

CONTRÔLE DE LA DERMATITE DIGITÉE : ÉVALUATION DE L'IMPACT RELATIF DE PRATIQUES D'ÉLEVAGE ET DE TRAITEMENT POUR LIMITER L'INCIDENCE, À L'AIDE D'ANALYSE DE SURVIE*

Anne Relun^{1,2,3,4}, Anne Lehébel^{1,2}, Raphaël Guatteo^{1,2,3} et Nathalie Bareille^{1,2,3}

RÉSUMÉ

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'impact relatif des pratiques d'élevage et de traitement sur l'incidence de la dermatite digitée (DD) en conditions d'élevage. Une étude d'intervention a été conduite dans 52 exploitations bovines laitières atteintes de manière enzootique par la DD. Les exploitations ont été réparties de manière quasi-aléatoire dans quatre protocoles de traitement, incluant deux fréquences et deux moyens d'application collective d'une solution désinfectante sur les pieds des vaches, et suivies toutes les quatre semaines pendant six mois. L'effet de ces traitements et de potentiels facteurs de risque sur la survenue de lésions de DD a été étudié par analyse de survie à l'aide d'un modèle de Cox à effet aléatoire incluant des variables dépendantes du temps. Une prévalence initiale élevée de DD et une mauvaise propreté des membres ont fortement augmenté le risque de DD, ainsi que, dans une moindre mesure, l'absence de parage. Une désinfection collective appliquée pendant deux jours tous les 15 jours a eu tendance à limiter l'incidence. Ces résultats confortent la nécessité d'une intervention multifactorielle pour limiter l'incidence de la DD dans les troupeaux bovins laitiers.

Mots-clés : dermatite digitée, facteur de risque, traitement, modèle de Cox.

SUMMARY

This study was designed to evaluate the respective impact of treatment and management practices on the incidence of digital dermatitis (DD) in cattle under field conditions. An intervention study was conducted in 52 dairy herds endemically affected by DD. The herds were quasi-randomly assigned to one of four treatment regimens, including 2 frequencies and 2 techniques of disinfectant application on the cows' feet. The results were monitored every 4 weeks for a total of 6 months. The impact of treatment regimens and potential risk factors were assessed using a Cox frailty model including time-dependent covariates. A high initial prevalence of DD, a poor leg hygiene and a lack of hoof trimming strongly increased the risk of DD. Collective treatments applied over 2 days every other week tended to limit the incidence of DD. These results suggest the need for a multifactorial approach to limit the incidence of DD in dairy herds.

Keywords: Digital dermatitis, Risk factor, Treatment, Cox model.



* Texte de la communication orale présentée au cours des Journées scientifiques AEEMA, 1^{er} juin 2012

¹ LUNAM Université, Oniris, UMR1300 Biologie, épidémiologie et analyse de risque en santé animale, 44307 Nantes, France

² INRA, UMR1300 BioEpAR, 44307 Nantes, France

³ UMT Maîtrise de la santé des troupeaux bovins, 44307 Nantes, France

⁴ Institut de l'Élevage, 149 rue de Bercy, 75595 Paris, France

I - INTRODUCTION

Alors qu'elle était inconnue avant les années 1970s, la dermatite digitée (DD) est devenue une des principales causes de boiterie chez la vache laitière. Dans les années 2000, elle était ainsi observée de manière enzootique dans la plupart des troupeaux bovins laitiers en Europe et en Amérique du Nord [Offer *et al.*, 2000 ; Somers *et al.*, 2003]. Cette maladie est caractérisée par des lésions cutanées circonscrites, érosives à ulcératives, situées le plus souvent entre les talons des pieds postérieurs [Read et Walker, 1998]. Elle représente un réel défi pour les éleveurs car une fois introduite dans un troupeau, elle donne lieu à des flambées récurrentes de boiteries et très peu de cas d'éradication ont été décrits. En plus d'affecter le bien-être des animaux, cette maladie limite la productivité des exploitations, du fait du coût des traitements et de la diminution de performances zootechniques des animaux atteints, et donne lieu à une forte consommation d'antibiotiques [Bruijn *et al.*, 2010].

Comme la DD est une maladie multifactorielle à composante infectieuse, son contrôle pourrait reposer sur la maîtrise des facteurs de risque et la mise en place de mesures médicales. Deux facteurs importants limitent pourtant l'amélioration du contrôle de la DD. Premièrement, les facteurs de risque correspondant à des pratiques d'élevage qui pourraient être modifiées, telles que la réalisation régulière de parage ou la sortie des vaches en pâture, ont été identifiés à l'aide d'études transversales [Holzhauer *et al.*, 2006 ; Somers *et al.*, 2005 ; Wells *et al.*, 1999]. Leur implication causale reste donc incertaine, ce qui en limite la recommandation en tant que mesure de contrôle. En conséquence, les mesures médicales restent souvent les seules mesures mises en place par les éleveurs confrontés à la DD [Laven et Logue, 2006 ; Nuss, 2006]. Celles-ci consistent à traiter individuellement les animaux atteints, le plus souvent à l'aide de sprays antibactériens et à réaliser une désinfection des pieds, habituellement *via* des pédiluves [Laven et Logue, 2006]. Deuxièmement, il y a un réel manque de connaissances sur l'efficacité de cette désinfection des pieds pour limiter l'incidence de la DD, avec deux grandes inconnues : le protocole de traitement optimal pour contrôler la DD et l'influence des

conditions d'élevage sur leur efficacité [Laven et Logue, 2006]. On assiste de ce fait à une grande diversité de pratiques de désinfection, souvent perçue comme décevante par les éleveurs [Laven et Logue, 2006 ; Relun, 2011]. Ces pratiques sont parfois considérées comme facteurs de risque dans des études observationnelles mais leur diversité rend leur catégorisation délicate, et leur absence de prise en compte peut biaiser les résultats. La mise en place d'études longitudinales, incluant une intervention sur les pratiques de traitement, apparaît nécessaire pour mieux apprécier le rôle joué par les pratiques d'élevage et de traitement sur l'incidence de la DD.

L'utilisation de modèles statistiques classiques présente certaines limites pour mettre en évidence un lien entre des potentiels facteurs de risque et la survenue de la DD en conditions d'élevage. La régression logistique est bien adaptée pour identifier des facteurs de risque de survenue d'une maladie, mais elle nécessite que les durées de suivi de chaque individu soient identiques et que ces individus aient été observés pendant la même période [Dohoo *et al.*, 2003]. Ces deux conditions sont rarement observées dans des études observationnelles en élevage bovin laitier, du fait d'entrée de génisses dans le troupeau intervenant souvent tout au long de la période de suivi. De plus, la régression logistique ne permet pas de prendre en compte les données censurées, ni la cinétique d'exposition à un facteur lorsque son exposition peut varier au cours du temps. Enfin, l'effet estimé à l'aide de régression logistique est l'effet de facteurs sur la survenue, oui ou non, de la maladie et non sur la rapidité de survenue de cette maladie. Cette méthode peut donc manquer de puissance pour identifier certains facteurs de risque, notamment pour une maladie infectieuse [Dohoo, 2008]. L'analyse de survie, en particulier le modèle de Cox, paraît être un modèle d'analyse adapté à l'identification de facteurs de risque d'une maladie infectieuse en conditions d'élevage car elle permet de prendre en compte la rapidité de survenue de la maladie, de considérer toute l'information issue des données non-censurées comme censurées et d'inclure des variables dont l'exposition peut varier au cours du temps [Cox, 1972].

Cet article illustre l'utilisation d'un modèle de Cox pour identifier et hiérarchiser des facteurs de risque d'une maladie infectieuse multifactorielle avec des facteurs dont l'exposition peut varier au cours du temps.

L'objectif de l'étude était d'estimer l'impact relatif de pratiques d'élevage et de traitement sur l'incidence de la DD dans des troupeaux affectés de manière enzootique par la DD.

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'étude menée était une étude d'intervention quasi-randomisée, multicentrique, avec groupe contrôle. Elle a été menée entre novembre 2009 et décembre 2010. Le protocole a reçu l'agrément du Comité d'éthique en expérimentation animale des Pays de la Loire.

1. POPULATION DE L'ÉTUDE

Cette étude s'est déroulée dans 52 exploitations bovines laitières situées dans l'Ouest de la France. Pour le recrutement, les pédicures bovines, vétérinaires et contrôleurs laitiers de cette région ont été contactés, afin d'identifier des exploitations bovines laitières pouvant correspondre aux critères de sélection. Pour être incluses, les exploitations devaient : (1) être atteintes par la DD depuis au moins deux ans (situation enzootique), (2) disposer d'une salle de traite (lieu de détection des animaux atteints et d'application des traitements) et (3) ne pas avoir prévu de fusion de troupeau au cours de l'étude (pour éviter l'entrée massive d'animaux). Dans la mesure du possible, les éleveurs devaient être adhérents au contrôle laitier, de manière à disposer d'informations sur la production laitière des vaches.

Pour le détail des caractéristiques des exploitations, le lecteur peut se reporter à l'article écrit par Relun *et al.* [2012b]. En bref, dans la majorité des exploitations, les vaches étaient de race Prim'Holstein, élevées en stabulation à logettes et sortaient en pâtures au printemps. Sept exploitations élevaient les vaches laitières sur aire paillée, six exploitations étaient en système zéro-pâturage, trois exploitations n'élevaient que des vaches de race Normande et deux exploitations avaient à peu près autant de vaches de race Normande que de race Prim'Holstein. Les vaches étaient traitées deux fois par jour, avec une médiane de production laitière à 305 jours de 8 685 kg [5 376 - 12 569] pour les vaches de race Prim'Holstein et de 6 213 kg [3 901 - 9 193] pour les vaches

de race Normande. Un peu plus de la moitié des éleveurs faisait réaliser un parage préventif une à deux fois par an (respectivement n=19 et n=14). Avant le début de l'étude, 29 éleveurs avaient mis en place une désinfection collective des pieds et seuls trois éleveurs n'utilisaient aucun traitement individuel contre la DD.

Lors de la visite de pré-étude, la prévalence moyenne était de 10% (de 0% à 37% des pieds arrières atteints avec une lésion active de DD [M1 ou M2, cf. section « collecte des données »] par exploitation).

2. PROTOCOLES DE TRAITEMENT

Les protocoles de traitement ont également été détaillés dans l'article écrit par Relun *et al.* [2012b]. Après n'avoir appliqué pendant un mois que des traitements individuels, les exploitations ont été réparties dans un des quatre protocoles de traitement appliqués pendant six mois. Pour des raisons d'éthique et de bien-être, tous les éleveurs, quel que soit le protocole de traitement appliqué, devaient traiter individuellement les animaux qu'ils détectaient comme étant atteints par la DD selon un protocole standardisé (oxytétracycline 30 mg/ml par voie topique [Oxytetrin P®, MSD Santé Animale], deux traitements à 48 heures d'intervalle, un traitement correspondant à deux pulvérisations à 15 secondes d'intervalle appliqué localement sur un pied préalablement nettoyé). Dans le protocole « Contrôle », aucune désinfection des pieds n'était réalisée (17 exploitations). Les autres protocoles se différenciaient par le moyen et la fréquence d'application de la désinfection des pieds. Ainsi, dans les protocoles appliquant la désinfection à l'aide d'un pédiluve, les vaches passaient dans un pédiluve pendant quatre traites consécutives soit toutes les quatre semaines (Ped/4S, 11 exploitations), soit tous les 15 jours (Ped/2S, 11 exploitations). Dans le protocole Pulv/2S, les éleveurs pulvérisaient la solution désinfectante pendant deux traites

espacées de quatre jours, tous les 15 jours. Dans les protocoles de traitement utilisant un pédiluve, deux sous-groupes ont été constitués afin de vérifier l'efficacité d'une application initiale plus agressive (pédiluves appliqués pendant six traites consécutives, une fois par semaine pendant les quatre premières semaines Ped/4S_i et Ped/2S_i). Dans tous les protocoles, les éleveurs devaient nettoyer les pieds arrières à l'aide d'un jet moyenne pression avant l'application d'un traitement ou de la désinfection des pieds.

Le produit utilisé pour la désinfection des pieds a pour principes actifs du cuivre et du zinc sous forme chélatée (Hoof-Fit Pédiluve® et Hoof-Fit Pulvé®, Intracare). Avec les dilutions recommandées, à savoir, 5% pour la solution appliquée en pédiluve et 50% pour celle appliquée par pulvérisation, les concentrations de cuivre et de zinc étaient respectivement de 3,5 g/l et de 0,5 g/l dans la solution appliquée en pédiluve et de 20 g/l pour les deux ingrédients dans la solution appliquée par pulvérisation.

Les protocoles de traitement ont été attribués de manière quasi-randomisée, par minimisation, sur la base de la proportion de pieds arrières présentant une lésion active de DD à la visite de pré-étude. Les exploitations ont été réparties par minimisation en stratifiant sur la prévalence initiale, avec un écart à la randomisation due à l'impossibilité de mettre en place des pédiluves dans certaines exploitations ou le désaccord de certains éleveurs à participer dans n'importe quel protocole de traitement.

3. COLLECTE DES DONNÉES

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 de la désinfection des pieds. Les exploitations ont ensuite été visitées sept fois environ toutes les quatre semaines par 14 investigateurs. La désinfection des pieds a été mise en place juste après la première visite. Ces visites se déroulaient en trois 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 inspectés et notés 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 par Relun *et al.* [2011]. Les pieds postérieurs ont été notés pour la DD en quatre stades sur un système de notation simplifié fondé 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, plus ou moins hyperkératosique, regroupant les stades M3 et M4 décrits dans le système de notation de Döpfer *et al.* [1997].

La propreté des membres a été évaluée selon une échelle à quatre notes allant de très propre (note 1) à très sale (note 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 sorties des vaches dans le troupeau laitier et aux dates d'entrées et de sorties en pâture 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 de désinfection des pieds 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 de DD dans leur troupeau 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 ($\kappa < 0,6$).

4. 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. La propreté des membres a été mesurée à l'échelle de l'exploitation comme la proportion de membres notés ≥ 3 à chaque visite avec trois niveaux tels que décrits par Cook [2006] (mauvaise : $< 25\%$; moyenne : $25-50\%$; bonne : $> 50\%$). L'interventionnisme de l'éleveur pour les traitements individuels a été calculé comme la proportion moyenne de pieds qui avaient été notés avec une lésion active de DD (M1 ou M2) à chaque visite et qui avait été traités de manière individuelle entre cette visite et la visite suivante. Cette variable a été utilisée avec trois niveaux (faible : $\leq 10\%$; moyenne : $11-50\%$; haute : $> 50\%$), en se fondant sur la distribution de la variable.

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. 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 pieds observés avec des visites espacées de plus de 45 jours ont été retirés 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. Tous les facteurs considérés comme pouvant influencer sur l'incidence de la DD ont été inclus dans le modèle de Cox en tant que covariables. Ils sont listés dans le tableau 1.

Tableau 1

Aperçu des facteurs à l'échelle du troupeau, de l'animal et du pied considérés comme potentiels facteurs de risque de DD et inclus comme covariables dans le modèle de Cox

Niveau	Facteurs
Troupeau	Protocole de traitement, prévalence de DD à la 1 ^{ère} visite, système de pâturage, taille du troupeau, type de bâtiment d'élevage, propreté des membres ^{1,2} , achat de vaches laitières, proportion de génisses ayant vêlé durant l'étude, interventionnisme de l'éleveur pour les traitements individuels ³
Vache	Race, rang de lactation ² , stade de lactation ² , accès aux pâtures ² , niveau de production laitière estimé sur 305 jours ⁴ , propreté des membres ³
Pied	Stade initial de DD, parage, lésion active sur le pied controlatéral

¹ Proportion de membres notés ≥ 3 à chaque visite

² Covariables dépendantes du temps

³ Proportion moyenne de pieds notés avec une lésion active de DD (M1 ou M2) à la visite n et traités individuellement par l'éleveur entre les visites n et n+1

⁴ Ajusté pour la race et le rang de lactation

Le modèle a été écrit tel que décrit dans l'équation (1) :

$$\lambda(t, X(t)) = \lambda_0 \times \exp \left(\sum_{i=1}^{p1} \beta_i X_i + \sum_{j=1}^{p2} \delta_j X_j(t) + U_{kl} \right) \quad (1)$$

Le terme $\lambda(t, X(t))$ est le risque instantané de survenue de DD au temps t , *i.e.* la probabilité d'observer un pied atteint par une lésion active de DD au temps t , sachant qu'il était « sain » avant t . Le terme $\lambda_0(t)$ correspond au risque de base, *i.e.* le risque de base, en l'absence de covariables. $\beta_i X_i$ décrit l'effet de la i ème covariable non dépendante du temps, $\delta_j X_j(t)$ décrit l'effet de la j ème covariable dont l'exposition peut varier au cours du temps et U_{kl} représente l'effet aléatoire conjoint de la k ième exploitation et du l ème investigateur, qui suit une loi de distribution normale. L'exposition à cinq variables a été considérée comme pouvant varier au cours du temps : la propreté des membres 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. La propreté des membres pouvait changer à chaque visite et les autres facteurs pouvaient changer à n'importe quel jour pendant les six mois de suivi. Le rapport de hasard « hasard ratio » (HR) a été estimé pour chaque covariable à partir du risque instantané en prenant l'exposant de l'estimateur des effets. Ce HR mesure le rapport de risque instantané entre exposé et non exposé, c'est-à-dire le risque instantané pour un pied de devenir affecté lorsqu'il est exposé (par exemple pied soumis au protocole de traitement Ped/4S) en comparaison au risque qu'il aurait eu s'il n'avait pas été exposé (par exemple pied soumis au protocole de contrôle).

L'analyse a été prévue en trois étapes. Dans une première étape, seuls les sujets pour lesquels il ne manquait pas de données

récoltées *via* les contrôles laitiers ont été inclus. Dans une deuxième étape, les sujets pour lesquels il manquait ces données étaient inclus si ces variables ne participaient pas au modèle final. Une dernière étape ne considérait que quatre protocoles de traitement, Contrôle, Ped/4S, Ped/2S, et Pulv/2S si les sous-groupes (Ped/4S_i, vs. Ped/4S_{ni}, et Ped/2S_i, vs. Ped/2S_{ni}) ne différaient pas entre eux. A chaque étape, la construction du modèle final a été établie de la même façon. Les protocoles 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 protocole 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 et Prentice, 2002]. L'adéquation finale du modèle a été vérifiée en analysant la distribution des résidus de Cox-Snell [Cox et Snell, 1966].

III - RÉSULTATS

Au total, les deux pieds postérieurs de 4 677 vaches ont été observés entre une et sept fois. Quatre éleveurs ont demandé à changer de protocole de traitement en milieu d'étude (augmentation importante de la prévalence de DD dans leur troupeau assigné au protocole « Ped/4S »). La fréquence d'application du pédiluve a été augmentée dans ces exploitations et les troupeaux ont été suivis jusqu'à la fin de l'étude mais les données issues de ces exploitations ont été tronquées à partir de la date de changement de protocole. Après exclusion des données qui ne remplissaient pas les critères d'inclusion (*i.e.* données espacées de plus de 45 jours, pieds

notés par un investigateur dont les notations étaient trop divergentes de celles des autres investigateurs, changement de protocole de traitement), 5 598 pieds arrière ne présentaient pas de lésion active de DD lors de leur première observation. Parmi ceux-ci, 948 (17%) ont été atteints au moins une fois par une lésion active de DD, avec une durée médiane d'apparition du premier cas de 146 jours (Q1 : 61 jours ; Q3 : 169 jours), et un taux d'incidence moyen de quatre cas de DD pour 100 pieds à risques-mois. Les principales caractéristiques de l'incidence de la DD en fonction du protocole de traitement sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 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
Contrôle (n=1 917)	4	18	84	53	125
Ped/4S _i (n=656)	6	22	57	28	77
Ped/4S _{ni} (n=778)	7	21	28	28	84
Ped/2S _i (n=491)	3	12	147	83	167
Ped/2S _{ni} (n=572)	3	13	60	33	119
Pulv/2S (n=1184)	3	14	59	28	107

¹ i : soumis à un traitement initial agressif (pédiluve pendant six traites consécutives, une fois par semaine pendant les quatre premières semaines) ; ni : non soumis à un traitement initial agressif

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

³ sur les 24 semaines de suivi

Comme aucune différence significative n'a été observée dans la première analyse de survie entre les sous-groupes (Ped/4S_i, vs. Ped/4S_{ni}, et Ped/2S_i, vs. Ped/2S_{ni}), seuls les résultats de l'analyse de survie ayant considéré les quatre régimes de traitements contrôle, Ped/4S, Ped/2S et Pulv/2S seront présentés ci-dessous.

Onze facteurs ont été associés à une diminution de l'incidence de DD à un seuil de 20% dans l'analyse univariée, quatre à l'échelle du troupeau (protocole de traitement, propreté des membres, prévalence de DD initiale, proportion de génisses ayant vêlé), quatre à l'échelle de la vache (race, rang de lactation, niveau de production laitière, accès aux pâtures) et trois à l'échelle du pied (stade initial du pied [M0 ou M4], présence d'une lésion sur le pied controlatéral, réalisation d'un parage depuis le début du suivi).

Après ajustement, sept facteurs sont restés significativement associés avec le risque de survenue de la DD (tableau 3).

Une prévalence de DD initiale haute a fortement augmenté le risque de survenue de la DD au cours du suivi (figure 1), ainsi qu'une

mauvaise propreté des membres et, dans une moindre mesure, l'absence de parage. La désinfection collective des pieds n'a eu tendance à limiter la survenue de lésion de DD, que si elle était appliquée pendant deux jours tous les 15 jours, et ce quel que soit le moyen d'application, pédiluve ou pulvérisation (figure 2).

Les vaches de race Prim'Holstein et les vaches avec un niveau de production laitière élevé étaient plus à risque d'être atteintes par la DD en comparaison aux vaches de race Normande et aux faibles productrices. Une vache avec une lésion sur le pied controlatéral était plus à risque d'être atteinte par la DD sur le pied initialement « sain ». Enfin, un pied initialement observé avec une lésion chronique de DD (M4) était plus à risque de développer une lésion de DD qu'un pied initialement sans aucune lésion de DD (M0). Aucune des interactions testées (protocole de traitement x prévalence initiale de DD, protocole de traitement x propreté des pieds, protocole de traitement x interventionnisme de l'éleveur) n'était significativement associée au risque de survenue de la DD dans le modèle multivarié.

Tableau 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 risque de survenue d'une lésion active de dermatite digitée (M1 ou M2) en situation enzootique (HR : Hazard ratio)

Facteur	No. de pieds	Analyse multivariée	
		HR (IC 95%)	p-value
Protocole de traitement			0,009
Contrôle	1 917	Référence	
Ped/4S	1 434	1,70 (0,97-2,96)	
Ped/2S	1 063	0,75 (0,42-1,33)	
Pulv/2S	1 184	0,63 (0,35-1,13)	
Propreté des membres (troupeau)^{1,2}			0,001
Bonne	3 451	Référence	
Moyenne	1 515	1,54 (1,27-1,88)	
Mauvaise	631	2,42 (1,82-3,21)	
Prévalence initiale de DD			0,001
M1+M2 < 0,10	3 154	Référence	
M1+M2 ≥ 0,10	2 444	2,09 (1,34-3,23)	
Race			0,01
Prim'Holstein	5 115	Référence	
Normande	352	0,51 (0,27-0,94)	
Autres	131	0,43 (0,18-1,01)	
Niveau de production laitière³			0,05
Faible	1 175	Référence	
Moyen	2 945	1,24 (1,03-1,49)	
Élevé	1 478	1,26 (1,01-1,56)	
Stade initial de la DD			<0,0001
Absence de lésion (M0)	3 641	Référence	
Lésion cicatricielle (M4)	1 957	2,69 (2,34-3,10)	
Présence d'une lésion active sur le pied controlatéral			<0,0001
Oui	1 131	1,72 (1,50-1,97)	
Non	4 467	Référence	
Pied paré			<0,0001
Oui	563	Référence	
Non	5 035	1,76 (1,36-2,27)	

¹ Proportion de pieds postérieurs notés ≥ 3 (bonne : < 25%; moyenne : 25-49% ; mauvaise : ≥ 50%)

² Covariables dépendantes du temps; nombre de pieds en fonction de leur statut lors de leur première observation

³ Niveau 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

Figure 1

Taux d'incidence cumulé de dermatite digitée (DD) sur des pieds initialement sans lésion active de DD pour des troupeaux avec une prévalence initiale de DD élevée ($\geq 10\%$ des pieds arrières atteints par une lésion active de DD) ou faible ($<10\%$) au cours des 24 semaines de suivi

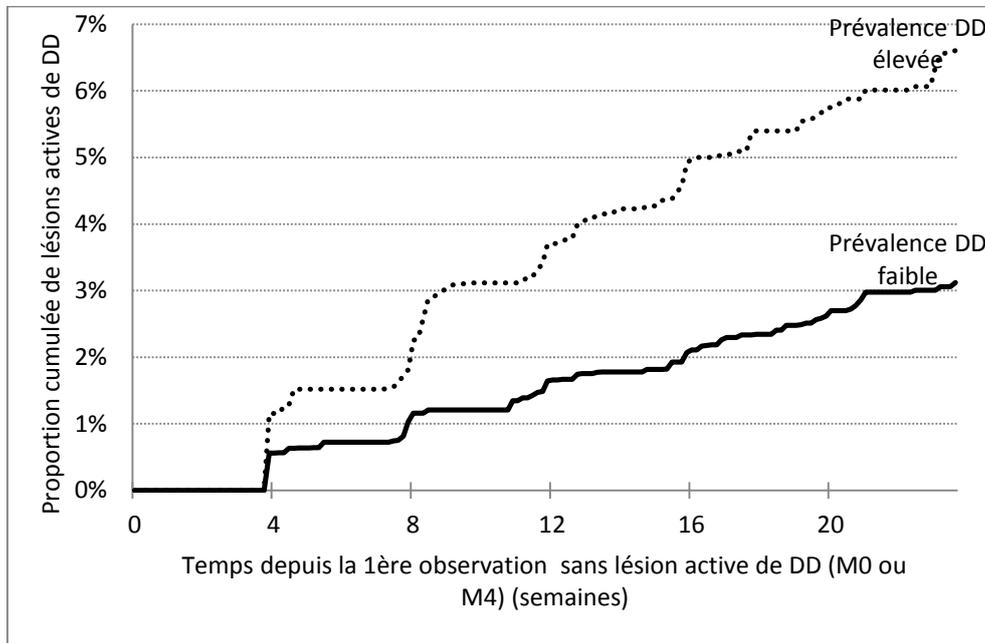
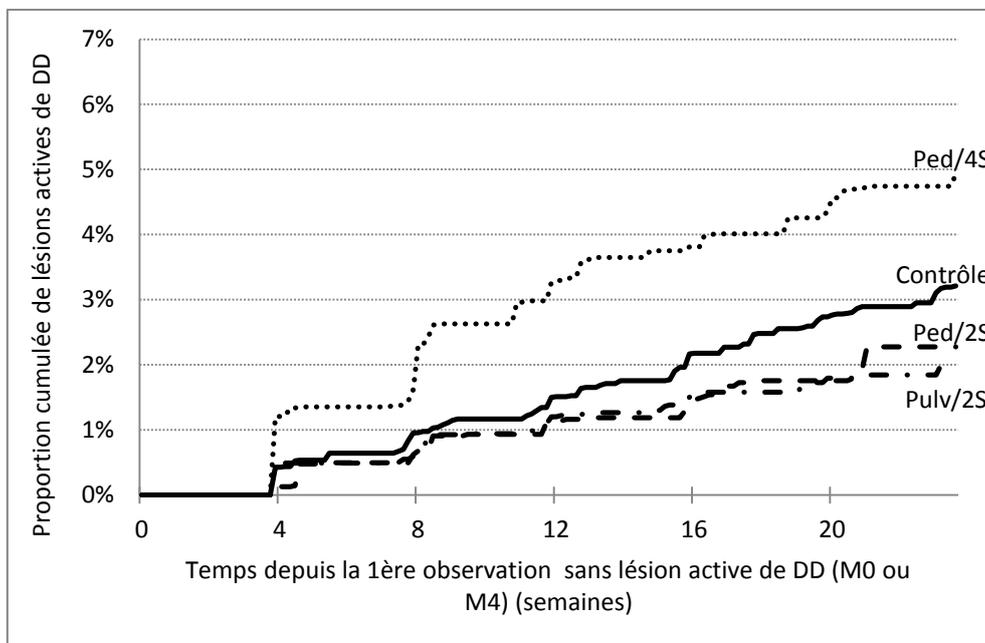


Figure 2

Taux d'incidence cumulé de dermatite digitée (DD) sur des pieds initialement sans lésion active de DD pour chaque protocole de traitement au cours des 24 semaines de suivi



IV - DISCUSSION

L'objectif de cette étude était d'évaluer concomitamment l'influence de différents facteurs de risque et des pratiques de traitement sur le risque de survenue de la DD en conditions de terrain et ceci en utilisant un modèle de Cox. Les résultats ont confirmé le caractère multifactoriel de la DD en montrant que la prévalence initiale, les conditions environnementales, certaines caractéristiques individuelles des vaches et des pratiques de traitement et d'élevage étaient significativement associées avec l'incidence de la DD.

Jusqu'à présent, l'effet des pratiques de traitement et d'élevage sur la DD avaient été évaluées séparément, dans des essais cliniques et des études transversales respectivement. L'originalité de cette étude a été de combiner une étude longitudinale avec une étude d'intervention à une relativement grande échelle. De cette manière, il a été possible d'obtenir des données plus fiables à la fois sur l'efficacité préventive de certaines pratiques de traitement et sur l'impact de facteurs de risque sur la survenue de la DD. En contrepartie, il a fallu employer une méthode de détection de la DD qui puisse être utilisée de manière fréquente tout en restant acceptable par les éleveurs. Il a donc été choisi d'inspecter les pieds pendant la traite selon la méthode décrite par Relun *et al.* [2011]. Cette méthode est moins précise que l'inspection des pieds en travail de pareur et des défauts de classification non différentiels ont donc très probablement conduit à une sous-estimation des forces d'association estimées [Dohoo *et al.*, 2003].

Les résultats de cette étude ont permis de montrer qu'un des facteurs qui impactait le plus l'incidence de DD était la propreté des pieds à l'échelle du troupeau. A la suite d'études transversales ou d'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]. Les résultats de cette étude et d'une étude précédente [Relun *et al.*, 2012b] montrent que la propreté des pieds est un facteur important à la fois pour améliorer la guérison des lésions de DD et pour en limiter l'apparition. Reste à préciser quels facteurs de conduite d'élevage, voire quelle conception des bâtiments d'élevage, permettraient d'améliorer la propreté des pieds. Ces

facteurs, combinant type de bâtiment d'élevage avec des pratiques de nettoyage, de pâturages, la densité animale et la qualité d'alimentation étaient trop variés dans la présente étude pour que leur impact puisse être investigué.

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 [Evans *et al.*, 2012]. Nous n'avons par contre pas mis en évidence d'interaction entre cette prévalence et le protocole 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 retardant 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 cet 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 animaux de race locale observés moins fréquemment atteints 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 élevée 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.* [2005] 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 deux 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 deux 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 piétin chez les moutons [Green et George, 2008].

Dans cette étude, la désinfection des pieds utilisant une solution désinfectante à base de cuivre et de zinc chélatés a eu tendance à limiter le risque de DD lorsque cette désinfection était appliquée pendant deux jours toutes les deux 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 désinfection des pieds. Les protocoles de traitement ont été choisis de manière à rester compatibles avec l'organisation du travail des éleveurs. En effet, une étude récente [Relun *et al.*, 2012a] a montré que les éleveurs laitiers français étaient réticents à utiliser des pédiluves et que lorsqu'ils les utilisaient, ils les appliquaient souvent une fois par mois, voire moins fréquemment, du fait du temps nécessaire pour mettre en place cette désinfection et du coût des produits

désinfectants commercialisés pour lutter contre la DD. Même si nos résultats n'étaient pas significatifs, ils étaient meilleurs que dans des études précédentes qui n'ont mis en évidence aucune efficacité de la désinfection des pieds pour contrôler la DD lorsque les solutions employées ne contenaient ni formol ni sulfate de cuivre alors même qu'elles étaient en général appliquées pendant deux jours par semaine pendant quatre à huit semaines [Manske *et al.*, 2002 ; Teixeira *et al.*, 2010 ; Thomsen *et al.*, 2008]. Des études supplémentaires devraient être menées afin de déterminer si une application plus fréquente, ou l'utilisation d'autres désinfectants pourraient améliorer l'efficacité de la désinfection des pieds pour contrôler la DD.

Le modèle de Cox s'est révélé être un outil intéressant pour identifier des facteurs de risque de DD et évaluer l'efficacité préventive de différents protocoles de traitement. Ce type de modèle est souvent utilisé en recherche biomédicale pour évaluer l'efficacité de traitements sur des maladies fatales ou incapacitantes, ou l'efficacité de vaccins [Fleming et Lin, 2000 ; Guatteo *et al.*, 2008]. Dans le domaine vétérinaire, ce type de modèle a également été utilisé pour évaluer l'impact de maladies sur les performances de reproduction ou sur le taux de réforme [Beauveau *et al.*, 1995 ; Nusinovič *et al.*, 2011]. Cette étude montre que l'analyse de survie, et en particulier le modèle de Cox, peut être une méthode d'analyse utile en épidémiologie pour identifier des facteurs de risque de maladie en conditions de terrain et en particulier lorsque l'exposition à ces facteurs peut varier au cours du temps. Grâce aux récentes avancées des logiciels d'analyse de données, le modèle de Cox peut être relativement facilement programmé, même avec des jeux de données importants, des effets aléatoires et des covariables dépendantes du temps [Ducrocq *et al.*, 2010]. La plus grande difficulté réside dans le choix des fenêtres d'exposition à ces facteurs. Ce choix devrait être fondé sur des connaissances scientifiques, la limite inférieure étant déterminée par le temps entre l'exposition et le premier effet mesurable et la borne supérieure sur la durée moyenne de cet effet [Dohoo *et al.*, 2003]. Comme les animaux étaient suivis toutes les quatre semaines, la date exacte d'apparition de la lésion n'était pas connue mais se situait dans l'intervalle entre deux visites. L'analyse de survie devrait alors être réalisée en prenant en compte la censure par intervalle. Malheureusement, les méthodes d'analyse de survie ne permettent pas, à notre

connaissance, de prendre en compte à la fois des variables dépendantes du temps en temps continu, des effets aléatoires et des intervalles par censure [Dohoo, 2008]. Enfin, même si la DD est une maladie qui apparaît de manière récurrente, il a été choisi dans un premier temps de ne mesurer l'impact de pratiques de traitement et d'élevage que sur la première

apparition d'une lésion de DD, afin de mieux différencier les effets préventifs des effets curatifs. Il serait intéressant d'utiliser des modèles multi-états pour évaluer l'impact global de ces pratiques sur le contrôle de la DD, y compris leur capacité à limiter les récurrences [Box-Steffensmeier et De Boef, 2006 ; Cheung *et al.*, 2010].

V - CONCLUSION

Le modèle de Cox à effet aléatoire et covariables dépendantes du temps s'avère être une méthode d'analyse adaptée pour identifier et hiérarchiser des facteurs de risque de survenue d'une maladie d'élevage dans des études longitudinales. Utilisé dans cette étude, il a permis de confirmer le caractère multifactoriel de la DD, en montrant que la propreté et les soins des pieds s'avéraient avoir un effet préventif au moins aussi important que la mise en place d'une désinfection des pieds appliquée pendant deux

jours tous les 15 jours. Ces résultats permettent d'apporter des recommandations pour l'élaboration de programmes de prévention de la DD. Deux pistes de recherche semblent intéressantes à explorer pour retarder la survenue 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.

BIBLIOGRAPHIE

- Beaudeau F., Ducrocq V., Fourichon C., Seegers H. - Effect of disease on length of productive life of french Holstein dairy-cows assessed by survival analysis *J. Dairy Sci.*, 1995, **78** (1), 103-117.
- Box-Steffensmeier J.M., De Boef S. - Repeated events survival models: the conditional frailty model. *Stat Med*, 2006, **25** (20), 3518-3533.
- Brujinis M.R.N., Hogeveen H., Stassen E.N. - Assessing economic consequences of foot disorders in dairy cattle using a dynamic stochastic simulation model. *J. Dairy Sci.*, 2010, **93** (6), 2419-2432.
- Cheung Y.B., Xu Y., Tan S.H., Cutts F., Milligan P. - Estimation of intervention effects using first or multiple episodes in clinical trials: The Andersen-Gill model re-examined. *Stat Med*, 2010, **29** (3), 328-336.
- Cook N. Footbath alternatives. (14 Jul., 2011).2006. Accessed 22 March, 2012. Online: <http://www.karlborgi.com/common/pdfs-articles/Footbath%20Alternatives.pdf>.
- Cox D.D., Snell E.J. - A general definition of residuals. *J. R. Stat. Soc. B Met.*, 1966, **30**, 248-275.
- Cox D.R. - Regression models and life tables. *J. R. Stat. Soc. B Met.*, 1972, **34**, 187-220.
- Dohoo I., Martin W., Stryhn H. - Veterinary Epidemiologic Research, 704 pages Ed. 1st, University of Prince Edward Island, Charlottetown, Prince Edward Island, Canada, 2003.
- Dohoo I.R. - Quantitative epidemiology: Progress and challenges. *Prev. Vet. Med.*, 2008, **86** (3-4), 260-269.
- Döpfer D., Koopmans A., Meijer F.A., Szakall I., Schukken Y.H., Klee W., Bosma R.B., Cornelisse J.L., van Asten A.J., ter Huurne A.A. - Histological and bacteriological evaluation of digital dermatitis in cattle, with special reference to spirochaetes and *Campylobacter faecalis*. *Vet. Rec.*, 1997, **140** (24), 620-623.

- Ducrocq V., Sölkner J., Meszaros G. - Survival Kit v6 - A software package for survival analysis. in Proceedings of the 9th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. German Society for Animal Science, Leipzig, Germany, Leipzig, Germany 2010.
- Dunklee J.S., Freeman A.E., Kelley D.H. - 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.*, 1994, **77**, 3683-3690.
- Evans N.J., Timofte D., Isherwood D.R., Brown J.M., Williams J.M., Sherlock K., Lehane M.J., Murray R.D., Birtles R.J., Anthony Hart C., Carter S.D. - Host and environmental reservoirs of infection for bovine digital dermatitis treponemes. *Vet. Microbiol.*, 2012, **156** (1-2), 102-109.
- Fleming T.R., Lin D.Y. - Survival analysis in clinical trials: past developments and future directions. *Biometrics*, 2000, **56** (4), 971-983.
- Green L.E., George T.R. - 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.*, 2008, **175** (2), 173-180.
- Green L.E., Hedges V.J., Schukken Y.H., Blowey R.W., Packington A.J. - The impact of clinical lameness on the milk yield of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 2002, **85** (9), 2250-2256.
- Gröhn Y.T., McDermott J.J., Schukken Y.H., Hertl J.A., Eicker S.W. - Analysis of correlated continuous repeated observations: modelling the effect of ketosis on milk yield in dairy cows. *Prev. Vet. Med.*, 1999, **39** (2), 137-153.
- Guatteo R., Seegers H., Joly A., Beaudeau F. - Prevention of *Coxiella burnetii* shedding in infected dairy herds using a phase I *C. burnetii* inactivated vaccine. *Vaccine*, 2008, **26** (34), 4320-4328.
- Holzhauser M., Hardenberg C., Bartels C.J., Frankena K. - Herd- and cow-level prevalence of digital dermatitis in the Netherlands and associated risk factors. *J. Dairy Sci.*, 2006, **89** (2), 580-588.
- Kalbfleisch J.D., Prentice R.L. - The Survival Analysis of Failure Time Data, 439 pages Ed. 2nd, John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2002.
- Laven R.A., Logue D.N. - Treatment strategies for digital dermatitis for the UK. *Vet. J.*, 2006, **171** (1), 79-88.
- Manske T., Hultgren J., Bergsten C. - Topical treatment of digital dermatitis associated with severe heel-horn erosion in a Swedish dairy herd. *Prev. Vet. Med.*, 2002, **53** (3), 215-231.
- Nusinovici S., Seegers H., Joly A., Beaudeau F., Fourichon C. - A side effect of decreased fertility associated with vaccination against bluetongue virus serotype 8 in Holstein dairy cows. *Prev. Vet. Med.*, 2011, **101** (1-2), 42-50.
- Nuss K. - Footbaths: the solution to digital dermatitis? *Vet. J.*, 2006, **171** (1), 11-13.
- Offer J.E., Logue D.N., McNulty D. - Observations of lameness, hoof conformation and development of lesions in dairy cattle over four lactations. *Vet. Rec.*, 2000, **147** (4), 105-109.
- Read D.H., Walker R.L. - Papillomatous digital dermatitis (footwarts) in California dairy cattle: clinical and gross pathologic findings. *J. Vet. Diagn. Invest.*, 1998, **10** (1), 67-76.
- Relun A. - Efficacité des mesures de maîtrise de la dermatite digitée dans les troupeaux bovins laitiers. Page 229. Ecole doctorale Biologie Santé Nantes Angers, Nantes, France 2011.
- Relun A., Guatteo R., Auzanneau M.M., Bareille N. - Farmers' practices, motivations and barriers for adoption of treatments of digital dermatitis in dairy farms. *Animal*, 2012a, in revision.
- Relun A., Guatteo R., Roussel P., Bareille N. - A simple method to score digital dermatitis in dairy cows in the milking parlor. *J. Dairy Sci.*, 2011, **94** (11), 5424-5434.
- Relun A., Lehébel A., Bareille N., Guatteo R. - 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.*, 2012b, Accepted.
- Rodriguez-Lainz A., Melendez-Retamal P., Hird D.W., Read D.H., Walker R.L. - Farm- and host-level risk factors for papillomatous digital dermatitis in Chilean dairy cattle. *Prev. Vet. Med.*, 1999, **42** (2), 87-97.

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

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

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

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

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

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



Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier chaleureusement tous les éleveurs, les GDS et GTV de Bretagne et de Pays de la Loire, les fermes expérimentales de Derval et des Trinottières, ainsi que les étudiantes vétérinaires Marleen Bruggink et Anne Chesnin pour leur participation à cette étude. Ils remercient également Jean-Yves Audiart et Juliette Bordot (Oniris-INRA, UMR BioEpAR, Nantes) pour la saisie des données et Vincent Ducrocq (INRA, UMR GABI, Jouy-en-Josas) pour ses conseils concernant l'analyse des données. Ils remercient enfin Intracare (Veghel, Pays-Bas), Dominique Bernier (SARL Bov'Idée, Saint-Sauveur des Landes) et MSD Santé Animale/Intervet (Beaucouzé) pour avoir fourni gratuitement les produits de traitement et de désinfection.