
- Nielsen, B. H., P. T. Thomsen, L. E. Green, and J. Kaler. 2011a. A study of the dynamics of digital dermatitis in 742 lactating dairy cows. *Prev. Vet. Med.* (In Press).
- Nielsen, B. H., P. T. Thomsen, and J. T. Sørensen. 2011b. Identifying risk factors for poor hind limb cleanliness in Danish loose-housed dairy cows. *Animal* 5(10):1613-1619.
- Noordhuizen, J., S. J. Boersema, J. C. d. Silva, and J. C. da Silva. 2010. Biosecurity plans in dairy cattle breeding units: developments and applications. *Bull. G.T.V.* (54):107-107.

- Pavlenko, A., C. Bergsten, I. Ekesbo, T. Kaart, A. Aland, and L. Lidfors. 2011. Influence of digital dermatitis and sole ulcer on dairy cow behaviour and milk production. *Animal* 5(8):1259-1269.
- Relun, A., R. Guatteo, P. Roussel, and N. Bareille. 2010. Utilisation des pédiluves en élevage bovin: quels risques pour l'environnement ? Pages 285-291 in *Journées Nationales des GTV*, Lille, France.
- Rodriguez-Lainz, A., P. Melendez-Retamal, D. W. Hird, D. H. Read, and R. L. Walker. 1999. Farm- and host-level risk factors for papillomatous digital dermatitis in Chilean dairy cattle. *Prev. Vet. Med.* 42(2):87-97.
- Scott, N. W., G. C. McPherson, C. R. Ramsay, and M. K. Campbell. 2002. The method of minimization for allocation to clinical trials: a review. *Control. Clin. Trials* 23(6):662-674.
- Shahabaddin, M., I. Nowrouzian, M. Nouri, and S. M. K. S. Javad. 2007. Clinical assessment of four individual treatment for digital dermatitis in dairy cows. *Iran. J. Vet. Surg.* 2(4):56-61.
- Somers, J. G., K. Frankena, E. N. Noordhuizen-Stassen, and J. H. Metz. 2005a. Risk factors for digital dermatitis in dairy cows kept in cubicle houses in The Netherlands. *Prev. Vet. Med.* 71(1-2):11-21.
- Somers, J. G., W. G. Schouten, K. Frankena, E. N. Noordhuizen-Stassen, and J. H. Metz. 2005b. Development of claw traits and claw lesions in dairy cows kept on different floor systems. *J. Dairy Sci.* 88(1):110-120.
- Song, X. Y., T. Leroy, E. Vranken, W. Maertens, B. Sonck, and D. Berckmans. 2008. Automatic detection of lameness in dairy cattle - Vision-based trackway analysis in cow's locomotion. *Comput. Electron. Agric.* 64(1):39-44.
- Speijers, M. H. M., L. G. Baird, G. A. Finney, J. McBride, D. J. Kilpatrick, D. N. Logue, and N. E. O'Connell. 2010. Effectiveness of different footbath solutions in the treatment of digital dermatitis in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93(12):5782-5791.
- Tasch, U. and P. G. Rajkondawar. 2004. The development of a SoftSeparatorTM for a lameness diagnostic system. *Comput. Electron. Agric.* 44(3):239-245.
- Teixeira, A. G. V., V. S. Machado, L. S. Caixeta, R. V. Pereira, and R. C. Bicalho. 2010. Efficacy of formalin, copper sulfate, and a commercial footbath product in the control of digital dermatitis. *J. Dairy Sci.* 93(8):3628-3634.

Thomsen, P., A. K. Ersbøll, T. Hemling, and J. T. Sørensen. 2011. Automatic washing of hooves can help cure digital dermatitis in dairy cows. Page 29 in Proc. 16th Intern. Symp. 8th Conf. Lameness Ruminants. Laven, R., Rotorua, New Zealand.

Toutain, B. and G. Yart. 2010. INDIQUASOL : Base de Données Indicateurs de la Qualité des Sols. Vol. 2010. INRA ed. INRA.

Treasure, T. and K. D. MacRae. 1998. Minimisation: the platinum standard for trials?. Randomisation doesn't guarantee similarity of groups; minimisation does. *BMJ*. 317(7155):362-363.

UMT Maîtrise de la Santé des Troupeaux Bovins. 2011. Guide d'intervention pour la maîtrise des boiteries en troupeaux de vaches laitières. Par Bareille N. et Roussel P. Technipiel, Paris. Page 113.

Vink, D. 2004. Bovine digital dermatitis: from aggravation to intervention. Accessed Dec. 3, 2011. Online: <http://epicentre.massey.ac.nz/daan42/Professional/Stirling.PDF>.

Wells, S. J., L. P. Garber, and B. A. Wagner. 1999. Papillomatous digital dermatitis and associated risk factors in US dairy herds. *Prev. Vet. Med.* 38(1):11-24.

Conclusion générale

L'objectif de cette thèse était d'évaluer des mesures qui semblaient prometteuses pour diminuer durablement la prévalence de la dermatite digitée (DD) dans les élevages bovins laitiers, en permettant de limiter et de raisonner l'utilisation d'antibiotiques, tout en étant respectueuses de l'Homme et de l'Environnement et en restant acceptables par les éleveurs.

Les principales conclusions de cette thèse sont :

- Le contrôle de la DD se fait pour le moment dans les élevages bovins laitiers de manière empirique, avec un manque de repère sur les bonnes pratiques de traitement.
- Les principales limites à l'application des traitements sur le terrain sont le temps et la main d'œuvre nécessaire à leur application.
- Le contrôle de la dermatite digitée demande une approche globale et raisonnée, incluant l'amélioration des conditions d'élevage et de la conduite de troupeau en plus de l'application de traitements.
- La propreté des pieds est un élément essentiel dans le contrôle de la DD, à la fois pour limiter l'incidence et améliorer la guérison clinique des lésions actives de DD.
- Les traitements collectifs utilisant une solution désinfectante à base de minéraux chélatés peuvent être d'une aide précieuse à la fois pour améliorer la guérison des lésions actives de DD et pour en limiter l'incidence, en plus des traitements individuels appliqués sur les lésions sévères.
- Ces traitements collectifs ne sont utiles qu'à condition de respecter certaines conditions d'application, incluant une fréquence d'application suffisante, un nettoyage préalable des pieds, un respect des concentrations et du nombre de passage avant renouvellement des solutions.
- L'application des traitements collectifs par pulvérisation en salle de traite sur les postérieurs peut être une bonne alternative à leur application en pédiluve de passage.

- Parmi les facteurs liés à la conduite d'élevage, le parage est une mesure intéressante pour limiter l'incidence de la DD et la sortie en pâture a tendance à améliorer la guérison des lésions de DD.
- La DD a un impact modéré mais réel sur la production laitière lorsque les animaux sont en stabulation.
- Une méthode simple de notation des lésions de DD en salle de traite utilisant un miroir orientable et une lampe frontale puissante pourrait être utile pour les chercheurs dans les études épidémiologiques.
- Cette méthode pourrait également être utile pour les éleveurs en leur permettant de détecter et traiter plus précocement les lésions de DD et suivre l'évolution de la maladie dans leur troupeau.

Finalement, deux grands principes semblent émerger pour assurer un contrôle optimal de la DD, 1) la nécessité de soigner rapidement et concomitamment les animaux atteints de DD et 2) la nécessité de maintenir les sols des bâtiments d'élevage propres et confortables. L'analyse de la situation de chaque exploitation devrait aboutir à la mise en place de recommandations ciblées et applicables, élaborées en concertation avec les différents intervenants en santé animale. Le développement de systèmes automatisés à la fois pour détecter, voire traiter les animaux permettrait de pallier aux manques de temps et de moyen humain rencontrés dans les exploitations modernes, ces systèmes ne devant cependant pas se substituer à l'application de mesures qui permettraient d'améliorer le confort et l'hygiène des bâtiments d'élevage. L'identification de ces mesures reste à préciser. L'élaboration de modèles de dynamique de la propagation de la DD couplés à des modèles économiques permettrait de pouvoir tester différentes stratégies de contrôle de la DD et ainsi préciser le ratio coût-bénéfice à attendre des mesures potentielles de contrôle. L'identification de facteurs de résistance des animaux à la DD serait également utile pour améliorer le contrôle de la DD. L'ensemble de ces connaissances devrait permettre à terme d'élaborer des plans de contrôle de la DD basés sur des connaissances scientifiques et non empiriques de manière à faire diminuer durablement la prévalence de la DD dans les élevages et ainsi améliorer le bien-être des vaches laitières.

Liste des publications réalisées et prévues

Articles dans périodiques à comité de lecture internationaux

Acceptés

Relun, A., R. Guatteo, N. Bareille, and P. Roussel. 2011. A simple method to score digital dermatitis in dairy cows in the milking parlor. *J. Dairy Sci.* 94(11):5424-5434.

Soumis

Relun, A., A. Lehébel, N. Bareille, and R. Guatteo. Effectiveness of different regimens of a collective topical treatment using a solution of copper and zinc chelates in the cure of digital dermatitis in dairy farms under field conditions. *J. Dairy Sci.* (en révision).

En préparation

Relun, A., A. Lehébel, N. Bareille, and R. Guatteo. Estimation of the relative impact of treatment and management factors on prevention of digital dermatitis by survival analysis. Prev. Vet. Med. En préparation, 2011.

Relun, A., A. Lehebel, R. Guatteo, N. Bareille, and A. Chesnin. Short-term effect of DD on the milk yield in French dairy cows. J. Dairy Sci. En préparation, 2011.

Relun, A., M. M. Auzanneau, R. Guatteo, and N. Bareille. Digital dermatitis in dairy cattle: Farmer satisfaction with current treatment management and limits for adoption of new ones in France. Animal, En préparation, 2011.

Articles dans périodiques à comité de lecture nationaux

Acceptés

Guatteo, R., A. Relun, A. Douart, and N. Bareille. 2011. Les agents infectieux impliqués dans les affections podales des bovins. *Le Point Vét.* 42:42-49.

Guatteo, R., A. Relun, M. M. Auzanneau, A. Douart, and N. Bareille. 2011. Efficacité curative et préventive des antibactériens dans le traitement des boiteries chez les bovins. *Bulletin des G.T.V.* 59:69-78.

En préparation

Relun, A., R. Guatteo, N. Bareille, A. Douart and P. Roussel. 2011. Avancées récentes dans le contrôle de la dermatite digitée dans les élevages bovins laitiers. Le Point Vet., Prévu 2012.

Communications orales données à l'invitation du comité d'organisation dans un congrès national ou international

Acceptées

Guatteo R., Relun A., Auzanneau M. M., Douart A., Bareille N., 2010. Efficacité des antibactériens dans le traitement des affections podales chez les bovins et risques associés à leur utilisation. in *Journées Nationales des Groupements Techniques Vétérinaires (GTV)*, Lille, France, 26-28 mai, 193-201.

Relun A., Guatteo R., Auzanneau M. M., Roussel P., Bareille N., 2010. Utilisation des pédiluves en élevage bovin : quels risques pour l'environnement ? in *Journées Nationales des Groupements Techniques Vétérinaires (GTV)*, Lille, France, 26-28 mai, 285-291.

Relun A., Guatteo R., Bareille N., 2010. Digital dermatitis in cows: current state of knowledge. in *61th Annual meeting of the European Association for Animal Production (EAAP)*, Heraklion, Crète Island, Greece, 23-27 août,

En préparation

Relun, A., A. Lehébel, N. Bareille, and R. Guatteo, 2012. Impacts relatifs de traitements et de conduites d'élevage sur la prévention et la guérison de la dermatite digitée dans des élevages bovins laitiers en France in 19èmes Rencontre Recherches Ruminants, Paris, France.

Communications orales avec actes dans un congrès ou un symposium national ou international

Relun A., Lehébel A., Bareille N., Guatteo R., 2012. Estimation of the relative impact of treatment and management factors on prevention of digital dermatitis by survival analysis. in Society for Veterinary Epidemiology and Preventive Medicine (SVEPM), Glasgow, United-Kingdom, 28-30 mars, Accepté.

Relun, A., R. Guatteo, N. Bareille, and P. Roussel. 2011. Scoring of digital dermatitis in the milking parlour: assessment of a new method. Page 27 in Proc. 16th Intern. Symp. 8th Conf. Lameness Ruminants. Laven, R., Rotorua, New Zealand.

Communications orales sans actes dans un congrès international ou national

Acceptées

Relun A., Guatteo R., Bareille N., Lehébel A., 2011. Assessment of the curative and preventive effectiveness of different practical modalities of collective treatment of digital dermatitis in dairy herds. in *European Buiatrics Forum*, Marseille, France, 16-18 novembre

Relun A., Guatteo R., Roussel P., Bareille N., 2010. Dermatite digitée, focus sur deux points de gestion : la détection en salle de traite & la toxicité des pédiluves. in *Journée Bovine Nantaise*, Nantes, France, 30 septembre

Soumises

Relun A., Guatteo R., Roussel P., Bareille N., 2012. Scoring of digital dermatitis during milking: assessment of a new method. in *27th World Buiatrics Congress (WBC)*, Lisbonne, Portugal, 3-8 juin,

Relun A., Lehébel A., Bareille N., Guatteo R., 2012. Assessment of the curative and preventive effectiveness of different practical modalities of a collective treatment of digital dermatitis in dairy herds. in *27th World Buiatrics Congress (WBC)*, Lisbonne, Portugal, 3-8 juin,

En préparation

Relun, A., A. Lehébel, N. Bareille, and R. Guatteo, 2012. Utilisation de l'analyse de survie pour évaluer l'impact de mesures de contrôle de maladies infectieuses : application à la dermatite digitée. in *Journées Scientifiques de l'Association pour l'Étude de l'Épidémiologie des Maladies Animales (AEEMA)*, Maisons-Alfort, France

Communications par affiche dans un congrès international ou national

Relun A., Guatteo R., Bareille N., Roussel P., 2011. Control of digital dermatitis in dairy farms: evaluation of the curative and preventive effectiveness of different practical modalities of collective treatment. in *16th Symposium and 8th Conference on Lameness in Ruminants*, Rotorua, New Zealand, 28 février - 3 mars, 170.

Relun A., Guatteo R., Roussel P., Bareille N., 2010. Assessment of a method for the detection and the scoring of digital dermatitis in dairy cows during milking. in *Society for Veterinary Epidemiology and Preventive Medicine (SVEPM)*, Nantes, France, 24-26 mars,

Relun A., Guatteo R., Roussel P., Bareille N., 2010. Evaluation d'une méthode de détection et de notation de la dermatite digitée (maladie de Mortellaro) chez la vache laitière en salle de traite. in *Journées Scientifiques de l'Association pour l'Étude de l'Épidémiologie des Maladies Animales (AEEMA)*, Maisons-Alfort, France, 20-21 mai,

Relun A., Guatteo R., Roussel P., Bareille N., 2010. Qualification d'une méthode simplifiée de détection et de notation de la dermatite digitée (maladie de Mortellaro) chez la vache laitière en salle de traite. in *17^{èmes} Rencontres Recherches Ruminants*, Paris, France, 08-09 décembre, 98.

Evaluation de mesures de maîtrise de la dermatite digitée dans les troupeaux bovins laitiers

Anne Relun

Résumé

L'objectif de cette thèse était d'évaluer des mesures jugées prometteuses pour diminuer durablement la prévalence de la dermatite digitée (DD) dans les troupeaux bovins laitiers. Les pratiques de traitement devaient être efficaces, acceptables pour les éleveurs et non toxiques pour l'Homme et l'Environnement. Une première partie s'est intéressée aux freins et motivations des éleveurs français vis-à-vis des pratiques de traitement de la DD. Il en ressortait le besoin d'identifier des régimes optimaux d'application des traitements, tout en étudiant des alternatives au pédiluve pour l'application de traitements collectifs. Après avoir mis au point et évalué une méthode simple de notation de la DD en salle de traite, un essai clinique a été mené dans 52 troupeaux bovins laitiers. Cet essai a permis d'évaluer, à l'aide d'analyses de survie, l'efficacité relative de 4 protocoles de traitement et des pratiques d'élevage pour diminuer l'incidence et améliorer la guérison des lésions de DD. Il a été montré qu'un traitement à base de minéraux chélatés appliqué 2 jours toutes les 2 semaines, *via* un pédiluve de passage ou une application par spray en salle de traite est efficace pour diminuer l'incidence et améliorer la guérison clinique des lésions de DD. La propreté des pieds et la réalisation d'un parage avant la détection d'une lésion de DD jouaient également un rôle essentiel. Enfin, l'impact de la DD sur la production laitière a pu être estimé à 0,6 à 0,9 kg/jour. Les résultats de cette thèse renforcent la nécessité d'une approche globale qui intègre des protocoles de traitement et les pratiques d'élevage pour élaborer des stratégies de contrôle de la DD efficaces et rentables.

Mots clés

bovin, dermatite digitée, épidémiologie, mesures de lutte, méthode de notation, traitement, hygiène, production laitière, analyse de survie

Abstract

The aim of this PhD thesis was to assess the effectiveness of different promising measures to durably decrease the prevalence of digital dermatitis (DD) in dairy herds. The treatment modalities to be studied should be acceptable for farmers and not toxic both for Human and the Environment. A first part was dedicated to investigate the motivations and limits of French dairy farmers towards the implementation of different treatments against DD. The need for evidence of optimal frequency of application of collective treatments with footbath or another way of application was enlighten. After the development and the assessment of a simple method for scoring of DD lesions in the milking parlor, a clinical trial was conducted in 52 dairy herds. This clinical trial aimed at assessing, using survival analysis, the relative effectiveness of 4 different treatment regimens and herd practices to decrease the incidence and increase the cure rate of DD lesion. The implementation of walk-through footbath and collective spraying using a solution of chelated minerals were effective to significantly decrease the incidence and improve cure rate of DD lesions when applied over 2 days every fortnight. Legs hygiene and hoof trimming before DD detection were also found crucial to control DD. Lastly, the impact of DD on milk yield was estimated to 0,6 to 0,9 kg/day. These results highlight the need of combining several control measures, including both treatments and herd practices to design relevant control strategies of DD in dairy herds.

Key Words

dairy cattle, digital dermatitis, epidemiology, control measures, scoring method, treatment, hygiene, milk yield, survival analysis