

Évaluation d'une nouvelle solution biocide dans la prévention et la guérison des lésions de dermatite digitée chez les bovins laitiers.

ARIZA J-M. (1,2), BAREILLE N. (1), LEHEBEL A. (1), OBERLE K. (2), RELUN A. (1), GUATTEO R. (1)

(1) BIOEPAR, INRA, Oniris, La chantrerie, 44307 Nantes, France

(2) Qalian (Neovia Group), Segré, 49500, France.

RESUME

L'objectif principal de cette étude était d'évaluer l'efficacité préventive et curative d'une nouvelle solution biocide biodégradable (Pink-Step™ Qalian) applicable en pédiluve vis-à-vis de lésions de dermatite digitée (DD). L'étude a consisté en un essai clinique dans lequel les pieds postérieurs des vaches de chaque élevage ont été aléatoirement alloués soit au groupe témoin (aucun traitement), soit à l'un des deux différents régimes de traitement collectif par pédiluve (régime intensif ou modéré). L'essai a porté sur 1036 vaches (2072 pieds) provenant de 10 troupeaux laitiers situés dans l'ouest de la France où la DD était endémique. Des bi-pédiluves ont été placés à la sortie de la salle de traite, permettant d'administrer spécifiquement la solution de biocide d'un côté et d'utiliser l'autre côté comme groupe témoin négatif (split design). Avec l'objectif de déterminer la meilleure fréquence d'administration, deux groupes avec différents régimes d'administration (modéré et intensif) de pédiluves ont été conçus. Les deux régimes ont été administrés pendant 140 jours, et les pieds (préalablement nettoyés) ont été évalués pour le diagnostic des lésions de DD au moins une fois par mois en salle de traite. Des modèles d'analyse de survie emboîtés ont été utilisés pour estimer le risque relatif (exprimé en Hazard Ratio) des différents régimes de pédiluve et d'autres facteurs de risque concomitants au moment où les lésions de DD sont apparues (effet préventif) ou ont guéri (effet curatif). Les pieds ayant été nettoyés à chaque visite, il est possible que cela est contribué à ne mettre en évidence aucun effet préventif de la solution Pink-Step™, le lavage étant une prévention en soi. Le risque de survenue de lésions de DD était augmenté de façon significative par une mauvaise propreté des pieds au niveau de la vache (HR = 1,69, IC 1,21-2,39) et au niveau du troupeau (HR = 2,06, IC 1,44-2,94). Par contre, les résultats indiquent une efficacité de Pink-Step™ dans l'amélioration de la guérison des lésions actives de DD lors de son application dans un régime modéré (HR = 2.29, IC 1,11-4.72) ou dans un régime intensif (HR= 2.18 IC 1,18-4,03). Les lésions inactives de DD ont suivi une amélioration dans les trois groupes étudiés. Inversement, le temps de cicatrisation a été retardé pour les pieds qui avaient été parés (HR 0,33, IC 0,19-0,55), pour les vaches présentant une lésion controlatérale (HR 0,15, IC 0,09-0,24) et finalement, dans les troupeaux avec un effectif important (> 100 vaches) (HR = 0,46, IC 0,30-0,69). Ces résultats renforcent le rôle crucial de l'hygiène dans la dynamique de la DD et soulignent l'importance de mettre en œuvre simultanément plusieurs mesures de contrôle, telles que l'amélioration de l'hygiène dans les bâtiments, la détection précoce des lésions et l'utilisation correcte des traitements individuels et collectifs. En conclusion, la mise en œuvre des pédiluves Pink-Step™ représente une stratégie prometteuse pour réduire la persistance des lésions de DD dans les troupeaux affectés.

Evaluation of a biocide footbath solution in the prevention and healing of digital dermatitis lesions in dairy cows.

ARIZA J-M. (1,2), BAREILLE N. (1), LEHEBEL A. (1), OBERLE K. (2), RELUN A. (1), GUATTEO R. (1)

(1) BIOEPAR, INRA, Oniris, La chantrerie, 44307 Nantes, France

SUMMARY

The main objective of this study was to evaluate the effect of the implementation of different footbathing practices using a new biocide solution (Pink-Step™, Qalian) in the healing and the occurrence of bovine digital dermatitis (DD) lesions. The investigation was conducted through a controlled within cow clinical trial in which the hind feet of cows from each farm were allocated either to the control group or to one of two footbath regimen groups. The trial involved 1036 cows (2072 feet) from 10 dairy farms located in western France and where DD was endemic. Split footbaths were placed at the exit of the milking parlor of each farm, allowing administering specifically the biocide solution to one side of the cows while using the other side as a negative control. According to the frequency of administration, footbaths regimen groups were moderate or intensive. Both regimens were administered during approximately 140 days, and feet were evaluated for the presence of DD lesions at least once a month in the milking parlor. Nested survival models were used to estimate the relative impact of the footbath regimens and other concomitant risk factors on the time that DD lesions occurred or healed. No preventive effect of the Pink-Step™ solution was evidenced during the trial although that all feet were previously cleaned before the diagnosis, leading therefore to a potential under estimation of the effects. The risk for DD occurrence was increased importantly by poor feet cleanliness at both cow (HR = 1.69, CI 1.21–2.39), and farm level (HR = 2.06, CI 1.44–2.94). Otherwise, the results indicate that Pink-Step™ is effective in improving the healing of active DD lesions when applied in moderate regimen (HR = 2.29, IC 1.11-4.72) or in an intensive regimen (HR = 2.18 IC 1.18-4.03). Inactive DD lesions improved in all three groups studied. Conversely, the time to healing was delayed in feet receiving hoof-trimming (HR 0.33, CI 0.19-0.55), in cows which have a contralateral lesion (HR 0.15, CI 0.09- 0.24), and finally, in farms of larger herds (>100 cows) (HR = 0.46, CI 0.30-0.69). These findings reinforce the crucial role of hygiene on the disease dynamics and highlight the importance of implementing multiple control measures simultaneously, such as hygiene improvements in the barn, early detection and treatment of DD lesions and the correct usage of individual and collective treatments. The implementation of Pink-Step™ footbaths represents a promising strategy for reducing the persistence of DD lesions in affected herds.

INTRODUCTION

La dermatite digitée (DD) est actuellement une des principales maladies responsables de boiteries chez les vaches laitières. La DD peut être à l'origine de boiteries sévères, impactant fortement le bien-être animal et pouvant conduire à des mésusages d'antibiotiques (Relun et al., 2013; Bruijnjs et al., 2010). De plus, la DD est à l'origine d'une baisse de production laitière et d'une détérioration des performances de reproduction (Argaez-Rodriguez et al., 1997). La DD affecte 96% des troupeaux et entre 7% et 30% des vaches dans un troupeau (Solano et al., 2016, Cramer et al., 2008). Les bovins atteints de lésions de DD agissent comme des réservoirs et, par conséquent, comme des sources potentielles de contamination (Döpfer et al., 2012). Même si la cause précise de la maladie n'est pas complètement élucidée, la DD semble nécessiter la présence conjointe de certaines bactéries et d'un environnement sale et humide (Somers et al., 2005). Par conséquent, la DD est considérée comme une maladie multifactorielle constamment associée à des conditions non hygiéniques et humides qui altèrent l'intégrité de la peau des pieds favorisant l'installation des bactéries responsables de DD. En effet, le développement de lésions de DD nécessite la présence d'espèces spécifiques de *Treponema* sur des pieds souffrant de macération cutanée (Gomez et al., 2012). En conséquence, les stratégies de contrôle visent à limiter l'exposition à des facteurs qui pourraient influencer la propagation de l'infection. En pratique, le contrôle de la DD repose souvent sur le traitement individuel des individus atteints de lésions actives et sur l'administration collective de solutions désinfectantes par le biais de pédiluves. Néanmoins, les études scientifiques supportant l'efficacité des solutions collectives restent rares, et leur extrapolation limitée par la taille des échantillons d'études et des problèmes de design expérimental (comme l'absence de

groupe témoin) (Ariza et al., 2017). Les principaux produits couramment utilisés dans les pédiluves représentent un risque environnemental comme le sulfate de cuivre (Ippolito et al., 2010), ou de santé publique pour les agriculteurs, comme le formaldéhyde, reconnu comme cancérigène (Cogliano et al. 2005). Actuellement, plusieurs biocides sont commercialisés arguant une efficacité et une innocuité sans preuve scientifique robuste le plus souvent (Ariza et al., 2017). De plus, les grandes différences entre les exploitations en termes d'hygiène, de système de logement, de taille des troupeaux ou de prévalence des boiteries, impliquent que les stratégies de contrôle collective puissent facilement être adaptables à plusieurs scénarios (Relun et al. 2013). Néanmoins, souvent cette hétérogénéité existant entre les exploitations est ignorée dans les essais contrôlés (Ariza et al., 2017). De plus, l'augmentation constatée en élevage de la prévalence de la DD et le développement de lésions non cicatrisantes laisse soupçonner l'émergence de souches hautement pathogènes ou résistantes (Evans et al., 2011). Par conséquent, il est crucial de développer des nouveaux biocides efficaces et sûrs pour la désinfection collective des pieds. Ces biocides doivent s'adapter facilement au contexte et aux complexités de chaque troupeau. Pink-step™ (Qalian, France) représente une alternative potentielle au contrôle DD. C'est une solution non toxique, biodégradable dont l'efficacité bactéricide a été confirmée *in vitro* dans des conditions de contamination de matière organique élevées.

Un essai clinique a ainsi été conduit pour étudier l'efficacité de cette nouvelle solution biocide dans la prévention de la survenue de nouvelles lésions (effet préventif) et dans la guérison des lésions existantes de DD (effet curatif). Les principaux facteurs de risque présents à l'échelle individuelle et troupeau ont été pris en compte de façon concomitante.

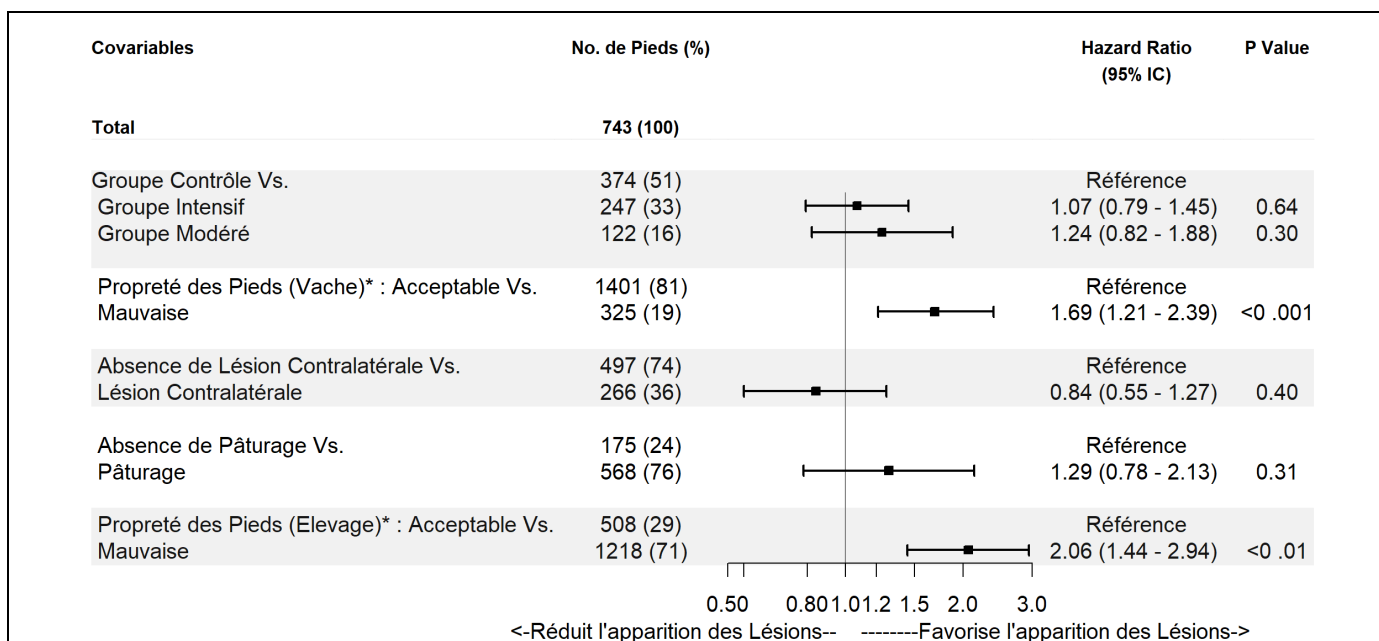


Figure 1 Effet de la mise en place de traitements collectifs à base de pédiluves sur la survenue de lésion de DD dans un modèle de survie emboîté incluant les observations sur 743 pieds postérieurs de 468 vaches appartenant aux 10 troupeaux. Modèle multivarié ajusté aux caractéristiques des troupeaux, des pieds et des vaches. *Covariable dépendante du temps

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. POPULATION ETUDIEE

L'essai a été conduit dans 10 troupeaux bovins laitiers situés dans l'ouest de la France, d'octobre 2016 à juin

2017. Les troupeaux ont été sélectionnés à partir d'une liste fournie par des pareurs et vétérinaires de la région. Ces élevages étaient connus être atteints de DD depuis au moins deux ans. De plus, aucun troupeau ne devait avoir administré de pédiluve au cours des deux mois précédant l'étude. Les troupeaux étaient composés

uniquement de vaches Prim Holstein afin de s'affranchir d'une éventuelle susceptibilité raciale à la DD. Les troupeaux devaient être équipés d'une salle de traite rotatoire ou conventionnelle (emplacement où la notation de DD était effectuée). De plus, pour minimiser les déséquilibres possibles entre les troupeaux, après les visites pré-étude, seuls ceux ayant une prévalence $\geq 15\%$ de lésions actives de DD ont été retenus. Les éleveurs avaient en moyenne 90 vaches (entre 45 et 145) en lactation. Les vaches étaient logées dans 9 troupeaux dans des logettes et étaient en zéro-pâturage dans un seul troupeau.

1.2. GROUPES ET MODALITES DE TRAITEMENT

La mise en œuvre de la stratégie de désinfection collective a consisté en l'installation d'un bi-pédiluve en sortie de salle de traite pour une administration de la solution désinfectante sur une période complète de 5 mois. Le bi-pédiluve utilisé consistait en 2 récipients séparés par une grille qui évite partiellement la contamination par fèces des récipients (Intra-Bath™, Intracare). La solution désinfectante administrée, appelée Pink-step™, est un nouveau biocide d'efficacité bactéricide reconnue (EN 1656). La solution de Pink-step™ est composée d'acide lactique (30% v/v) et d'acide glycolique (10% v/v) comme substances actives, de tensioactifs anioniques et non ioniques et d'autres excipients comme additifs. La dilution recommandée par le fabricant pour le pédiluve est de 5% (v/v) dans l'eau. Le bi-pédiluve permettait d'administrer spécifiquement la solution biocide d'un seul côté et d'utiliser l'autre côté comme groupe témoin négatif (split design), la vache étant ainsi son propre témoin. Par conséquent, les pieds des vaches étudiées ont été répartis en trois groupes différents, dont deux régimes différents de fréquences d'administration (modéré et intensif) et le récipient vide (groupe témoin). Dans chaque troupeau l'allocation du désinfectant (gauche ou droite) a été choisie au hasard. Le régime modéré (RM) a été choisi pour se rapprocher des pratiques de terrain courantes et consistait en l'administration du biocide 2 jours (4 traites consécutives) chaque semaine pour le premier mois, puis tous les quinze jours pour le deuxième mois, puis une fois par mois jusqu'à la fin de l'étude. Le groupe Régime intensif (RI) visait à évaluer les avantages possibles d'augmenter la fréquence de désinfection et consistait à administrer le biocide deux jours (4 traites) par semaine pendant les deux premiers mois, puis tous les quinze jours jusqu'à la fin de l'essai. Enfin, pour éviter les biais d'interprétation à cause du possible effet de l'eau en soi sur les lésions DD, le groupe témoin consistait en un récipient vide. Pour les deux régimes étudiés, la solution de biocide devait être renouvelée tous les 100 passages selon les recommandations d'utilisation du fabricant.

Des traitements individuels concomitants étaient autorisés au cours de l'essai. Par conséquent, et pour des raisons éthiques et de bien-être animal, au cours de l'essai, les éleveurs devaient traiter individuellement toutes les lésions DD ulcéraives-actives détectées par eux-mêmes, en utilisant 2 applications d'oxytétracycline (30 mg / ml) (Oxytetrin™, MSD) à 2 jours d'intervalle, quel que soit le groupe de traitement assigné.

1.3. COLLECTE ET ANALYSES DES DONNEES

Les troupeaux ont été suivis par 3 enquêteurs formés lors des sessions pratiques afin de remplir les questionnaires et réaliser la notation des lésions de DD. Chaque visite a suivi trois étapes : (1) notation de l'hygiène des pieds (Guatteo et al. 2013) et des lésions de DD des pieds postérieurs de toutes les vaches en lactation pendant la traite (M score (Döpfer et al. 1997; Berry et al. 2012)), (2) vérification du respect du protocole et (3) vérification des changements dans les pratiques d'élevage.

Deux critères d'efficacité ont été évalués : le premier évaluait l'efficacité curative du biocide pour guérir les lésions de DD en mesurant le temps en jours pour guérir à partir de la première date d'observation jusqu'à la première date sans lésion de DD évidente. Le deuxième critère étudié était l'effet préventif et était évalué par le retard dans la survenue des lésions de DD, en mesurant le temps en jours depuis la première observation d'un pied sans lésion de DD jusqu'à la première date de détection d'une lésion de DD. Des modèles d'analyse de survie emboîtés ont été utilisés pour estimer le risque relatif (exprimé en Hazard Ratio (HR)) des différents régimes d'application du biocide dans le pédiluve et d'autres facteurs de risque concomitants au moment où les lésions de DD survenaient (incidence) ou guérissaient (persistance). Les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel Frailtypack dans R (Rondeau et al., 2017), incluant des effets aléatoires vache et troupeau. Les pieds ont ainsi été considérés comme des observations indépendantes regroupées au niveau du troupeau et sous-classés au niveau de la vache. Les facteurs de risque potentiels de guérison ou de survenue des lésions au niveau du troupeau, de la vache et des pieds ont été inclus comme covariables dans les modèles. Finalement, la temporalité entre l'exposition et les résultats étudiés a été prise en compte dans les modèles avec la création des covariables dépendantes du temps.

2. RESULTATS

2.1 EFFET PREVENTIF

Au sein des 10 troupeaux inclus, 743 pieds postérieurs initialement sains de 468 vaches ont servi à l'analyse. Parmi ces vaches, seulement 275 vaches ne présentaient aucune lésion de DD sur leurs 2 postérieurs. Parmi tous les pieds inclus dans les analyses, 161 (21%) ont connu la survenue d'au moins une lésion de DD au cours de la période d'essai. Les lésions inactives (142) étaient plus fréquentes que les lésions actives (19). Le taux de survenue de lésion de DD était de 6% après 142 jours de suivi. A l'issue des analyses multivariées, seule une propreté médiocre des pieds tant au niveau de la vache qu'au niveau de l'élevage étaient significativement associées à un risque augmenté de survenue de lésions de DD (Figure 1). Aucun effet préventif de la solution biocide n'a été mis en évidence pendant l'étude. Aucune des autres covariables incluses dans le modèle multivarié ou leurs interactions n'étaient statistiquement significatives dans le modèle multivarié. Enfin, la variance estimée de l'effet aléatoire « élevage » était de 0,0073 ($P=0.012$) et de 3,65 au niveau des vaches ($P<0.001$).

2.2 EFFET CURATIF

Parmi les 10 troupeaux inclus, 807 pieds de 508 vaches ont été analysés. Parmi ces vaches, 299 avaient d'emblée des lésions de DD sur les deux postérieurs au début de l'essai. Parmi tous les pieds atteints inclus dans les analyses, 186 (23%) ont connu la guérison d'une lésion active (74) ou d'une lésion inactive (112). Le taux de guérison mensuel de lésion de DD était de 6% après 140 jours de suivi. Selon le groupe les taux de guérison moyens par mois étaient de 4%, 8% et 5% respectivement dans le groupe contrôle, RM et RI. A l'issue des analyses multivariées, cinq covariables ont été significativement associées à une réduction du temps de guérison des lésions de DD (Figure 2). Ainsi, le temps de guérison a été réduit pour les lésions actives et par l'utilisation du biocide avec un régime intensif et modéré. Les pieds parés durant la période d'essai, le temps de guérison a été retardé. Un risque plus élevé de persistance des lésions a été mis en évidence pour les vaches présentant une lésion controlatérale. De même dans les grands troupeaux (>100 vaches), le risque de persistance des lésions était

augmenté. Une seule interaction entre le type de lésion initiale et le groupe de traitement a été détectée, indiquant que les pieds avec une lésion active dans les groupes RI et RM ont eu un temps de guérison réduit par rapport aux lésions actives des pieds du groupe témoin. L'efficacité du désinfectant pour la guérison des lésions inactives a été démontrée que pour le RM, lors des explorations sur l'interaction entre les fréquences d'administration et les types de lésions. Aucune des autres covariables incluses dans le modèle multivarié ou leurs interactions n'étaient statistiquement significatives. Enfin, la variance estimée de l'effet aléatoire « élevage » était de 0,0073 ($P=0.012$) et au niveau des vaches était de 1,142 ($P=0.004$).

3. DISCUSSION

L'originalité de notre enquête a été de conduire un essai clinique contrôlé en split design, le pied d'une vache étant le propre témoin de son pied controlatéral traité. Cette approche a permis une réduction de la taille de l'échantillon d'un facteur 3 en rapport à un design classique. De plus, indépendamment du groupe d'allocation (contrôle ou pédiluve), tous les pieds partageaient les mêmes facteurs de risque, réduisant ainsi l'effet « troupeau ». Les résultats de cette étude ont également permis d'estimer la corrélation des lésions de DD entre les pieds d'une même vache, un paramètre qui a été largement suspecté d'interagir dans la dynamique de la DD mais qui n'avait pas encore été étudié, et qui révèle l'importance de développer et mettre en œuvre des stratégies collectives prophylactiques. L'essai a été mené dans 10 troupeaux dans le but d'englober la diversité des pratiques locales de conduite d'élevage. De même, la précision de l'étude a été optimisée par les multiples observations enregistrées sur une large période de temps, permettant de prendre en compte des changements de pratique ou d'environnement dans le temps (Ariza et al., 2017).

Les analyses de survie ont permis d'approcher la nature dynamique de la DD, en ajustant les facteurs de risque qui changent au cours du temps, comme la propreté des pieds ou le stade de lactation. De plus, le modèle emboîté implémenté a pris en compte simultanément l'hétérogénéité causée par les covariables non mesurées au niveau des troupeaux et des vaches. En contrepartie, la méthodologie de notation des lésions choisie, même si pratique, est moins précise que la notation au paragraphe (Se $\geq 0,90$; Sp $\geq 0,80$) (Relun et al., 2011). Donc, pour réduire ce risque de sous-estimation, notamment du fait du mauvais diagnostic des stades de lésion intermédiaires (M1 et M3) (Cramer et al., 2017), pour l'analyse des données les lésions ont été regroupées en lésions actives, inactives et saines. Par conséquent, la guérison ou l'apparition de lésions de DD était principalement déterminée par la présence ou l'absence d'un stade sain. Contrairement aux études précédentes et pour éviter la surestimation potentielle de l'effet des pédiluves, les lésions chroniques (M3 et M4) ont été considérées dans les modèles comme un état atteint/malade ce qui d'un point de vue réservoir d'agents pathogènes semble cohérent.

L'efficacité des stratégies de maîtrise collective a été rarement rapportée comme bénéfique par des études de haute qualité (Thomsen, 2015). À notre connaissance, seulement deux études contrôlées ont donné de bons résultats en terme de guérison (Solano et al., 2017 ; Relun et al., 2012). Les rares preuves relatives aux pédiluves peuvent être expliquées par les difficultés que soulèvent la conception et l'évaluation de tels essais cliniques, ou le faible effet des pédiluves dans la pratique lorsque les conditions d'hygiène de l'exploitation sont loin des conditions idéales pour leur mise en œuvre. Le présent

essai rapporte un effet bénéfique des pédiluves dans la guérison des lésions de DD en utilisant une solution sûre et biodégradable sur des pieds préalablement nettoyés et en fréquence suffisante. Au-delà de l'effet bactéricide des pédiluves sur les lésions de DD, un mécanisme potentiel de Pink-step™ pour améliorer la guérison de la peau serait aussi un effet cosmétique présumés des acides glycoliques sur la régénération de la peau (Green et al., 2009). Au contraire de l'effet curatif, une association entre la mise en œuvre des pédiluves et la réduction du risque de survenue de la maladie n'a pas été mise en évidence dans cet essai clinique probablement dû à un effet trop faible de la solution biocide. Comme l'appuie régulièrement d'autres études épidémiologiques (Relun et al., 2013b) et expérimentales, la mauvaise hygiène des pieds reste le facteur le plus important influençant la survenue des lésions de DD. De plus dans cet essai, tous les pieds ont été nettoyés pour la notation à chaque visite, et donc chaque pied sain a reçu périodiquement ce qui peut être perçu comme une intervention préventive en soi, en dehors de tout pédiluve. L'efficacité désinfectante d'une solution sur un pied déjà nettoyé pourrait être imperceptible, tant que l'efficacité préventive des désinfectants pourrait être équivalente au nettoyage régulier à l'eau (Thomsen et al., 2012). Malheureusement le nettoyage régulier des pieds est peu réalisé en élevage, par conséquent le protocole de cette étude a pu conduire à une sous-estimation de l'effet préventif par rapport à l'absence totale d'intervention (absence de nettoyage des pieds).

L'une des limites les plus importantes de cet essai clinique était liée au biais produit par le fait que les enquêteurs connaissaient l'allocation des pieds dans l'étude (étude non en aveugle). Bien qu'une méthodologie objective été mise en œuvre pour évaluer les lésions, la couleur rose particulière de la solution étudiée ne permettait pas aux enquêteurs d'ignorer l'allocation du biocide et de plus, afin de pas mesurer un effet indirect de l'eau en soi, le côté controlatéral du bi-pédiluve était vide rendant impossible une étude en aveugle. Des futurs essais cliniques sur le contrôle de la DD devraient d'assurer de l'évaluation totalement objective des lésions. Il est également important de noter que, par la conception et la durée de cet essai, la récurrence lésionnelle n'a pas pu être enregistrée. Ce phénomène déjà décrit dans les essais cliniques des traitements individuels serait intéressant à évaluer pour mieux évaluer les stratégies collectives. Les fréquences mises en œuvre dans la présente étude ont changé au cours du temps afin de se rapprocher des conditions de terrain françaises où les pédiluves sont empiriquement utilisés, avec une utilisation réduite pendant la saison estivale. Des études supplémentaires sont nécessaires pour clarifier la relation entre l'intensité du régime d'administration des traitements par pédiluve et l'efficacité de ces stratégies. Finalement, les futurs essais étudiant l'efficacité des pédiluves doivent permettre d'identifier les conditions optimales pour leur implémentation en termes de dimensions, fréquence de renouvellement, et concentration de biocides afin de permettre des résultats fiables et comparables (Solano et al., 2017; Ariza et al., 2016).

Au-delà de l'hétérogénéité présente entre les caractéristiques des troupeaux et leurs différentes conduites d'élevage, l'hétérogénéité présente entre les pieds d'une même vache indique l'importance des autres facteurs affectant la dynamique de la DD, comme par exemple, le potentiel rôle du microbiote cutané ou celui de la réponse immunitaire dans l'occurrence et la persistance des lésions.

CONCLUSION

Cette étude a confirmé que de multiples facteurs interagissent dans la dynamique des lésions de DD déterminant leur occurrence et leur persistance au premier rang desquels l'hygiène. Par conséquent, les stratégies de lutte contre la maladie doivent reposer sur la mise en œuvre simultanée de plusieurs mesures visant à améliorer l'environnement des pieds et à réduire la gravité des lésions et la présence de vaches infectées. Les résultats de cette étude ont révélé l'utilité de la mise en œuvre de pédiluves de Pink-step™ pour améliorer le temps de

guérison des lésions actives de DD. Enfin, les résultats de cette étude ont confirmé l'importance cruciale de l'implémentation des mesures efficaces pour améliorer l'hygiène des pieds afin de limiter la survenue des lésions de DD.

Les auteurs remercient les éleveurs et les vétérinaires qui ont contribué à cette étude. Nous remercions également G. Puel (Oniris, Nantes, France) et Y. Quenet (INRA, Nantes, France) en tant qu'enquêteurs pour leur implication, leur temps et leur motivation.

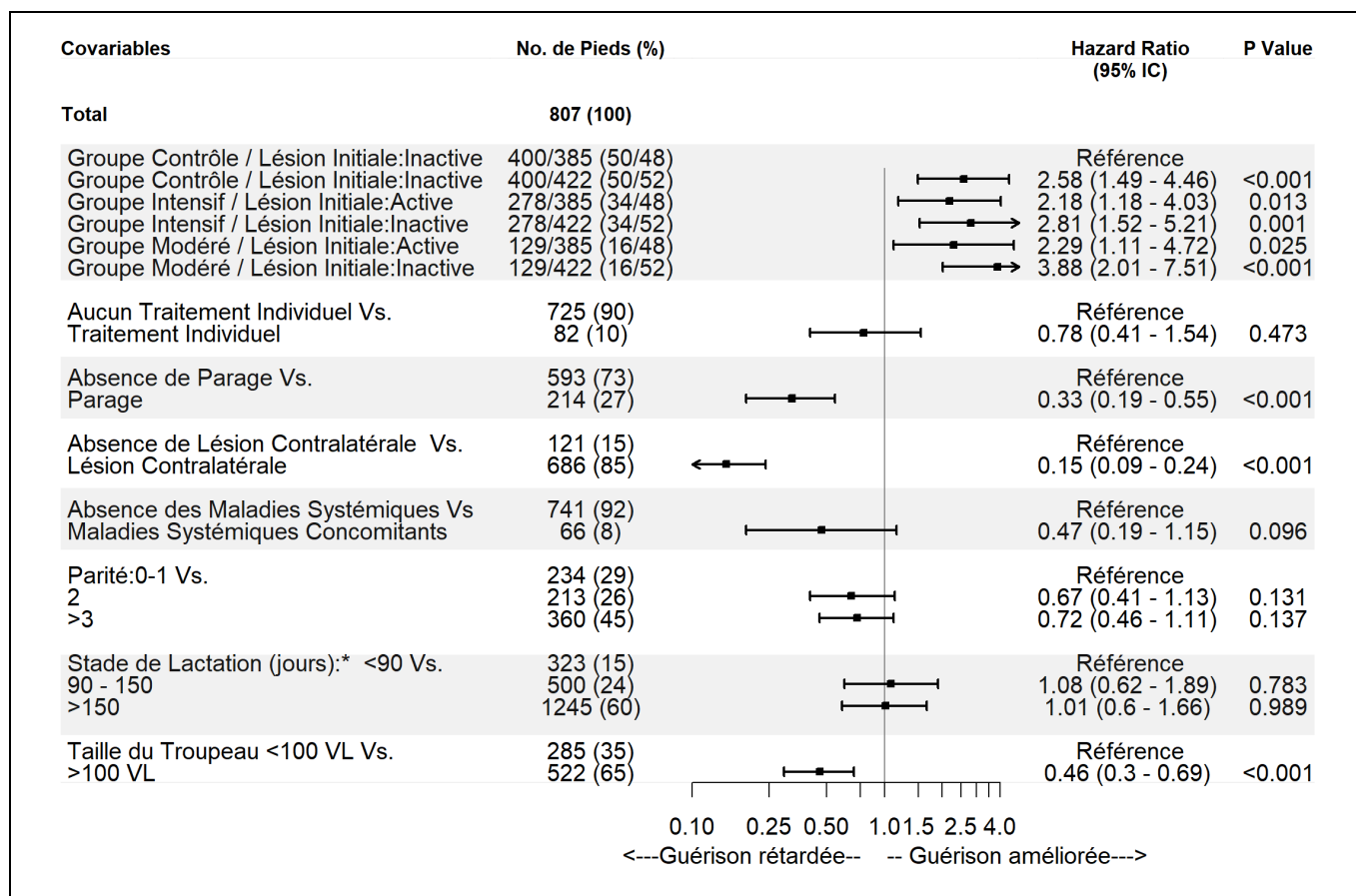


Figure 2 Effet de la mise en place de traitements collectifs à base de pédiluves sur la guérison de lésion de DD dans un modèle de survie emboîté incluant les observations sur 807 pieds postérieurs de 508 vaches appartenant aux 10 troupeaux. Modèle multivarié ajusté aux caractéristiques des troupeaux, des pieds et des vaches. *Covariable dépendante du temps.

Ariza, J.M., Relun, A., Bareille, N., Oberle, K., Guatteo, R., 2017. J. Dairy Sci. 100, 7401–7418.
 Ariza, J.M., Bareille, N., Oberle, K., Guatteo, R., 2016. Renc. Rech. Ruminants, 23, 309.
 Argaez-Rodriguez FJ, Hird DW, Hernandez de Anda J, Read DH and Rodriguez-Lainz A 1997. Prev. Vet. Med. 32, 275–286.
 Berry S.L., Read D.H., Famula T.R., Mongini A., Döpfer D., 2012. Vet. J. 193, 654–658.
 Bruijnjs, M.R.N., Hogeveen, H., Stassen, E.N., 2010. J. Dairy Sci. 93, 2419–2432.
 Cogliano, V.J., Grosse, Y., Baan, R.A., Straif, K., Secretan, M.B., El Ghissassi, F., Andrae, U., Burge, S., Chhabra, R., Cocker, J., Coggon, D., Conolly, R., Demers, P., Eastmond, D., Faustman, E., Feron, V., Gérin, M., Goldberg, M., Goldstein, B., Grafström, R., Hansen, J., Hauptmann, M., Hughes, K., Junghans, T., Krewski, D., Olin, S., Reynier, M., Shaham, J., Soffritti, M., Stayner, L., Stewart, P., Wolf, D., 2005. Environ. Health Perspect. 113, 1205–1208.
 Cramer, G., Lissemore, K.D., Guard, C.L., Leslie, K.E., Kelton, D.F., 2008. J. Dairy Sci. 91, 3888–3895.
 Cramer, G., Winders, T., Solano, L., Kleinschmit, D.H., 2017. J. Dairy Sci. 1–9.

Döpfer, D., Holzhauser, M., Boven, M. Van, 2012. Vet. J. 193, 648–653.
 Evans, N.J., Blowey, R.W., Timofte, D., Isherwood, D.R., Brown, J.M., Murray, R., Paton, R.J., Carter, S.D., 2011. Vet. Rec. 168, 214.
 Gomez, A., Cook, N.B., Bernardoni, N.D., Rieman, J., Dusick, a F., Hartshorn, R., Socha, M.T., Read, D.H., Döpfer, D., 2012. J. Dairy Sci. 95, 1821–30.
 Green, B.A., Yu, R.J., Van Scott, E.J., 2009. Clin. Dermatol. 27, 495–501.
 Guatteo R., Arnoult A., Menard J.L., Bareille N., 2013. Renc. Rech. Ruminants, 20, 379–382.
 Ippolito, J.A., Ducey, T., Tarkalson, D., 2010. Soil Sci. 175, 586–592.
 Relun, A., Lehebel, A., Bareille, N., Guatteo, R., 2012. J. Dairy Sci. 95, 3722–35.
 Relun, A., Guatteo, R., Roussel, P., Bareille, N., 2011. J. Dairy Sci. 94, 5424–34.
 Relun, A., Lehebel, A., Chesnin, A., Guatteo, R., Bareille, N., 2013. J. Dairy Sci. 96, 2190–200.
 Relun, A., Guatteo R., Auzanneau, M.M., Bareille, N., 2013a. animal 7, 1542–1550.
 Relun, A., Lehebel, A., Bruggink M., Bareille, N., Guatteo R., 2013b. Prev. Vet. Med. 110, 558–62.

Rondeau, V., Mazroui, Y., Gonzalez, J.R., 2012. J. Stat. Softw. 47, 1–28.

Solano, L., Barkema, H.W., Mason, S., Pajor, E.A., LeBlanc, S.J., Orsel, K., 2016. J. Dairy Sci. 99, 6828–6841.

Solano, L., Barkema, H.W., Pickel, C., Orsel, K., 2017. J. Dairy Sci. 100, 1295–1307.

Somers, J.G.C.J., Frankena, K., Noordhuizen-Stassen, E.N., Metz, J.H.M., 2005. Prev. Vet. Med. 71, 11–21.

Thomsen, P.T., 2015. J. Dairy Sci. 98, 2539–2544.

Thomsen, P.T., Ersbøll, A.K., Sørensen, J.T., 2012. J. Dairy Sci. 95, 7195–9