

ANNEE 2025 - Thèse n°

**INCIDENCE ET FACTEURS DE RISQUE DE
SEIME LONGITUDINALE INTERNE CHEZ
LES BOVINS DANS L'EST DE LA FRANCE**

THÈSE

pour l'obtention du diplôme d'État de

DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

présentée et soutenue publiquement devant

l'UFR de Médecine de l'Université de Nantes

le 01/12/2025

par

Nicolas BLANC

Sous la direction de

Anne RELUN

Président du jury : Monsieur Raphaël GUATTEO, Professeur en médecine des animaux d'élevage

Membres du jury : Madame Anne RELUN, Maître de Conférences à Oniris

Monsieur Aurélien MADOUASSE, Maître de Conférences à Oniris

Membre invité : Monsieur Anaël CASSARD, Responsable du service pédicure de GEN'IAtest

Département BPSA Biologie, Pathologie et Sciences de l'Aliment		
Responsable : Emmanuel JAFFRES – Adjointe : Frédérique NGUYEN		
Pharmacologie et Toxicologie	Jean-Claude DESFONTIS (Pr) Marc GOGNY (Pr émérite) Yassine MALLEM (Pr)	Meg-Anne MORICEAU (MC Stagiaire) Hervé POULIQUEN (Pr) Antoine ROSTANG (MC)
Physiologie fonctionnelle, cellulaire et moléculaire	Jean-Marie BACH (Pr) Julie HERVE (Pr)	Lionel MARTIGNAT (Pr) Grégoire MIGNOT (MC)
Histologie et anatomie pathologique	Jérôme ABADIE (MC) Florian CHOCTEAU (MC stagiaire) Marie-Anne COLLE (Pr)	Laetitia JAILLARDON (MC) Frédérique NGUYEN (MC)
Biochimie alimentaire industrielle	Clément CATANEO (MC) Alix KHALIL (MC) Joëlle GRUA (MC)	Laurent LE THUAUT (MC) Carole PROST (Pr)
Microbiotech	Géraldine BOUE (MC) Coralie GOETZ (CERC) Nabila HADDAD (Pr) Emmanuel JAFFRES (MC HDR) Judith LORANT (MC)	Mathilde MOSSER (MC) Boris MISERY (MC) Hervé PREVOST (Pr émérite) Raouf TAREB (MC)
PACENV = VET1	Eléonore BOUGUYON (PRAG) Nicolas BROSSAUD (PRAG)	Aurore CALVEL (PRAG) Charlotte MOCQUARD (PRAG)
Département SAESP Santé des Animaux d'Élevage et Santé Publique		
Responsable : Raphaël GUATTEO – Adjoint : Jean-Michel CAPPELIER		
Élevage, nutrition et santé des animaux domestiques	Juan Manuel ARIZA CHACON (MC) Nathalie BAREILLE (Pr) François BEAUDEAU (Pr) Ségolène CALVEZ (Pr)	Christine FOURICHON (Pr) Aurélien MADOUASSE (Pr) Nora NAVARRO-GONZALES (MC)
Infectiologie	Albert AGOULON (MC) Suzanne BASTIAN (MC HDR) Alain CHAUVIN (Pr) Léa LOISEL (AERC) Emmanuelle MOREAU (Pr)	Pauline MAISONNASSE (CERC) Kenny OBERLE (MC) Nadine RAVINET (MC) Nathalie RUVOEN-CLOUET (Pr)
Médecine des animaux d'élevage	Sébastien ASSIE (MC) Catherine BELLOC (Pr) Aurore BOISHARDY (CERC) Isabelle BREYTON (MC)	Raphaël GUATTEO (Pr) Mily LEBLANC MARIDOR (MC) Anne RELUN (MC) Maud ROUAULT (AERC)
Hygiène et qualité des aliments	Jean-Michel CAPPELIER (Pr) Louis DELAUNAY (MC stagiaire) Bruno LE BIZEC (Pr)	Marie-France PILET (Pr) Sofia STRUBBIA (MC)

Département DSC Sciences cliniques		
Responsable : Olivier GAUTHIER – Adjoint : Marion FUSELLIER		
Anatomie comparée	Eric BETTI (MC) Aurélia BORVON (MC associé)	Claude GUINTARD (MC)
Pathologie chirurgicale et anesthésiologie	Eric AGUADO (Pr) Claire DEFOURMSTRAUX (MC) Olivier GAUTHIER (Pr)	Eric GOYENVALLE (Pr) Pierre MAITRE (MC) José Luis RETORLLO GARCIA (Ph)
Dermatologie, parasitologie des carnivores et des équidés, mycologie	Vincent BRUET (MC) Jacques GUILLOT (Pr)	Maria Dolores SANCHEZ (CERC) Sabrina VIEU (AERC)
Médecine interne, imagerie médicale et législation professionnelle vétérinaire	Nora BOUHSINA (MC) Nicolas CHOUIN (MC) Anne COUROUCE (Pr) Agathe DEBRUILLE Jack-Yves DESCHAMPS (Pr) Amandine DRUT (MC) Marion FUSELLIER-TESSON (Pr)	Catherine IBISCH (MC HDR) Aurélia LEROUX (MC) Tristan MERIC (MC stagiaire) Odile SENECAT (MC) Françoise ROUX (Pr) Juan HERNANDEZ-RODRIGUEZ (Pr Ass)
Biotechnologies et pathologie de la reproduction	Mohamed Samy ABDELKADER YOUSEF (MC) Djemil BENCHARIF (Pr)	Lamia BRIAND (Pr) Jean-François BRUYAS (Pr)
Département GPA Génie des procédés alimentaires		
Responsable : Vanessa JURY – Adjointe : Cyril TOUBLANC		
Lionel BOILLEREAUX (Pr) Sébastien CURET-PLOQUIN (Pr) Kévin CROUVISIER-URION (MC) Marie DE LAMBALLERIE (Pr) Francine FAYOLLE (Pr)	Michel HAVET (Pr) Vanessa JURY (Pr) Emilie KORBEL (MC) Alain LEBAIL (Pr)	Eve-Anne NORWOOD (MC) Raphaël PORYLES (MC) Laurence POTTIER (MC) Olivier ROUAUD (Pr) Cyril TOUBLANC (MC)
PAC-ING	Cyril Gaillard (PCEA)	
Département MSC Management, statistiques et communication		
Responsable : Jean-Michel GALIHARRET – Adjointe : Sibylle DUCHAINE		
Mathématiques, statistiques, informatique	Véronique CARIOU (Pr) Guillaume FRANCHI (MC Stagiaire) Jean-Michel GALIHARRET (MC)	Benjamin MAHIEU (MC) Michel SEMENOU (MC) Chantal THORIN (PRAG)
Economie, gestion, législation	Pascal BARILLOT (MC) Ibrahima BARRY (MC) Florence BEAUGRAND (MC) Sibylle DUCHAINE (MC)	Jean-Marc FERRANDI (Pr) Franck INSGNARES (IE) Sonia MAHJOUB (MC) Samira ROUSSELIERE (MC)
Langues et communication	Marc BRIDOU (PLPA) David GUYLER (Ens. Cont.) Nathalie GOODENOUGH (PCEA) Patricia JOSSE (Ens. Cont.)	Shaun MEEHAN (Ens. Cont.) Linda MORRIS (PCEA) Ian NICHOLSON (ENS. Cont.)

Formations Techniciens supérieurs

Responsable : **Laurence FRERET**

	Françoise BRICHET (IAE) Christophe CARON (PLPA) Laurence FRERET (PCEA) Virginie MAGIN (Ens.cont.)
--	--

Pr Ag : Professeur Agrégé, Pr : Professeur, MC : Maître de Conférence, MCC : MC contractuel,
PLPA : Professeur Lycée Professionnel Agricole, PCEA : Professeur Certifié Enseignement Agricole,
HDR : Habilité à Diriger des Recherches, CERC : Chargé d'Enseignement et de Recherche Contractuel,
Ens. Cont. : Enseignant Contractuel

AVERTISSEMENT

La reproduction d'extraits de cette thèse est autorisée avec mention de la source. Toute reproduction partielle doit être fidèle au texte utilisé. Cette thèse devra donc être citée en incluant les éléments bibliographiques suivants :

- Nom et prénom de l'auteur : Nicolas BLANC
- Année de soutenance : 2025
- Titre de la thèse : Incidence et facteurs de risque de seime longitudinale interne chez les bovins dans l'Est de la France
- Intitulé du diplôme : Thèse de doctorat vétérinaire
- Université de soutenance : Faculté de Médecine de Nantes
- Ecole de soutenance : Oniris : Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de L'alimentation Nantes Atlantique
- Nombre de pages : 100p.

Le défaut de citation est considéré comme du plagiat. Ce dernier est puni par la loi française et passible de sanctions allant jusqu'à 3 ans d'emprisonnement et 300 000€ d'amende.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Monsieur **Raphaël GUATTEO** pour l'intérêt porté à mon travail et pour l'honneur qu'il m'a fait d'accepter de présider mon jury de thèse.

Je remercie également Monsieur **Aurélien MADOUASSE** pour avoir accepté de siéger dans le jury en tant qu'assesseur.

Je remercie chaleureusement Madame **Anne RELUN** pour m'avoir confié ce sujet de thèse, ainsi que pour son accompagnement durant toute cette année d'étude, pour sa confiance, son efficacité, son œil critique, et son aide précieuse à chaque étape du projet.

Je remercie tout aussi chaleureusement Monsieur **Anaël CASSARD** pour avoir été à l'origine de cette étude, pour sa confiance, et pour son accompagnement sans faille tout au long de ce travail, depuis la phase d'observation sur le terrain et les premières réflexions jusqu'aux derniers instants de la rédaction.

Je tiens à remercier par ailleurs toutes les personnes avec qui j'ai pu être en contact sur le terrain ou à distance, et qui ont aidé à la réalisation de cette étude. Un grand merci à toutes **les équipes de GEN'IAtest** pour leur accueil et leur assistance, et notamment à Monsieur **Nicolas THIBERT**, Madame **Florine LEUVREY**, Madame **Marion CLERGEOT**, Madame **Esther MANOURY**, Monsieur **Alexy PARISEL** et Madame **Mélanie GAINET**. Merci aussi à Madame **Marie BERODIER** et Monsieur **Guillaume FAYOL** chez Umotest, Madame **Lola MILLOT** chez CEL 25-90, Monsieur **Lucas BARCZYNSKI** de Montbéliarde Association et Monsieur **Yannick SAILLARD** pour leurs éclaircissements, aux vétérinaires Messieurs **Alberto TOSI** et **Bruno GIBOUDEAU** pour le partage de leur expérience, à Monsieur **Stéphane ROSSIGNOL** pour son temps, ainsi qu'à Monsieur **Aurélien CAPITAN** pour son travail sur les génotypes.

Un grand merci également à Mesdames **Nadine BRISSEAU** et **Anne LEHEBEL** à Oniris pour leur accompagnement sur l'aspect statistique et informatique.

Je tiens enfin à remercier l'ensemble du personnel des cliniques vétérinaires qui m'ont accueilli en stage ou en remplacement durant mes cinq années d'étude, à savoir les cliniques de **Savigny-sur-Braye**, d'**Andouillé**, de **Pompignac**, de **Saint-Roch** à Mantes-la-Jolie, de **Pâquerette et Pollux** à Tourny, de **Sainte-Eulalie**, d'**Ernée**, d'**Hopia** à Guyancourt, et de **Digoin**, ainsi que Monsieur **Philippe LEVAVASSEUR** de la ferme des Fresnes, pour le temps qu'il m'ont octroyé afin de me former et me faire découvrir les mondes vétérinaires et de l'élevage.

1 an de thèse, 8 ans d'études post-bac, et un paquet d'années avant cela, c'est un long chemin, et j'aimerais remercier tous les gens qui m'ont permis d'une manière ou d'une autre d'en voir le bout.

Tout d'abord, merci à **mes parents**. C'est bateau à dire, mais je ne serais jamais arrivé là sans vous. Pour m'avoir permis de faire des études si longues et si loin de la maison, pour m'avoir laissé le temps de faire mes choix de vie même lorsque j'hésitais jusqu'à la dernière seconde, pour m'avoir poussé à retirer le poil de ma main et me mettre au boulot lorsqu'il le fallait... **A toi Maman** pour nos heures au téléphone presque chaque week-end depuis maintenant 8 ans, pour tes petites piques gentilles qui me rappellent que quand même il faudrait que je bosse plus, pour toutes tes questions sur les animaux, autant sur le chien qui dort dans le salon que sur le moindre petit insecte trouvé dans le jardin, qui me rappellent tout ce qu'il faut encore que j'apprenne... Et à **toi Papa**, pour nos courts interludes « info sportives » au milieu des longs appels avec Maman, pour m'avoir transmis tant de tes passions, pour les larmes que tu auras j'en suis sûr, à la fin de la soutenance, et je l'espère aussi en lisant ceci :-)...

A toi Anto, toujours présent même si on se sera moins vu sur les dernières années. Pour avoir participé à faire mon éducation culturelle et sportive, pour m'avoir montré l'exemple de ce que c'est que de bosser dur, pour avoir partagé ma passion des animaux au cours d'un exposé sur les loups il y a bien longtemps... Toi seul pourras avoir la réf' quand je dirais : « Quelqu'un a besoin d'un docteur ? » ;-)...

A toi Drinou, qui avec 3 ans de moins saute en même temps que moi dans la vie active et le monde des grands. Pour me rappeler mes racines franciliennes malgré ma vie de véto rural en province, pour nos moments de vacances partagés qui font toujours beaucoup de bien, pour notre alchimie sur le jeu de la complicité qui ne sort pas de nulle part, et pour nos coups de téléphone qui deviennent de plus en plus longs au fil des années qui passent.

A Gomette, Linus, Nougatine, Taïga, Tortue n°1 et Tortue n°2, qui m'ont fait aimer les animaux hors des livres et des reportages, bien avant que je ne découvre des vaches pour de vrai.

A la **Famille**, les cousins (les 99 et les autres), oncles et tantes. A vous, **Bastien, Mathilde, Julien, Sylvie, Mathieu, Baptiste, Franck, Linda, Fred, Cathy, Jonat', Flo, Pascale, Bernard, Vaness', Titou, Seb', Steph, Livio, Cécile, Camille, Pauline, Denis et Cédric** (sans oublier bien sûr **Ulga, Titeuf, Lucky, Ujai** et les autres), pour m'avoir si gentiment laissé raconter mes anecdotes crados de véto et offerts de superbes moments de pause. A **Mamie** pour tes discussions sur l'actualité des oiseaux et des moutons de Charleval. A **Papy** pour tes belles recettes, et pour les liens étonnants que l'on peut faire entre les mondes des vétérinaires et de la charcuterie. A **Mamou** pour me faire découvrir que même lorsque je pars en stage au fin fond de la Mayenne, je retombe quand même sur des terres d'origine de membres de la famille.

Aussi à ceux qui sont presque de la famille, et en particulier à « ma tantine » **Marion** et à **Tim**, pour avoir été à la fois mon point de repère dans cette ville inconnue, et en même temps une superbe rencontre parce que je ne vous connaissais pas tant que cela avant, ainsi qu'à **Steph, Sandrine, Morgane, Méloé et Manoah**.

Et puis à ceux qui ne me verront jamais docteur mais auxquels je continue de penser très fort : **Papou, Mayou, Olivier, Tom...**

Merci bien évidemment à **la team de l'enfer**, pour avoir rendu mes 2 dernières années d'école encore meilleures que les 3 premières. A Nicol... euh pardon **Charles** (la confusion est si fréquente), chez co-poulot, coloc, collectionneur de vieilleries et colporteur de stages au fin fond de la Mayenne... Je n'aurais franchement pas dit non à un peu plus que ces 6 petits mois de coloc. A **Mousse**, pour avoir été là quand je voulais faire l'idiot et pour parfois m'y avoir motivé. On se serait connu un peu plus tôt, j'aurais pu profiter encore plus de ma vie étudiante, mais pas grave on compensera sur les années à venir. A **Yzia**, pour... Et bien pour être Yzia (ce n'est pas évident à définir), mais aussi pour les parties de petit Bac même quand il ne fallait pas, et pour ton coaching... A **La Vieille**, pour avoir été une si bonne cible de vanes, pour tes « pov' type » si récompensant, pour tes courses qui font mal aux pattes mais qui motivent à se bouger (je fini premier du groupe sur les deux trails, je pose ça là...^^). A **Elé**, pour cette belle amitié forgée dès le groupe de TD (:-) mais surtout en clinique, pour m'avoir permis de ne pas être seul au milieu des provinciaux, et pour avoir été mon Etchebest, faisant de moi par ta sévérité un meilleur cuisinier. Au passage, à mon cher **brownie**, pour avoir été la brique sur laquelle s'est construit ce beau groupe. Sans oublier bien sûr **Anaïs** (plus sympa en maître de stage qu'en jury de The Voice), **Samuel** (Pouancé c'est loin mais j'avoue qu'on y est bien accueilli), **Mel** (divin chauve et compatriote Chesnaysien), **Théo**, et **Milka** (j'espère que ça ne vous vexe pas si je la mets dans la même phrase... et si vous passez après le brownie).

Aux **mecos**. C'est par hasard (et par un manque de travail évident) que j'ai fini dans cette ville bretonne ou presque dans laquelle je n'avais jamais mis les pieds, par hasard que j'ai fini dans cette prépa au nom qui m'a d'abord fait peur... Mais le hasard a très bien fait les choses, et là où beaucoup sont traumatisés par leurs années prépa, je chérirais toujours les miennes grâce à vous. A vous tous, **Alex**, et nos grandes excursions scientifiques, **Brieg**, frère d'armes de redoublement, **Chalou**, **Bobby**, **Camil**, **Martin**, **Bol d'Air**, **Clémentin**, **Jeanjean**, **Eve**, **Charouette**, **Elsa**, **Rouxos**, **Ludivine (S et T)**, **Lucile**, **Triton**, **Robin**, **Jérôme**, **MC**, **June**, **Donatien**, **Maxime**... C'est très clairement en passant une bonne partie de ces 3 années à faire l'idiot avec vous et à profiter pleinement de chaque moment sans boulot que j'en suis arrivé où j'en suis. Merci l'EDEN, merci les « after » chez Chalou, le Fut, les Johnny Depp, les jeux du ninja, la belote, les terminaisons en « -os », et tout le reste.

Bien sûr aux **potos du 78**, que j'ai quitté trop tôt pour partir à Nantes, mais qui auront rendu si réconfortant chacun de mes retours sur nos terres, chacune de nos vacances ensemble, chaque 31... A **Tom**, mon capitaine, mon coach, mon troisième frangin. Je croise les doigts pour que ce que tu entreprends réussisse, mais te connaissant je ne me fais pas trop de soucis. A **Simon**, pour une amitié qui sera allée de la petite section à la thèse, de la cour de Nézel au « virage Tuileries », et atteindra dans pas si longtemps les noces d'argent. A **Romain**, toi qui est parti t'isoler dans de lointaines montagnes. Cela reste beau qu'après plus de 20 ans à se connaître on se retrouve à travailler dans des domaines si proches. Et puis à vous tous : **Ju**, **Gregzer**, **Aymeric**, **Arno**, **Célia**, **Camille**, **Hippolyte**, **Maurice**, **Clara**... à vous que j'ai vu bien trop peu lors de ces dernières années, mais je ferais tout pour rattraper ça sur les prochaines...

A tous ceux que j'ai côtoyés lors de mes 5 années d'école véto et que je n'ai pas cités plus haut. A mes parrains et marraines **les Samba** tout d'abord, pour votre bel accueil dans cette école bien que je n'en ai pas gardé tous les souvenirs, et pour m'avoir amené à rejoindre le prestigieux **FC Oniris**. A ceux que j'ai croisé dans ce club au passage, parce que

ce n'est pas parce qu'on perd tout le temps que l'on ne prend pas un peu de plaisir. Aux **MPT** bien sûr, parce que parmi ce groupe un peu fourre-tout et longtemps sans nom j'ai pu passer tant de moments mémorables. Alors à vous **Peach/Tourne, Garou, Sahglisse, Pilon, Juste, Bernardo, Rodolphe, Jean B, Suzie, Imane, Nivea, Bryan** et tous les autres. Même si je ne me souviendrais jamais complètement de la choré, *Vamos A La Playa* me fera toujours repenser à vous et aux soirées passées ensemble. Et puis bien sûr à **la relève, à tous nos poulots**, ceux que j'ai pu recroiser à de nombreuses reprises et ceux que je n'ai vu que quelques soirs, à tous ceux qui ont organisé des WER, et à celles qui ont été mes marraines le temps d'une soirée. Ce fut un plaisir d'essayer de vous faire découvrir et apprécier le peu que je connais de cette belle école. Alors merci à vous tous pour les souvenirs (et parfois leur absence), ainsi qu'à tous ceux que j'ai pu croiser lors d'aventures à travers l'école, la Chanterrie ou les colocs, sans toujours savoir vos noms.

Quelques remerciements supplémentaires pour toi **Anaël**. Parce que chaque fois que tu me mettais en difficulté avec de nouvelles demandes ou de nouvelles interrogations, tu compensais par ton aide acharnée et infaillible, dans la réflexion, dans l'encadrement, dans la rédaction... Je ne connais pas d'autres maîtres de stage de thèse, mais j'aurais eu bien du mal à trouver mieux. A toi, et à **Hélène**, pour votre accueil dans ce lointain, froid, mais très joli, département du Doubs, qui m'aura offert une belle neige pour mes 25 ans.

Aussi, à ces **professeurs** sans qui je n'aurais pas fini en école vétérinaire, et sans qui je me demande bien ce que j'aurais fini par faire de ma vie : Messieurs et Mesdames **Loyen, Dusch, Girard, Rétif, Laurentin, Delaunay**... Sans oublier les professeures de français qui d'une certaine manière auront rendu la rédaction de ce manuscrit plus simple : Mesdames **Brenot, Maillet, Andrews, Pastorino, Pinon** et **Kiefer**...

Au **PSG**, dont la saison aura sublimé cette année 2025, rétrogradant ma thèse et mes premiers pas dans le monde des grands au deuxième rang des plus grands moments de mon année.

Et enfin à vous tous, à Savigny-sur-Braye et Cormenon : **David, Marleen, Adélie, Cécile, Thibault, Nadège, Eloïse, Laurane, Elisa, Julie, Céline, Mélissa, Laura N. et L., Elodie, Anne, Carole, Nadia**. Pour ces premiers mois qui donnent envie d'en vivre d'autres, pour votre aide et votre patience, pour me laisser le temps d'essayer de devenir un vrai vétérinaire tout en finissant de travailler sur cette thèse.

Merci à tous, pour tous les moments passés ensemble qui m'ont permis d'en arriver là, et merci d'avance pour tous les moments qui suivront dans cette nouvelle vie qui commence.

TABLE DES MATIERES

Liste des tableaux	14
Liste des figures	16
Liste des annexes.....	17
Liste des abréviations utilisées	19
Introduction.....	20
ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE : LES LESIONS PODOALES DE LA CORNE, LA SEIME LONGITUDINALE INTERNE ET LES FACTEURS DE RISQUE POTENTIELLEMENT ASSOCIES.....	21
I- Anatomie et physiologie des doigts du bovin	21
A- Anatomie des doigts	21
B- Physiologie de la production de corne	27
II- Seime longitudinale interne et autres lésions digitales	28
A- Définition des différentes lésions de la corne	29
1- Les seimes et la SLI	29
2- Autres lésions mécaniques notables.....	32
3- Définition des autres lésions d'importance	33
B- Physiopathologie de la SLI et des autres lésions de la corne	34
III- Facteurs physiopathologiques de la pousse et de la détérioration de la corne....	36
A- Détérioration de la qualité de la corne formée.....	36
B- Fragilisation de la corne en place	39
C- Résumé des hypothèses de facteurs de risque	42
ETUDE PERSONNELLE : INCIDENCE DE LA SEIME LONGITUDINALE INTERNE DANS L'EST DE LA FRANCE ENTRE 2021 ET 2024 : ETUDE OBSERVATIONNELLE.....	44
I- Contexte et Objectifs.....	44
A- Enjeux.....	44
B- Zone d'étude et partenaires	45
C- Données de parage : risques de biais de sélection.....	45
D- Objectifs.....	46
II- Matériels et Méthodes	47
A- Récolte des données.....	47

1-	Lésions podales	47
a)	Données de parage et données complémentaires Umotest	47
b)	Données de parage GEN'IAtest	47
c)	Données concernant les effectifs présents : Montbéliarde Association.....	48
d)	Données individuelles et d'élevage complémentaires (Contrôles laitiers)....	49
2-	Caractéristiques des vaches et des troupeaux.....	49
3-	Logiciel de traitement et d'analyse des données	50
B-	Analyse des données.....	51
1-	Gestion des données.....	51
a)	Sélection des animaux et des troupeaux.....	51
b)	Transformation de variables.....	52
c)	Création de nouvelles variables.....	53
i)	Des variables "de base" pour la caractérisation des données de parage et l'évaluation des potentiels facteurs de risque :	53
ii)	Des variables essentielles à la description des routines de parage.....	54
iii)	Des variables nécessaires aux calculs des incidences	56
iv)	Des variables nécessaires aux analyses bivariées des facteurs de risque potentiels.....	58
2-	Analyses statistiques	58
a)	Incidence annuelle de la SLI et distribution spatio-temporelle de cette incidence	58
i)	Définitions générales des différentes incidences	58
ii)	Incidences à l'échelle individuelle	59
iii)	Incidences à l'échelle inter-troupeau	60
iv)	Incidences à l'échelle intra-troupeau	61
b)	Recherche de facteurs de risque de SLI.....	61
i)	Variables explicatives qualitatives (ou catégorielles)	61
ii)	Variables explicatives quantitatives.....	62
III-	Résultats.....	62
A-	Description des typologies de routines de parage	62
1-	Description de la population Umotest.....	62

2-	Description de la population GEN'IAtest	63
B-	Distribution de l'incidence de la SLI à différentes échelles	63
1-	Incidences au sein de la population Umotest	63
a)	Incidences de la SLI	63
i)	Incidences à l'échelle individuelle	63
ii)	Incidences à l'échelle inter-troupeau	66
iii)	Incidences à l'échelle intra-troupeau	67
b)	Comparaison aux autres lésions sources de boiteries	69
2-	Incidences au sein de la population GEN'IAtest	69
C-	Analyse bivariée des facteurs de risque potentiels	70
1-	Effet « race »	73
2-	Effet « zone ».....	73
3-	Effet de l'âge.....	74
4-	Effet des index de santé podale	74
a)	Index de synthèse (STPI, SLI*, SLM)	74
b)	Index élémentaires	75
IV-	Discussion.....	76
1-	La SLI, une lésion pas si secondaire	76
2-	Variabilité d'atteinte des cheptels et possible importance d'un effet « milieu ». 78	
3-	Des pistes de facteurs de risque potentiels mais une exploration qui reste à faire 79	
	Conclusion	81
	Bibliographie.....	82

Liste des tableaux

Tableau I : Principales lésions mécaniques du pied de bovin selon les définitions de l'ICAR (ICAR 2015).....	33
Tableau II : Bilan des facteurs de risque potentiels de SLI.....	43
Tableau III : Liste des variables relatives à l'identification des animaux et aux résultats des parages (issues des BDD GEN'IAtest et Umotest).....	49
Tableau IV : Liste des variables relatives aux facteurs de risque suspectés à l'échelle individuelle.....	50
Tableau V : Liste des variables relatives aux cheptels et aux facteurs de risque suspectés à l'échelle troupeau.....	50
Tableau VI : Répartition des effectifs d'individus différents et de couples cheptel-année par BDD (base de données) et par zone.....	54
Tableau VII : Définition des typologies de routines de parage des couples cheptel-année selon la valeur des 3 variables de description.....	55
Tableau VIII : Récapitulatif des lésions concernées par les calculs d'incidence associées aux notes de gravité incluses dans le calcul (car cause probable de boiteries).....	56
Tableau IX : Répartition des 780 couples cheptel-année de la BDD UMOTEST en fonction de leur typologie de routine de parage (définie par 3 variables).....	62
Tableau X : Incidences globales (IG, en pourcent) à l'échelle individuelle des SLI significatives (grade \geq 2) sur les 4 années d'étude (2021-2024) selon le pourcentage de vaches parées et la définition de l'incidence (nouveaux cas uniquement ou nouveaux cas et cas récurrents).....	64
Tableau XI : Description de la répartition des différentes incidences mensuelles des SLI de grade \geq 2 à l'échelle individuelle calculées sur la période 2021-2024 en fonction du pourcentage de vaches parées (PctVP).....	65
Tableau XII : Incidence inter-troupeau globale (sur la période 2021-2024) des SLI de grade \geq 2 en fonction du pourcentage de vaches parées (PctVP).....	67
Tableau XIII : Incidences inter-troupeau annuelles des SLI de grade \geq 2 en fonction du pourcentage de vaches parées et de la zone (Departement_Regroupe) (BDD UMOTEST)	67
Tableau XIV : Description de la répartition des incidences intra-troupeau annuelles des SLI de grade \geq 2 en fonction du pourcentage de vaches parées (PctVP) (Incidence donnée en nombre de nouveaux cas* pour 100 vaches**).....	68
Tableau XV : Comparaison des différentes incidences majeures (parmi les vaches parées) de 5 lésions sources de boiteries (SLI grade 2 et 3 ; US grade 1,2 et 3 associés aux CE grade 1,2 et 3 ; DD grade 2 ; NP grade 1,2 et 3 ; et OLB grade 3) (BDD UMOTEST).....	69
Tableau XVI : Résultats des régressions logistiques bivariées pour les variables catégorielles susceptibles de faire varier l'occurrence de la seime longitudinale interne (SLI \geq 2) chez les vaches laitières dans l'Est de la France entre 2021 et 2024 (les vaches atteintes de SLI 1 ont été exclues).....	71

Tableau XVII : Résultats des régressions logistiques bivariées pour les variables continues susceptibles de faire varier l'occurrence de la seime longitudinale interne ($SLI \geq 2$) chez les vaches laitières dans l'Est de la France entre 2021 et 2024 (les vaches atteintes de SLI 1 ont été exclues) (BDD Umotest) 72

Liste des figures

Figure 1 : Anatomie externe de la région digitale en vue latérale (A) et solaire (B) (Lensink & Leruste 2006).....	22
Figure 2 : Anatomie interne de l'onglon de bovin en vue latérale : Détails de l'appareil suspenseur de la P3 et des coussinets plantaires (Delacroix 2025, inspiré de S. Mason).....	24
Figure 3 : Anatomie des doigts du bovin en vue latérale (A) et solaire (B) : détails des différentes structures de corne et des zones de transition (Nuss 2022).....	26
Figure 4 : Photographie d'une Seime Longitudinale Externe (à gauche) et d'une Seime Cerclée (à droite) par J. Kofler (SLE) et P. Greenough (SC) (ICAR 2015)	29
Figure 5 : Photographie d'une SLI sur l'onglon externe du postérieur gauche d'une vache Montbéliarde en cours de parage (photographie personnelle, novembre 2024).....	30
Figure 6 : Photographie d'une SLI de grade 1 (définition de 2024) sur le postérieur d'un bovin en cours de parage (Anaël Cassard 2024)	31
Figure 7 : Photographie de deux SLI de grade 2 (définition de 2024) sur l'onglon de deux postérieurs de bovins en cours de parage (Anaël Cassard 2024)	31
Figure 8 : Photographie d'une SLI de grade 3 (définition de 2024) sur l'onglon externe d'un postérieur gauche de bovin en cours de parage (Anaël Cassard 2024).....	32
Figure 9 : Photographies d'un pied de bovins "en babouche" ou à muraille concave (présentant également une SLI de grade 2) (Anaël Cassard, 2024).....	35
Figure 10 : Utilisation du logiciel Pédibov pour l'enregistrement des lésions podales durant un chantier de parage (photographie personnelle, novembre 2024)	48
Figure 11 : Evolution des différentes incidences annuelles à l'échelle individuelle de SLI sur la période 2021-2024 en fonction du taux de vaches parées (>90% ou <90%) (BDD UMOTEST)64	
Figure 12 : Evolution des incidences mensuelles (ICAR et « vraie », par vaches parées) à l'échelle individuelle des SLI de grade≥2 sur la période janvier 2021-décembre 2024 (Pourcentage VP>90%).....	65
Figure 13 : Répartition des incidences mensuelles vraies des SLI de grade ≥2 à l'échelle individuelle en fonction du pourcentage de vaches parées (%VP) et de la zone (Departement_Regroupe) (BDD UMOTEST)	66
Figure 14 : Répartition des incidences intra-troupeau annuelles vraies (parmi les vaches présentes) des SLI de grade ≥2 en fonction du pourcentage de vaches parées (> ou < 90) et de la zone (01, 25-39 ou 52-70-90) (BDD UMOTEST)	68

Liste des annexes

ANNEXE 1 : Composition des différents index de synthèse de santé podale en race Montbéliarde (Géniatest 2024)	87
ANNEXE 2 : Notes sur la seime longitudinale interne – Analyse statistique interne des données de parage GEN’IAtest (données du rapport du 13/02/2024 mis à jour le 11/06/2025 avec les données de la campagne 2023-2024)	88
ANNEXE 3 : Notes de gravité associées à un fort risque de boiteries pour chaque lésion enregistrée par GEN’IAtest (Anaël Cassard, selon les recommandations de Marc Delacroix (Centre de Formation Agricole de Rennes-Le Rheu), d’Innoval, et Kofler et al. 2022)	89
ANNEXE 4 : Critères d’inclusion et effectifs des animaux dans l’étude de cartographie génétique des animaux atteints de seime longitudinale interne (SLI) et de leurs contemporains (selon Aurélien Capitan)	90
ANNEXE 5 : Répartition des 3535 couples cheptel-année de la BDD Umotest selon le taux de Montbéliardes (avant tri sur ce taux)	91
ANNEXE 6 : Répartition des incidences de SLI à l’échelle individuelle en fonction de sous-populations test définies par le taux de vaches parées dans l’année (“C10PourcentVP”, définie par classes de 10%) (BDD UMOTEST)	92
ANNEXE 7 : Répartition des 780 couples cheptel-année de la BDD UMOTEST en fonction des classes catégorisant les 3 variables de description des routines de parage : pourcentage de vaches parées (C2PourcentVP), nombre de chantiers par an, et taux de vaches parées des 4 pieds	93
ANNEXE 8 : Répartition des 714 couples cheptel-année de la BDD GENIATEST en fonction de leur typologie de routine de parage (définie par 3 variables)	94
ANNEXE 9 : Evolution des incidences mensuelles (ICAR et “vraie”) à l’échelle individuelle des SLI de grade ≥ 2 sur la période de janvier 2021-2024 (Pourcentage de vaches parées $< 90\%$) (BDD UMOTEST)	95
ANNEXE 10 : Incidences inter-troupeau annuelles des SLI de grade ≥ 2 en fonction du pourcentage de vaches parées et de l’année (BDD UMOTEST)	96
ANNEXE 11 : Evolution sur la période 2021-2024 des taux d’incidence inter-troupeau annuelle des SLI de grade ≥ 2 en fonction du pourcentage de vaches parées (Pourcentage VP) et de la zone (Départements groupés) (BDD UMOTEST)	97
ANNEXE 12 : Evolution annuelle (sur la période 2021-2024) du taux d’incidence vraie (parmi les vaches présentes) à l’échelle individuelle de la SLI de grade ≥ 2 en fonction du pourcentage de vaches parées (C2PourcentVP) et de la zone (Départements groupés) (BDD GENIATEST)	98
ANNEXE 13 : Evolution annuelle (sur la période 2021-2024) du taux d’incidence inter-troupeau de la SLI de grade ≥ 2 en fonction du pourcentage de vaches parées (PourcentageVP) et de la zone (Départements groupés) (BDD GENIATEST)	99

ANNEXE 14 : Répartition des effectifs d'animaux témoins et atteints (A : en effectifs bruts ;
B : en proportion d'animaux de la race donnée) en fonction de leur code race 100

Liste des abréviations utilisées

AOP : Appellation d'Origine Protégée

BDD : Base De Données

BLC : Bleime Circonscrite

BLD : Bleime Diffuse

CE : Cerise

CEL : Organisme de Contrôle Laitier

CPL : Contrôle des Performances Laitières

DER, DD (ou plus rarement MM ou M) : Dermatite Digitale, dite aussi "Maladie de Mortellaro"

EDE : Etablissement Départemental d'Elevage

EBVM : Evidence-Based Veterinary Medicine

ER : Erosion du Talon (lésion du fourchet)

FCO : Fièvre Catarrhale Ovine

GDS : Groupement de Défense Sanitaire... :

GDS01 : ...de l'Ain. GDS38 : ...de l'Isère. GDS69 : ...du Rhône

ICAR : International Committee for Animal Recording

Idele : Institut de l'Elevage

LM : Limace (lésion podale)

MHE : Maladie Hémorragique Epizootique

NEC : Note d'Etat Corporel

NP : Nécrose de la Pince

OLB ou OBL (selon la classification employée) : Ouverture de la Ligne Blanche

P1 : Première phalange (ou phalange proximale)

P2 : Deuxième phalange (ou phalange moyenne)

P3 : Troisième phalange (ou phalange distale)

RL : Rang de Lactation (ou parité)

RO ou RT : Rotation de l'Onglon

SC : Seime Cerclée

SE : Seime (classification générique, uni plusieurs types de seimes dans certains logiciels de parage)

SLE ou SEE (selon la classification employée) : Seime Longitudinale Externe

SLI ou SEI (selon la classification employée) : Seime Longitudinale Interne

SLI* : Index de Synthèse des Lésions Infectieuses (à ne pas confondre avec le sigle de la seime longitudinale interne, différenciés par une astérisque "**")

SLM : Index de Synthèse des Lésions Mécaniques

STPI : Index de Synthèse de la Santé du Pied

US : Ulcère de la Sole

VP : Nombre de Vaches Parées

VPz : Nombre de Vaches Présentes

Introduction

Les boiteries et leur gestion constituent un enjeu majeur en élevage bovin. Elles figurent parmi les principales causes de réforme dans différents pays (Rajala-Schultz & Gröhn 1999, CDIC 2020) et sont reconnues comme une cause majeure de détérioration du bien-être animal et des performances de production (Olechnowicz & Jaśkowski 2011). Chez les vaches laitières les affections en région digitale sont responsables de près de 90% des cas de boiteries (Delacroix & Gervais 2025). Ces affections regroupent notamment les nombreuses lésions mécaniques altérant la corne des onglons (OLB, US, seimes...). Parmi ces lésions, la seime longitudinale interne (SLI), caractérisée par une fissuration de la corne de la muraille axiale au niveau du sillon axial, reste peu documentée dans la littérature scientifique. Pourtant des pareurs de l'Est de la France, en particulier dans des zones d'élevage majoritairement peuplées de vaches Montbéliardes, signalent que cette lésion est une cause fréquente de boiterie et s'avère particulièrement difficile à guérir. Selon leurs observations, la SLI serait présente dans un grand nombre d'élevages et toucherait un nombre non négligeable d'individus. Ces constats émanent notamment des pareurs de GEN'IAtest, une coopérative agricole opérant principalement en Bourgogne-Franche-Comté.

Plusieurs facteurs pourraient favoriser l'apparition de cette lésion selon ces professionnels : la race (Montbéliarde majoritaire dans cette région), la génétique, les conditions pédoclimatiques ou encore les pratiques d'élevage. Ces dernières varient en effet entre des systèmes fortement pâturants sur les plateaux du massif jurassien (zone de production de l'AOP Comté) et des troupeaux conduits majoritairement en bâtiment dans les plaines. Bien que de nombreux facteurs de risque - tels que la génétique, le taux d'humidité, ou l'alimentation - aient été évoqués dans la littérature et sur le terrain, les études portant spécifiquement sur la SLI et permettant d'en identifier les déterminants restent rares. Ce manque de connaissance limite la formulation de recommandations pour la prévention de cette lésion, pourtant nécessaire.

Le but de cette thèse est donc triple. Il s'agit de dresser un état des lieux des connaissances actuelles sur la SLI et ses potentiels facteurs de risque, d'estimer l'incidence de cette lésion dans l'Est de la France et d'identifier et formuler des hypothèses sur ses principaux facteurs de risque. Suite à une étude bibliographique, une étude observationnelle rétrospective a donc été conduite à partir des données de parages de GEN'IAtest et d'autres pareurs de l'Est de la France entre 2021 et 2024.

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE : LES LÉSIONS PODALES DE LA CORNE, LA SEIME LONGITUDINALE INTERNE ET LES FACTEURS DE RISQUE POTENTIELLEMENT ASSOCIES

Afin de pouvoir étudier précisément la SLI, il est nécessaire de revenir d'abord sur l'anatomie du pied (et plus précisément des doigts) des bovins et la définition des différentes structures pouvant jouer un rôle dans la physiopathologie de cette lésion. On s'intéressera donc aux éléments anatomiques composant le pied, mais aussi aux mécanismes physiologiques impliqués dans la formation de la corne, avant d'en venir aux différentes lésions pouvant altérer cette corne, avec un focus sur la SLI, et aux causes possibles. Ceci mènera donc à dégager les facteurs de risque à suspecter dans la genèse de la SLI, et à explorer dans la suite de notre étude.

I- Anatomie et physiologie des doigts du bovin

A- Anatomie des doigts

Les **doigts**, chez le bovin, sont la partie distale des membres, regroupant les structures situées en regard de la partie distale des os métacarpiens jusqu'à la **troisième phalange**. Au niveau de la trochlée métacarpienne, le pied se divise en deux doigts composés chacune des trois phalanges (proximale, moyenne et distale, parfois abrégées par les sigles P1, P2 et P3). Ces trois phalanges sont entourées d'un tissu innervé et vascularisé réparti en trois couches (hypoderme, derme (ou **pododerme**) et épiderme), elles-mêmes protégées par une structure kératinisée plus rigide : la **boîte cornée** (Greenough 2007). Cette dernière peut elle-même être divisée en plusieurs régions aux propriétés différentes : la **couronne**, qui marque la délimitation proximale de la boîte cornée avec le reste du membre, la **muraille**, qui va de la portion la plus plantaire (ou palmaire pour les antérieurs) appelée **talon** jusqu'à la **pince** en face dorsale, la **sole**, qui est la partie directement face au sol, et enfin la **ligne blanche**, qui marque la délimitation entre muraille et sole (Budras & Habel 2003). Les principales structures du pied sont ainsi représentées sur la figure suivante (Figure 1) :

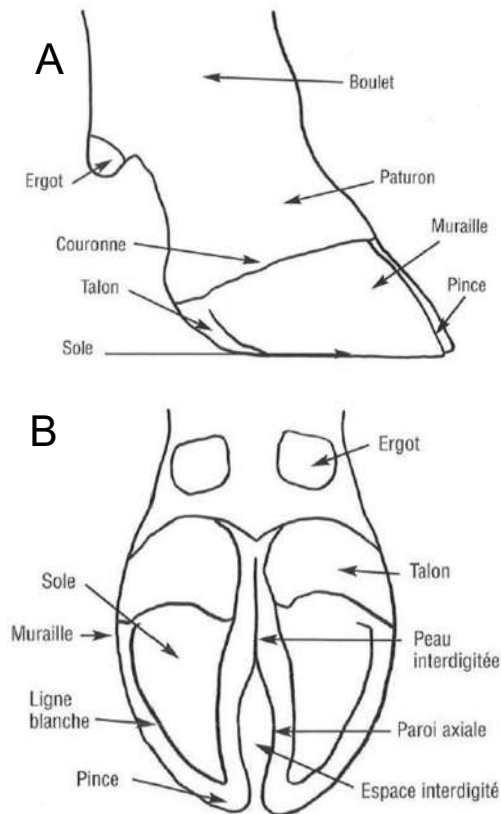


Figure 1 : Anatomie externe de la région digitale en vue latérale (A) et solaire (B) (Lensink & Leruste 2006)

Malgré une structure générale commune, on note des différences anatomiques au sein d'un même pied (entre le doigt médial et celui latéral) ainsi qu'entre les pieds antérieurs et postérieurs, associables à des différences biomécaniques. Ainsi, la **répartition du poids** du bovin est à l'origine d'une contrainte augmentée sur les antérieurs (qui supportent environ 60% de la charge totale), et la démarche du bovin provoque une contrainte plus élevée appliquée sur les doigts latéraux des postérieurs par rapport aux médiaux, et à l'inverse au niveau des antérieurs une pression plus grande appliquée sur les doigts médiaux par rapport aux latéraux. Ces **déséquilibres biomécaniques** ont des conséquences sur l'anatomie de ces structures (onglons postérieurs latéraux plus sollicités plus larges que leur vis-à-vis du même pied), mais aussi sur les risques d'apparition de lésions de la boîte cornée, comme il sera évoqué par la suite (Delacroix & Gervais 2025).

De manière générale, la répartition des forces sur les différents éléments du pied est inégale. Le poids repose essentiellement sur la muraille (externe et interne) et le talon, tandis que la sole, concave en condition physiologique, n'est pas en contact direct du sol (Delacroix & Gervais 2025). Il en résulte une charge élevée (environ 80 kg par onglon postérieur pour une vache de 750 kg) appliquée sur une surface de quelques cm². Au niveau de la boîte cornée cette contrainte repose donc sur deux éléments, la muraille composée de la corne la plus solide de l'onglon qui nécessite une épaisseur d'au moins 5 mm pour résister à la charge, et le talon, plus souple, qui assure une fonction d'amortissement. Il est cependant important de nuancer que chez la plupart des bovins d'élevage la concavité de la

sole est diminuée menant à un contact entre cette portion et le sol.

Au niveau **interne** on retrouve des structures anatomiques constituant des **points de fragilité du pied**. L'épaisseur de la sole ne faisant qu'entre 5 et 15 mm (Greenough 2007), les différents tissus internes situés entre la troisième phalange et la corne de la sole se retrouvent à proximité du sol et des contraintes de l'environnement (corps étrangers, chocs). Or se situent dans ces couches de tissus de nombreuses structures importantes, comme les réseaux vasculaires et nerveux, ainsi que le **pododerme**, impliqué comme nous le verrons dans la partie suivante dans la synthèse de la corne. Cette fragilité est d'autant plus marquée au niveau de la proéminence osseuse en région postérieure médiale de la troisième phalange, qui participe à la compression du pododerme contre la corne et est une zone privilégiée d'ulcères de la sole (Nuss 2022). Face à ces contraintes internes deux structures majeures existent :

- **l'appareil suspenseur de la troisième phalange** : une structure tridimensionnelle complexe faite de fibres de collagènes organisées en lamelles imbriquées liant la P3 au pododerme, et par extension à la muraille et à la sole. Ce système permet un maintien de la phalange dans une position limitant sa pression excessive sur le pododerme et l'absorption d'une partie des chocs (Nuss 2022). Il est à noter que ce système d'ancrage est plus développé du côté abaxial (externe) de l'onglon (Delacroix & Gervais 2025). Son action complète celui des **tendons et ligaments** fixés à la P3.
- les **coussinets plantaires** : organisation de l'hypoderme en tissus lipidiques situés au niveau du talon et de la partie planto-solaire de la P3 participant à l'absorption des chocs (Nuss 2022).

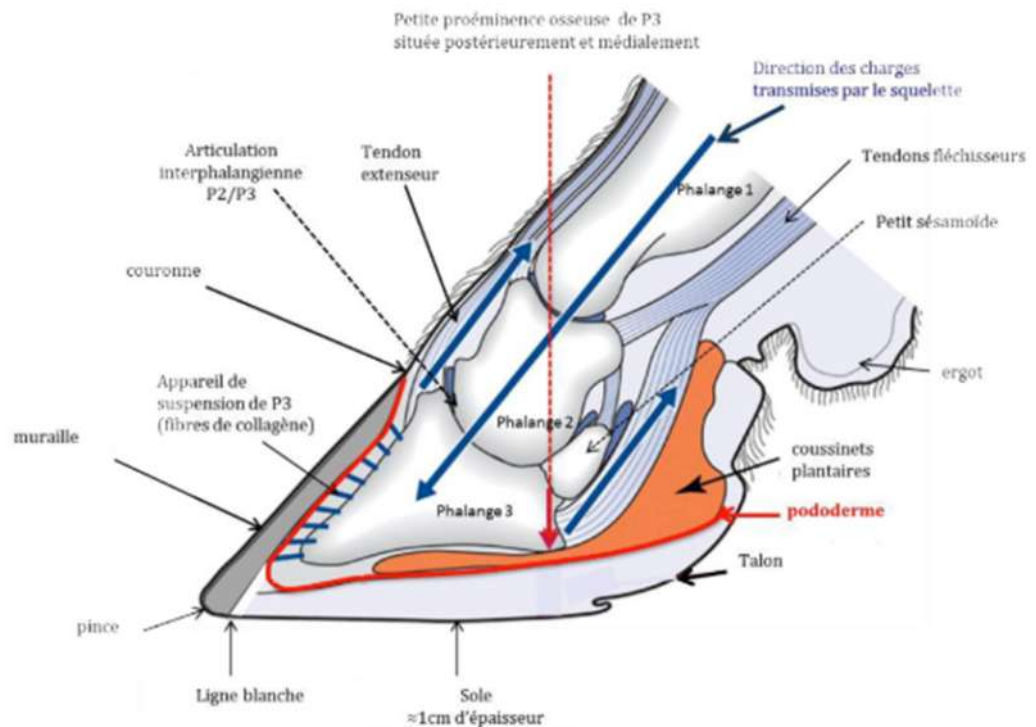


Figure 2 : Anatomie interne de l'onglon de bovin en vue latérale : Détails de l'appareil suspenseur de la P3 et des coussinets plantaires (Delacroix 2025, inspiré de S. Mason)

La répartition inégale de ces structures de maintien entraîne une plus grande laxité des mouvements de la P3 notamment en région postérieure-axiale, ce qui contribue à la mise sous pression préférentielle de certaines portions du pododerme, et par extension à une lésion préférentielle de certaines zones de la boîte cornée.

La boîte cornée et les tissus sous-jacents, pododerme et tissus sous-cutanés, sont anatomiquement divisés en 5 segments : **périoplique**, **coronaire**, **lamellaire**, **bulbaire** et **solaire** (Greenough 2007, Nuss 2022). Chaque segment a une configuration de papilles dermiques, un mode de production de la corne et une architecture de cette corne spécifiques. Le **périoplique** (ou **bande coronaire**) est une fine couche de corne molle d'environ 1,5 cm de large à la jonction entre la peau du membre et la paroi de l'onglon, formée à partir du bourrelet périoplique (derme périoplique). Il correspond à la cuticule des ongles chez l'Homme. Le périoplique fusionne avec la corne du talon. La **muraille (épiderme coronaire)** est une corne dure et dense, formée à partir de la membrane basale qui couvre le pododerme coronaire, qui est un segment de 2-3 cm de large situé juste sous le périoplique. La pousse de la corne se fait en continu, de haut en bas, à une vitesse moyenne de 0,5 cm/mois. Le segment **lamellaire** comprend un système de lamelles emboîtées (les lamelles dermiques s'emboîtant dans entre 1300 et 1800 lamelles épidermiques) formant une interface d'ancrage entre la paroi dure de l'onglon et les tissus vivants du pododerme (appareil suspenseur). Au niveau de la face solaire de l'onglon, cette corne lamellaire forme la **ligne blanche**. Les lamelles sont relativement longues en face dorsale (2-3 cm), et leur longueur diminue en se rapprochant de la région plantaire/palmaire. Elles sont absentes dans le creux axial. Le segment **solaire** participe pour sa part à la synthèse de la corne située sous le pied, séparée de la muraille par la ligne blanche. Il s'agit ici d'une corne plutôt fine et légèrement concave. Enfin, le segment **bulbaire** est situé caudalement à ce dernier et produit une corne souple reposant sur un

coussinet digital qui constitue le talon et joue un rôle d'amortisseur. Sur la face abaxiale de l'onglon, la corne dure de la muraille est séparée de celle bulbaire plus molle par une zone de transition nommée **sillon abaxial**, tandis qu'axialement (*ie.* proche de l'axe du membre et donc entre les doigts) le **sillon axial** délimite la transition entre le bulbe mou du talon et celui plus dur de la sole. Sur la figure suivante (Figure 3) qui présente les différents éléments décrits plus hauts, le bulbe au sens strict (talon) est nommé « *soft bulb* », tandis que la sole décrite précédemment englobe les termes de sole (sens strict) et de « *hard bulb* » :

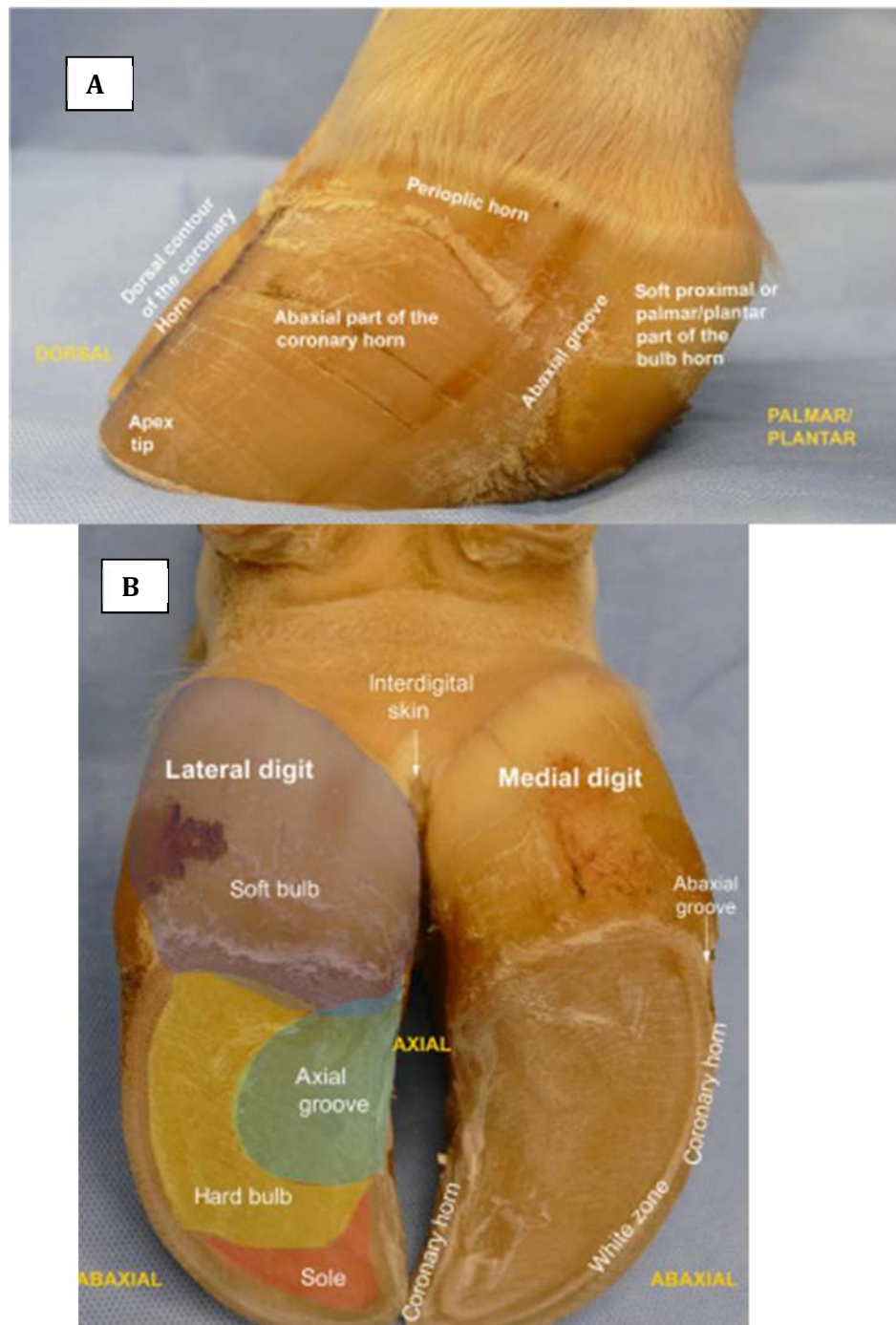


Figure 3 : Anatomie des doigts du bovin en vue latérale (A) et solaire (B) : détails des différentes structures de corne et des zones de transition (Nuss 2022)

(A) : Periopic horn=corne du périople ; Dorsal contour/abaxial part of the coronary horn= bord dorsal/portion abaxiale de la muraille ; Abaxial groove=sillon abaxial ; Apex tip=apex ; Soft proximal or palmar/plantar part of the bulb horn=partie proximale ou palmaire/plantaire du bulbe (talon)
 (B) : Interdigital skin=peau interdigitale ; lateral/medial digit=doigt latéral/médial ; Soft bulb=bulbe au sens strict (talon) ; Abaxial/axial groove=sillon abaxial/axial ; Hard bulb + Sole=sole au sens large ; Coronary horn= ; White zone=ligne blanche

Le détail de la formation de cette corne et les deux grands types de structures d'organisation de cette corne expliquant ses différentes propriétés sont présentés dans la partie suivante.

B- Physiologie de la production de corne

La corne qui forme la couche externe de l'onglon est composée de fibres de **kératine**, dont la disposition et les comportements face aux contraintes qui en découlent est propre à chaque portion précédemment décrite. Ainsi dans chacune des 5 régions tégumentaires définies plus haut, le pododerme spécifique présent conduira à la synthèse d'une corne spécifique avec des propriétés qui lui sont propres. On peut caractériser les propriétés de ces structures cornées via deux propriétés principales (Karamaev et al. 2004) : la **rigidité**, définie par le rapport entre une contrainte et la déformation qu'elle provoque (une corne rigide ne subira face à une forte pression qu'un allongement réduit, alors qu'à l'inverse une corne de faible rigidité, ou souple, sera aisément déformée sous la contrainte), et la **dureté**, définie par la résistance à la pénétration par un objet plus dur (corps étranger), et par extension par la résistance à l'usure.

La **kératogenèse** est le processus à l'origine de ces couches de corne aux propriétés variables. Elle est basée sur la multiplication et la différenciation de cellules vivantes issues des couches cellulaires profondes de l'épiderme afin de créer une couche de cellules inactives réunies par un complexe de filaments protéiques et de substance intermédiaire amorphe nommé **kératine** (Toussaint-Raven 1999, Shearer et al. 2005). Ce processus peut être découpé en 4 étapes, ayant lieu en continu, de la couche la plus profonde de l'épiderme jusqu'à la plus superficielle (Tomlinson et al. 2004) :

- La **prolifération**, c'est-à-dire la formation des cellules épithéliales d'une couche nommée "*stratum basale*" (ou couche basale) par mitose de la couche germinative du pododerme. Les cellules ainsi formées sont des cellules spécialisées nommées **kératinocytes**, du fait de leur contenu intra-cellulaire spécialisé pour la production de kératine. A chaque division d'une cellule, l'une des cellules filles reste au niveau de la membrane basale tandis que l'autre est poussée vers les couches plus superficielles dans lesquelles se font les étapes suivantes de la kératogenèse.
- La **kératinisation (différenciation)** regroupe les transformations progressives subies par les kératinocytes qui se dirigent vers les couches plus superficielles et forment le "*stratum spinosum*" (couche épineuse). De l'intérieur vers l'extérieur, les cellules synthétisent les protéines composant la kératine (au détriment des autres organites du cytoplasme) ainsi qu'une substance lipidique nommée **substance intercellulaire** (qui sera exocytée dans le dernier tiers du *stratum spinosum*), elles s'élargissent et changent de forme pour devenir polygonales.
- A la **fin de la kératinisation**, les kératinocytes entièrement différenciés forment le "*stratum granulosum*" (couche granuleuse). A ce stade, les kératinocytes n'ont plus de noyau, leur cytoplasme est entièrement occupé par les fibres de kératine, leur membrane est épaissie, et leur forme aplatie. Les fibres de kératine sont liées entre

elles et au cytosquelette par des ponts sulfurés (Mülling et al. 2001), à l'origine de la rigidité de la corne (Wang et al. 2016).

- Enfin, la **cornification** commence au moment où meurt la cellule. Les cellules (désormais nommées **cornéocytes**) forment alors le "*stratum corneum*" (couche cornée), un amas de cellules parallèles à la surface, reliées entre elles par des jonctions intercellulaires et cimentées par la substance intercellulaire. Cette couche protège la corne et les structures plus profondes de l'action des enzymes bactériennes protéolytiques (Mülling et al. 2001) et participent à son imperméabilisation. Toutefois, cette couche étant faite de matériel mort, toute lésion de la corne à ce stade est irréparable (Vermunt & Greenough 1995).

La corne ainsi formée s'organise selon deux grands types de structures : **tubulaire** ou **lamellaire** (Greenough 2007). Le premier type est présent dans toutes les régions de l'onglon. Il s'agit de tubules hélicoïdaux et parallèles, synthétisés par un derme comportant des papilles, dont la forme agit comme un ressort permettant l'absorption des impacts (Franck et al. 2006). La corne produite par le segment coronaire tire notamment sa dureté d'une forte densité en tubules. La corne lamellaire n'est présente quant à elle que dans la région d'élaboration de la corne de la ligne blanche (cf. segment lamellaire). Il s'agit comme son nom l'indique de lamelles enchâssées dans le derme qui donnent au niveau externe de la boîte cornée la ligne blanche, et participent également dans l'appareil suspenseur de la P3. La morphologie des différents tubules, ainsi que les proportions relatives des deux types de corne déterminent les propriétés de dureté et de rigidité des différents segments de la boîte cornée. Ces facteurs peuvent également être influencés par la race (Vermunt & Greenough 1995, Mülling et al. 2001). Par ailleurs, les zones de transition entre ces différentes morphologies de corne constituent des zones de fragilité.

Cette synthèse de corne est constante au cours du temps (environ 5 mm par mois pour la corne de la muraille, bien que la vitesse de croissance ne soit pas la même en chaque point de la boîte cornée (Greenough 2007)). Sur un pied sain elle est compensée par l'usure de la corne, permettant le renouvellement de la boîte cornée et le maintien du pied à une taille constante. Certaines conditions du milieu (type de sol, corps étrangers) influent sur la vitesse d'usure, tandis que d'autres facteurs qui seront détaillés dans les parties suivantes modifient la vitesse ou la qualité de la corne synthétisée, et seront étudiés comme de potentiels facteurs de risque de la SLI ou des autres lésions de la corne.

II- Seime longitudinale interne et autres lésions digitales

En fonction des structures lésées et des causes impliquées, un certain nombre de lésions ont été définies et il existe un grand nombre de classifications les recensant, la plus utilisée internationalement étant celle de l'ICAR (ICAR 2015). Elle distingue notamment deux grandes catégories de lésions, les **lésions infectieuses** (impliquant un agent pathogène dans la survenue de la lésion) et les **lésions mécaniques**. Une autre dichotomie possible des lésions podales sépare les lésions de la peau, des **lésions de la corne**. La SLI qui nous intéresse faisant partie des lésions mécaniques de la corne, on s'intéressera plus particulièrement à cette classe, afin d'analyser des lésions qui pourraient avoir une pathogénie et des facteurs de risque communs à la SLI.

A- Définition des différentes lésions de la corne

1- Les seimes et la SLI

Les **seimes** sont des fissures de la muraille, pouvant aller selon la gravité de la simple atteinte de la corne à une atteinte plus sévère atteignant le pododerme, voire avec formation d'une excroissance de pododerme ressortant de la seime (**chéloïde**) (Delacroix & Prodhomme 2025). Ces fissures peuvent atteindre les portions dorsales et abaxiales de la muraille, on parlera alors de **seimes externes**. Ces dernières peuvent être verticales (**seimes longitudinales externes, ou SLE**), ou au contraire être parallèles au sol (on parlera dans ce cas de fissures horizontales ou de **seimes cerclées, SC**) (ICAR 2015). Ces types de seimes sont considérés d'importance mineure, que ce soit en termes de fréquence d'apparition ou de susceptibilité à provoquer des boiteries (Guatteo 2022).



Figure 4 : Photographie d'une Seime Longitudinale Externe (à gauche) et d'une Seime Cerclée (à droite) par J. Kofler (SLE) et P. Greenough (SC) (ICAR 2015)

Les fissures atteignant à l'inverse la face axiale de la muraille, au niveau de l'**espace interdigital**, sont appelées **seimes internes**, et la seule lésion catégorisée par l'ICAR parmi celles-ci est la **seime longitudinale interne (SLI)**. Il s'agit d'une fissure verticale ou en diagonale plus ou moins longue de la corne de la muraille axiale (ou interne) de l'onglon (ICAR 2015). Lorsque ces lésions atteignent le pododerme, elles conduisent fréquemment à des pincements ou à l'installation d'infections, à l'origine de boiteries intenses (Bonney 2009). Ces lésions nécessitent alors une prise en charge par parage pour retirer la corne à l'origine du pincement, voire soulager l'onglon touché par la pose d'une talonnette.



Figure 5 : Photographie d'une SLI sur l'onglon externe du postérieur gauche d'une vache Montbéliarde en cours de parage (photographie personnelle, novembre 2024)

Les SLI sont classifiées selon trois notes de gravité dont les définitions ont d'abord été celles-ci (Delacroix et al. 2015, Duvauchelle Waché & Relun 2021) :

- **1** : lésions touchant uniquement la **corne**, sans atteinte du pododerme.
- **2** : lésions atteignant la **couronne**, associée à une **boiterie**.
- **3** : lésion atteignant la **couronne** et associée à une **chéloïde**, ainsi qu'une **boiterie sévère**.

Ces définitions ont été revues lors du changement officiel du référentiel par le Comité Technique National de Boiterie des Bovins (CTNBB) en avril 2024. L'ancienne classification qui se concentrait principalement sur la présence ou non de boiteries et d'une chéloïde a été remplacée par des définitions centrées sur le prisme de la profondeur de la lésion et de la distance avec le pododerme, à la manière des grades existants pour l'OLB (Duvauchelle Waché & Relun 2021). Ainsi, on a désormais :

- **SLI 1** : fissure **superficielle** de la muraille interne.



Figure 6 : Photographie d'une SLI de grade 1 (définition de 2024) sur le postérieur d'un bovin en cours de parage (Anaël Cassard 2024)

- **SLI 2** : fissure **profonde** de la muraille interne sans atteinte du pododerme.

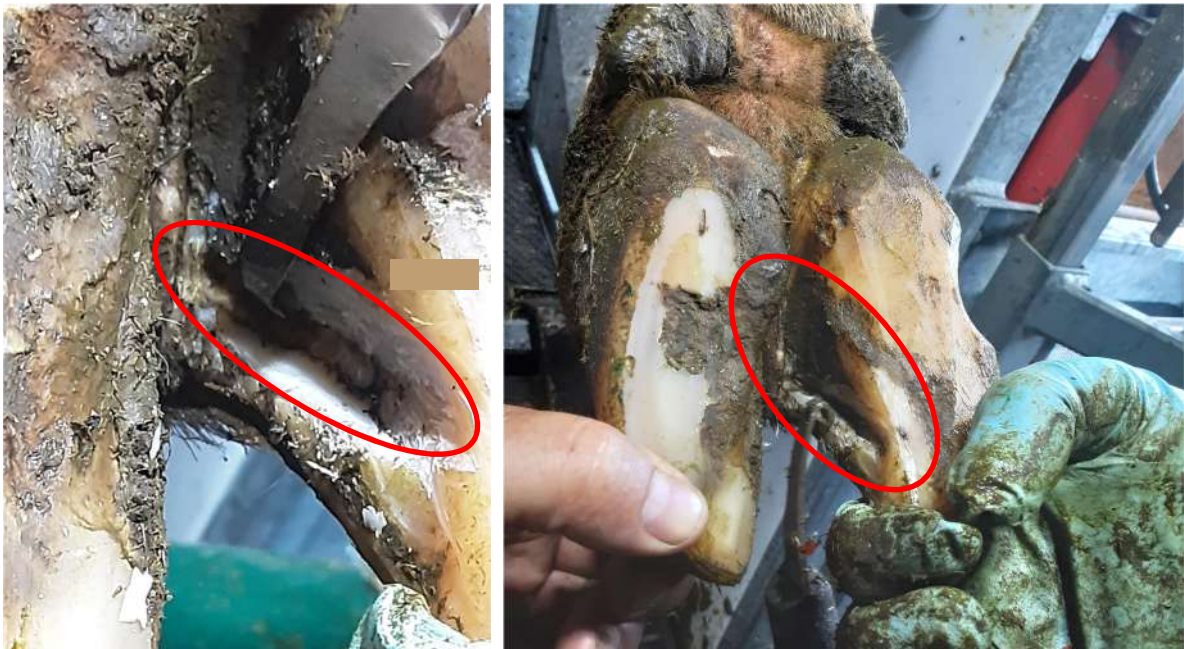


Figure 7 : Photographie de deux SLI de grade 2 (définition de 2024) sur l'onglon de deux postérieurs de bovins en cours de parage (Anaël Cassard 2024)

- **SLI 3** : fissure **profonde de la muraille interne avec atteinte du pododerme et présence ou non d'une chéloïde** (avec possible atteinte de la couronne et/ou complications infectieuses).



Figure 8 : Photographie d'une SLI de grade 3 (définition de 2024) sur l'onglon externe d'un postérieur gauche de bovin en cours de parage (Anaël Cassard 2024)

Dans les deux cas, les SLI de grades 2 et 3 sont très généralement causes de boiteries, et classées parmi les lésions à surveiller car sources de boiteries (Kofler et al. 2022).

On note aussi d'autres facteurs pouvant aggraver les cas de SLI et faisant de cette lésion une lésion d'importance : cette lésion est régulièrement associée à d'autres lésions s'installant au niveau du pododerme mis à vif, telle la dermatite digitale (Fiedler et al. 2019) ou la nécrose de la pince (Guatteo et al. 2017), et est souvent difficile à traiter ou sujette à récurrences (Bonnefoy 2009, Anaël Cassard communication personnelle 2024).

2- Autres lésions mécaniques notables

En plus des seimes on peut citer d'autres lésions mécaniques de la corne pouvant avoir une physiopathologie comparable à celle de la SLI, ainsi que la rotation de l'onglon, qui est une déformation fréquemment associée à la présence d'une SLI (Delacroix et Prodhomme, 2025). Il convient donc de les définir avant de les citer dans les parties suivantes :

Tableau I : Principales lésions mécaniques du pied de bovin selon les définitions de l'ICAR (ICAR 2015)

NOM DE LA LESION ET SIGLE USUEL	DEFINITION
Ouverture de la Ligne Blanche (OLB ou OBL)	Disjonction de la corne de la muraille et de la sole au niveau de la ligne blanche, dans laquelle peut s'installer un abcès (Larson et al. 2014)
Rotation de l'Onglon (RO ou RT)	Torsion interne de l'un des onglons causant à un certain stade une déviation de l'axe du pied par le bord de la muraille
Bleime : - Diffuse (BLD) - Circonscrite (BLC)	Coloration jaunâtre à rouge vif de la corne, sur une zone large et diffuse de l'onglon (BLD), ou sur une zone nettement différenciée du reste de la corne (BLC)
Ulcère de la Sole (US) (comprend les lésions sévères précédemment enregistrées sous le nom de cerise (CE))	Ulcération d'une zone spécifique de la corne de la sole laissant apparaître du tissu vif (pododerme ou chorion) ou nécrosé

Il est à noter qu'en race Montbéliarde et contrairement à la SLI, ces lésions ont été prises en compte dans la création d'index génétiques de résistance aux lésions podales (Promp & Faradji 2023). Les lésions OLB, BLD, BLC, US et RO sont les 5 lésions mécaniques incluses dans la création de l'index de résistance aux lésions mécaniques (**SLM**). Par ailleurs les lésions retenues pour l'élaboration de l'index concernant la résistance aux lésions infectieuses (**SLI***) sont la dermatite digitale (définie dans la partie suivante), l'érosion de la corne du talon et la limace. Les données concernant toutes ces lésions podales ont aussi permis de réaliser un index synthétique de résistance aux lésions podales (**STPI**). Le détail du poids des différents index élémentaires dans la formation des index de synthèse en race Montbéliarde est présenté en annexe (Annexe 1).

Remarque : les lésions de la corne précédemment citées (bleimes, ulcères, ouvertures de ligne blanche) sont souvent retrouvées dans d'anciennes publications sous le terme de **lésions de fourbure** ou fourbure subaigüe, bien que les récentes études tendent à démentir l'existence d'une telle pathologie chez les bovins.

3- Définition des autres lésions d'importance

Enfin, deux autres lésions nécessitent d'être définies car associées dans certaines études à la SLI ou aux autres lésions de la corne :

- La **dermatite digitale** ou "**Maladie de Mortellaro**" (notée **DER, DD**, ou parfois simplement MM ou M) : lésion souvent douloureuse de la peau digitale et/ou interdigitale avec érosion, ulcération, prolifération chronique et/ou hyperkératose (ICAR 2015). Elle est notamment associée à l'infection par des bactéries du genre *Treponema*, est très contagieuse au sein des élevages et est souvent présente simultanément à d'autres lésions podales (colonisation opportuniste du pododerme

et détérioration du processus de cicatrisation) (Guatteo 2022, Delacroix et Prodhomme 2025).

- La **nécrose de la pince (NP)** : lésion gangréneuse se développant entre la corne de la muraille et/ou de la sole et la P3, pouvant aller à certains stades jusqu'à atteindre la P3. Cette lésion est douloureuse et source de boiteries dès le premier stade de gravité (Delacroix et al. 2015, Guatteo et al. 2017).

B- Physiopathologie de la SLI et des autres lésions de la corne

L'anatomie du pied et les pressions exercées sur les différentes structures tel qu'évoqué dans les parties I-A et I-B entraînent l'existence de zones de fragilité sur lesquelles les lésions podales vont apparaître préférentiellement. On a ainsi déjà pu évoquer la **zone typique de l'ulcère de la sole** (fragilisée notamment par un processus osseux de la P3), ou encore la **ligne blanche** (zone de transition entre des structures de corne tubulaires et lamellaires). A l'échelle du pied, les lésions podales sont susceptibles d'apparaître plus fréquemment sur les onglons externes des postérieurs que sur les internes, et au contraire plus fréquemment sur les onglons internes des antérieurs que sur les externes (Guatteo 2022). Et à l'échelle de l'animal, les lésions podales sont plus souvent recensées sur les membres postérieurs que les antérieurs (Delacroix & Gervais 2025).

Certains des processus physiopathologiques menant au développement de lésions dans ces zones de fragilité ont pu être décrits pour les lésions de la corne, et notamment pour l'OLB et l'US. L'**acidose ruminale** est historiquement suspectée comme un facteur clé, causant au niveau du pied la libération de molécules bioactives à l'origine de distensions de certaines articulations, d'inflammations des lamelles du pododerme et de perturbation de la circulation sanguine, menant à une perturbation de la synthèse de la corne et donc un risque important de lésion de celle-ci (Larson et al. 2014). Cependant les études récentes tendraient plutôt à écarter ce lien entre acidose et lésions de la corne (Galmiche 2018, Guatteo 2022).

Néanmoins, il a été démontré que le déplacement de la P3 lié à une augmentation de l'**élasticité des tissus de l'appareil suspenseur** de la P3 serait un des éléments majeurs de la pathogénie des lésions de la corne telles l'US et l'OLB. De manière plus générale les différents processus pouvant amener à une **compression augmentée du pododerme**, à l'origine d'une détérioration des couches germinatives (souches des cornéocytes) ou d'une perturbation de la vascularisation (nécessaire à l'irrigation et l'activité du pododerme) sont des facteurs pouvant causer une baisse de la qualité de la corne ou un moindre renouvellement de celle-ci, susceptible de mener à des lésions de la corne. Ce contexte d'augmentation de la pression sur le pododerme se retrouve notamment dans les situations entraînant un **temps passé debout augmenté**. A ces processus fragilisant la corne s'ajoutent les contraintes internes (augmentation de la **laxité de la P3**, pression du **processus osseux de la P3**) et externes (notamment des **corps étrangers vulnérants** souvent retrouvés dans les cas d'OLB ou d'US), eux aussi importants dans la genèse de la lésion (Bonney 2009, Delacroix et al. 2015, Delacroix & Prodhomme 2025).

Une fois les lésions de la corne apparues et non prises immédiatement en charge par parage, les **aplombs** de l'animal deviennent **anormaux**, aboutissant à un déséquilibre entre synthèse et usure de la corne. La muraille devient alors concave, la sole convexe, et les

onglons prennent une forme allongée en pince dite “**en babouche**”, installant un cercle vicieux entre détérioration de la démarche du bovin, anomalie de la corne et apparition de lésions (Guatteo 2022).

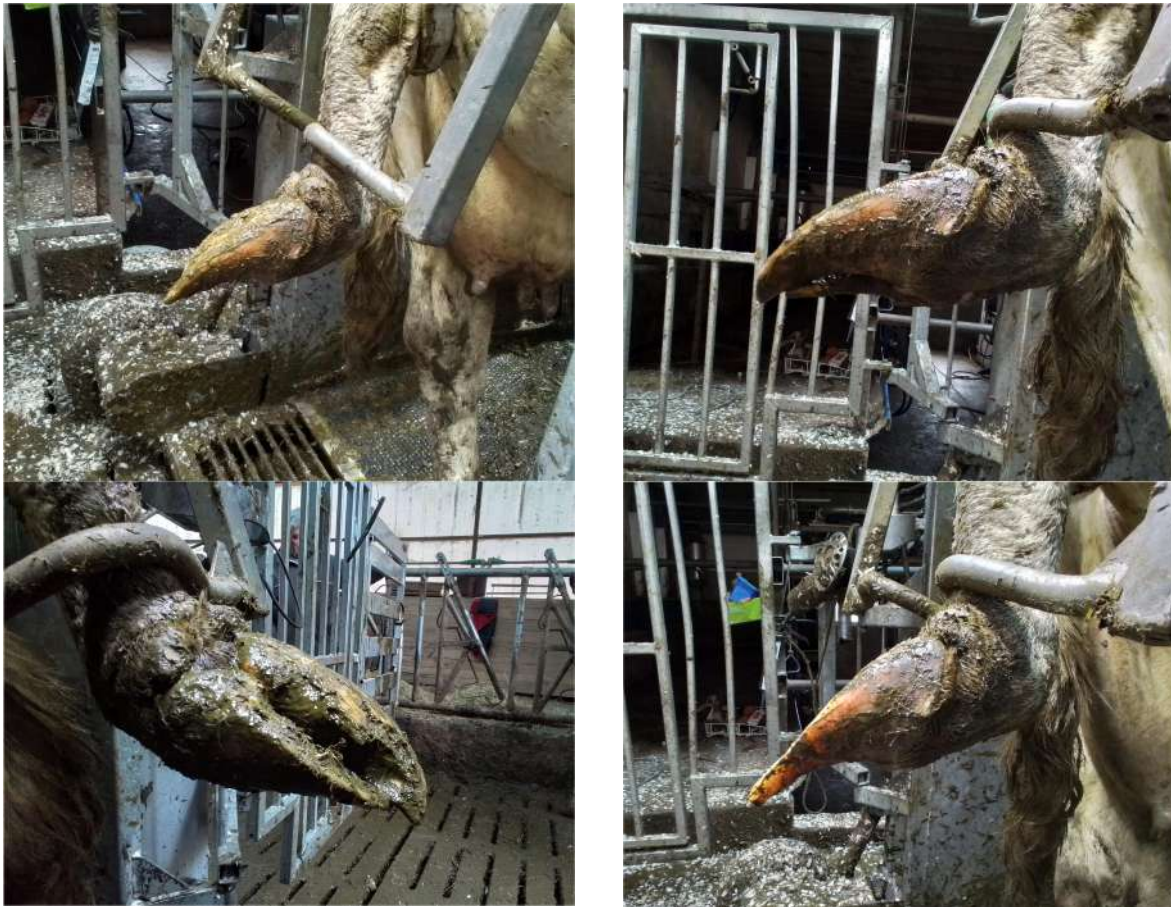


Figure 9 : Photographies d’un pied de bovins "en babouche" ou à muraille concave (présentant également une SLI de grade 2) (Anaël Cassard, 2024)

Pour ce qui est spécifiquement de la **SLI**, quelques hypothèses ont été faites mais aucun travaux ne mettent clairement en évidence sa physiopathologie. La formation d’une **muraille interne anormale** et susceptible de fissurer suite à un **stress métabolique** a été supposée (Larson et al. 2014). Des **modifications histologiques** au niveau de la couronne et de la zone de fissure ont également été remarquées sur des pieds récupérés à l’abattoir de bovins atteints de SLI (Fiedler et al. 2019). Ces modifications consistent en un épaississement des *strata corneum*, *basale* et *spinosum*, et une désorganisation des cellules les composant, aboutissant en une moindre adhérence des cellules entre elles, et par extension une moindre adhérence de la corne de l’onglon. Les papilles du derme sont également allongées et amincies sous la zone de la fissure, ce qui pourrait contribuer à la perte d’adhérence entre la corne et les tissus plus profonds. Cependant il n’a pas pu être déterminé par cette étude post-mortem si ces modifications histologiques étaient antérieures ou postérieures à l’apparition de la lésion.

III- Facteurs physiopathologiques de la pousse et de la détérioration de la corne

A défaut d'une bibliographie fournie concernant spécifiquement la SLI, on s'intéressera ici aux facteurs ayant été reliés de manière plus générale aux lésions de la corne, afin de réfléchir à leur potentiel impact dans le cas plus spécifique de la SLI. De ces mécanismes amenant à la formation de lésions de la corne on dégagera deux axes majeurs sur lesquels des facteurs de risque potentiels peuvent agir pour favoriser l'apparition de SLI :

- Soit par **détérioration de la qualité de la corne** au moment de sa formation (que ce soit par manque d'éléments nécessaires à la kératogenèse, par compression augmentée du pododerme impliqué dans cette synthèse de corne, ou par perturbation de la vascularisation podale).

- Soit par **usure augmentée** ou anormale de la corne une fois formée.

Il convient de préciser que si certains facteurs ont été placés dans l'une ou l'autre de ces grandes catégories, il n'est pas toujours possible d'associer ce facteur seulement à l'une ou l'autre. Par exemple, un facteur détériorant la qualité de la corne en formation pourrait en parallèle entraîner une détérioration des systèmes de protection du pied (coussinets plantaires, appareil suspenseur de la P3) et ce faisant mener à une augmentation des contraintes subies par le pied, et une fragilisation ou une usure de la corne.

A- Détérioration de la qualité de la corne formée

L'**alimentation** est un facteur de risque fréquemment cité concernant les lésions podales.

En effet de nombreux éléments fournis par l'alimentation de la vache ont un rôle déterminant dans la synthèse de la corne, et des déficits ou des excès pourraient causer une fragilité augmentée de la corne formée, voir un défaut de celle-ci :

- Parmi les **minéraux**, le **calcium** intervient dans les réactions enzymatiques intervenant dans la cohésion entre l'enveloppe cornée et la membrane des kératinocytes (Fortineau & Guatteo 2009). Une alimentation non complémentée ou avec une mauvaise balance phospho-calcique pourrait donc augmenter le risque d'une mauvaise cohésion de la boîte cornée et donc de lésions.
- Parmi les **oligo-éléments**, le **zinc** intervient aussi dans la qualité de l'onglon. Il a un rôle clé dans la catalyse de nombreuses enzymes indispensables à la synthèse de kératine, ainsi que dans la mise en place structurelle des protéines de la corne (structures en "doigt de zinc"), et dans la différenciation des kératinocytes (Tomlinson et al. 2004). Sa présence est donc cruciale dans le maintien de la dureté de l'onglon, et dans le renouvellement de la corne.
- D'autres oligo-éléments peuvent aussi être cités ici, non pas pour leur implication directe sur la synthèse de la corne, mais pour les risques supposés d'une carence sur la santé podale :
 - o Les carences en **cuivre** sont rares, mais elles sont la cause d'une diminution de l'activité d'une enzyme cruciale dans la synthèse de l'élastine et du

collagène (et donc des tissus conjonctifs formant les structures de maintien de la P3), la lysyl-oxydase (Rucker et al. 1998).

- Les carences en **sélénium** n'ont pas de rôle démontré dans l'occurrence de lésions podales, mais le rôle de cet élément dans le fonctionnement du système immunitaire pourrait être lié à une limitation de la libération d'amines vasoactives à l'origine de défauts de circulation vasculaire dans le pied (Nocek 1997).
- Pour ce qui est des vitamines, les **vitamines A et D** jouent des rôles notables, respectivement dans la cicatrisation des épithéliums et dans le métabolisme du calcium évoqué plus haut. Mais c'est la **biotine** (vitamine B8) qui aurait le rôle le plus crucial dans la santé de l'onglon, en étant impliquée à plusieurs niveaux de la kératogenèse (différenciation des cellules épidermiques, synthèse de kératine et de substance intercellulaire). Les situations d'acidose diminuant sa synthèse par la flore ruminale pourraient donc être à risque pour la santé podale.

Que ce soit par la voie de la biotine, ou par les risques que l'**acidose ruminale** entraîne (inflammation des tissus podaux et perturbation de la vascularisation du pododerme par libération de molécules vasoactives), une alimentation acidogène (notamment trop riche en énergie et/ou en azote) est régulièrement évoquée comme facteur de risque de lésions de la corne (Bonney 2009). Cela reste donc à retenir, même si aucun lien clair entre acidose et lésions de la corne n'a pour le moment été démontrée (Galmiche 2018, Guatteo 2022). Une hypothèse permettant de relier la **conduite en pâture** à l'acidité du rumen et aux lésions de la corne a aussi été établie (Greenough 2007). Elle lie l'ingestion au pâturage de substrats rapidement fermentescibles, l'augmentation de la salivation et de l'éructation causée par cette alimentation, et la forte quantité de protéines dégradables par le rumen, à une baisse du pH du rumen causant une libération d'endotoxines et d'histamine dans le sang. Ce serait alors ces molécules qui causeraient une fourbure, amenant une perte de l'intégrité de la corne et un risque augmenté de lésions.

En lien avec l'alimentation, il a été démontré qu'un mauvais **état corporel** (que ce soit une NEC trop basse, ou simplement un faible poids corporel) est un facteur de risque de boiterie associée à des lésions podales (Randall 2015). Contrairement à une NEC trop haute que l'on pourrait suspecter à risque par augmentation des pressions sur le pododerme sans que cela ait été démontré, il semblerait que ce sont plutôt les vaches à faible NEC qui sont à risque de lésions de la corne. Ce lien est associé à une **modification du coussinet plantaire** protecteur du pododerme et de la corne, et est aggravé par le fait qu'une vache boiteuse mange moins et continue donc à s'amaigrir du coussinet podal (Guatteo 2022).

Ce lien entre NEC et épaisseur du coussinet plantaire est aussi fiable au **stade de lactation**. Il a ainsi été démontré que la NEC et l'épaisseur du coussinet plantaire suivent la même dynamique d'évolution au cours de la lactation (Bicalho et al. 2009). Le risque de lésions de la corne serait donc augmenté à certains moments de la lactation notamment au moment du pic de lactation lorsque la NEC est au plus bas. Le lien entre lésions podales non-infectieuses et courbe de lactation a ainsi pu être établi en 2013 (DeFrain et al. 2013). Mais l'association entre stade de lactation et risque podal n'est pas lié qu'à l'épaisseur du

coussinet plantaire. C'est notamment le cas en **période péripartum**, lors de laquelle l'action **d'hormones** telles que la **relaxine** et les **œstrogènes** est suspectée dans l'augmentation d'élasticité des tissus conjonctifs impliqués dans l'appareil suspenseur de la P3, conduisant à une augmentation du risque de lésions de la corne (Tarlton et al. 2002). Ce ne sont par ailleurs pas les seules **hormones** qui seraient impliquées dans la santé podale : **l'insuline**, dont le taux diminue en début de lactation, serait aussi associée au rythme de kératinisation et donc au renouvellement de la corne (Vermunt & Greenough 1995, Tomlinson et al. 2004). La preuve n'a pas été faite pour la SLI, mais il a déjà été démontré que la prévalence de lésions de la corne comme l'OLB ou l'US n'avaient pas une répartition homogène selon le stade de lactation, avec des risques augmentés pour ces deux lésions en **milieu et fin de lactation** (Solano et al. 2016).

Cette dernière étude a aussi démontré une prévalence différente de ces lésions en fonction du **rang de lactation** (RL), avec un **risque qui augmentait avec la parité**, jusqu'à 5 à 7 fois plus grand pour une vache en 4^{ème} lactation par rapport à une primipare. Lié au rang de lactation, **l'âge** peut aussi être cité comme potentiel facteur de risque, sachant que le rythme de croissance de la corne décroît avec l'âge (Vermunt & Greenough 1995).

Associé aux facteurs précédemment cités, un risque accru de boiteries a aussi démontré pour des animaux à **premier vêlage plus tardif** (supérieur à 24 mois) (Randall 2015).

Les **conditions environnementales** sont elles aussi fréquemment évoquées, une forte humidité ou au contraire de la **sécheresse** étant cités comme facteurs de risque supposés des seimes longitudinales (Bonney 2009, Guatteo 2022). Des périodes sèches pouvant limiter la production par le bourrelet périoplique d'un film hydratant recouvrant la corne et assurant sa souplesse et son élasticité, rendant alors la corne anormalement susceptible de se fissurer (une lésion directe du bourrelet périoplique pourrait aussi avoir le même effet). L'humidité sera quant à elle plus détaillée en III-B, comme facteur vulnérant de la corne formée. Des animaux au pâturage pourraient alors être plus exposés aux variations climatiques et donc à ce potentiel facteur de risque. On retiendra, en lien avec ce facteur climatique, les **différentes périodes de l'année** ou les **saisons** comme de potentiels facteurs de risque. Un risque accru de lésions non infectieuses a notamment été mis en évidence dans des élevages laitiers des Etats-Unis durant les 3 mois suivant les fortes chaleurs d'été (DeFrain et al. 2013). Cette variation pourrait néanmoins être autant imputable à une altération de la qualité de la corne qu'à une inflammation augmentée des pieds causée par le stress thermique. A l'inverse, le **froid** pourrait lui aussi perturber la kératogenèse par vasoconstriction des vaisseaux podaux (Vermunt & Greenough 1995).

Le facteur **génétique** est une autre hypothèse fréquemment citée. Si le déterminisme génétique a été prouvée concernant la résistance à un certain nombre de lésions non infectieuses (OLB, US, RO, BLC, BLD), notamment en race Prim'Holstein et Montbéliarde (ce qui a mené à la création d'index génétiques), ce n'est pas le cas pour la SLI (Promp & Faradji 2023). Mais l'épidémiologie observée sur le terrain de cette lésion pourrait notamment laisser supposer une influence généalogique dans l'augmentation du risque de SLI (Fiedler et al. 2019, Dr. Alberto Tosi, communication personnelle, 2025). Ce facteur génétique peut donc être envisagé à l'échelle intra-race (**lignées**), mais un effet de la **race** peut aussi être supposé, notamment au vu de son influence sur la synthèse de la corne (*cf. I-B*), sur les aplombs ou sur la conformation des pieds. Le rôle de la génétique dans la pathogénie de

cette lésion n'est pour le moment que sujet à des hypothèses : il pourrait s'agir d'une pousse des onglons inhabituelle (onglons "en babouche") augmentant la pression sur la muraille interne et le risque de fissure, une qualité générale de la corne synthétisée moins souple, une anatomie augmentant les pressions sur la muraille interne (à la manière de l'US), ou encore une association à d'autres lésions augmentant les risques de SLI (Bonney 2009 ; Anaël Cassard et Dr. Alberto Tosi, communications personnelles, 2025). Ce facteur génétique peut ainsi autant être vu comme une cause de synthèse d'une corne plus fragile, que de fragilisation de la corne en place.

Les **maladies émergentes** en France que sont la fièvre catarrhale ovine (FCO) et la maladie hémorragique épizootique (MHE) sont également associables à des lésions podales, notamment par perturbation de la vascularisation dans la région du pied, ce qui en fait des facteurs de risque d'anomalies et de lésions de la corne, et donc par extension de potentiels facteurs de risques de SLI (Van den Brink 2024).

B- Fragilisation de la corne en place

Pour ce qui est des facteurs extérieurs, favorisant les lésions podales par fragilisation ou usure de la corne, le **type de sol** ou **de logement** est un des plus documenté. Au sein de cette catégorie on peut citer de nombreux facteurs de risque (démonstrés ou potentiels) :

- Des **sols abrasifs** (tels qu'un béton neuf par exemple) provoquent une usure accélérée de la corne, découvrant ainsi plus vite le pododerme (Guatteo 2022).
- La **dureté du sol** est un autre élément clé. Ainsi un sol trop dur peut accentuer les différences de charges supportées par les deux onglons, aggravant ainsi le risque de lésions sur l'onglon postéro-externe. Plus précisément, le facteur de risque serait un **excès de temps passé debout** sur sol dur, un facteur que l'on associerait plus à une détérioration de la kératogenèse (par compression des vaisseaux notamment) qu'à une augmentation directe de l'usure la corne en place. De nombreux aspects zootechniques déficients peuvent donc être à l'origine de ce problème : mauvaise dimension ou mauvais confort des logettes, manque d'abreuvoirs, surdensité animale, salle de traite ou aire d'attente inadaptée, ou encore un temps trop long au cornadis (Relun et al. 2017, Aubineau et al. 2025). Cependant, pour la SLI, un **sol plus mou** a été cité comme possible facteur de risque (Larson et al. 2014). Cette dernière hypothèse peut être à noter suite aux suspicions de terrain d'une prévalence de la SLI qui serait augmentée chez les animaux pâturants, même s'il reste important de préciser que les paramètres définissant le sol des pâtures sont complexes (forte variabilité de la dureté du sol en fonction du climat et du taux d'humidité). Il est également à noter que la **qualité des chemins d'accès à la pâture** et notamment la présence d'éléments vulnérants (cailloux le plus souvent), ainsi que la durée de marche, peuvent aussi être des facteurs de fragilisation de la corne liés à la conduite au pâturage (Relun et al. 2017).
- En corrélation avec ces remarques sur la dureté du sol, la prévalence de boiteries et de lésions podales a notamment été comparée entre des bovins logés sur

caillebotis en béton et sur **caillebotis recouvert de tapis de caoutchouc** (Kremer et al. 2007). Si aucune différence nette sur la prévalence des boiteries n'a été observée, la croissance de la corne ainsi que la prévalence des US étaient augmentées pour les vaches sur tapis par rapport aux caillebotis "bruts", malgré une prévalence diminuée en bleimes et un confort global augmenté (activité augmentée). Ceci tend à prouver qu'un sol plus mou peut aussi être à risque de lésions de la corne. Cela confirme également que même dans un environnement plus confortable, la pousse de la corne et les risques de lésions obligent à maintenir une bonne routine de parage.

- Parmi les aménagements de bâtiment, les **logettes** sont considérées plus traumatisantes que les **aires paillées** (Guatteo 2022). Une étude a ainsi montré une occurrence 2 fois plus haute des US et des OLB chez des vaches en système logette-aire d'exercice par rapport à des vaches en aire paillée (Solano et al. 2016). Un constat similaire est aussi fait dans une autre étude, qui souligne également l'intérêt de faire attention aux **transitions entre deux types de logement**, et de ne pas réintroduire trop précocement les vaches en péripartum (donc à risque) dans les logettes (Webster 2002). Cette différence pourrait notamment être imputée à la dureté des sols ou aux différences de temps passé debout cités précédemment.
- Il est aussi à noter qu'une étude comparant la santé podale de cheptels sur leur période au bâtiment et sur leur **période au pâturage** a été menée en Irlande (Browne et al. 2022). Elle met en évidence une dominance des lésions mécaniques par rapport aux lésions infectieuses quelle que soit la période (stabulation ou pâture), mais surtout une occurrence plus élevée des corps étrangers dans la sole (2 fois plus fréquents) et des onglons trop longs (près d'1,5 fois plus fréquents) chez les animaux aux pâturages par rapport à ceux en stabulation (malgré une fréquence diminuée des lésions dites "d'alarme" car toujours douloureuses). Si l'observation concernant les corps étrangers peut logiquement être associée à la qualité des chemins d'accès à la pâture précédemment citée, on ne peut cependant pas conclure si la différence concernant la pousse de la corne et les risques de lésions sont à associer directement à la différence de sol ou à d'autres paramètres (alimentation, climat...).

Autant associable aux conditions de logement qu'au climat, l'**humidité** est un autre facteur vulnérant de la corne. Une litière humide peut notamment entraîner un ramollissement de la corne à l'origine d'une baisse de résistance aux agressions extérieures (Guatteo 2022). Malgré une substance intercellulaire servant de rempart aux fortes variations d'humidité (Mülling et al. 2001), la corne, bien moins hydratée que la peau, absorbe l'eau très rapidement, ce qui explique ce changement de propriétés (Astarotta

2024).

Pouvant être liée au facteur génétique, mais aussi à l'alimentation, à des contraintes de l'environnement, ou encore à un **défaut de parage (ou au contraire excessif)**, la **conformation** du pied est un autre facteur de risque notable de lésions de la corne, que ce soit à cause d'une sole trop fine ou d'une altération des aplombs et donc des pressions appliquées sur chaque onglon (Guatteo 2022). Concernant plus spécifiquement la seime, une association entre l'occurrence des fissures verticales de la muraille (SLE) et une **forme de l'onglon modifiée** (anormalement carrée ou dite "en forme de boîte", avec une muraille abaxiale convexe) a été mise en évidence (Nouri & Helan 2012). Cependant le lien de cause à effet est difficile à établir (pousse anormale de la corne et changement de la forme du pied causant la SLE, ou au contraire survenus suite à elle). En effet, les pieds atteints de SLI (ou d'autres lésions telles la NP) tendent à avoir une pousse accélérée et une forme devenant concave, ce qui tend à décaler la pression exercée par la vache en marchant vers l'arrière des talons et ferait de la SLI un facteur de risque de déformation de l'onglon plus que l'inverse (Anaël Cassard, communication personnelle, 2025). Des onglons trop longs et une concavité de la muraille ont néanmoins été cités comme facteurs de risque de la SLI, au même titre qu'un parage inadéquat (Larson et al. 2014, Delacroix et al. 2015). Concernant le surparage ou la déformation de l'onglon liée à une autre contrainte mécanique, la présence de SLI chez de jeunes animaux jamais parés semble prouver que si ces facteurs mécaniques peuvent favoriser la genèse de la SLI, l'étiologie de cette lésion ne se limite pas à eux (Fiedler et al. 2019).

Enfin, la **présence préalable d'autres lésions podales** est suspectée comme facteur de risque de seimes, et plus particulièrement de SLI, même si la chronologie d'apparition des lésions est souvent difficile à estimer dans les études :

- La présence d'une **rotation des onglons (RO)** est ainsi souvent observée simultanément à une SLI, et l'hypothèse d'une fragilisation de la muraille interne par cette anomalie de conformation des onglons peut être retenue (Delacroix et Prodhomme 2025 ; Anaël Cassard et Dr. Alberto Tosi, communications personnelles, 2025).
- La **dermatite digitale (DER)** a également pu se voir associée à la présence de seimes (Alsaad et al. 2022), mais le lien serait plutôt *via* une installation de la lésion infectieuse dans une zone déjà fragilisée par la seime (comme c'est le cas avec beaucoup d'autres lésions) plutôt que l'inverse.
- Les cas de **fourbure** (qui n'est pas une lésion recensée lors des parages mais a déjà été cité précédemment) et de **fourchet** sont également des pathologies fréquemment associées à une anomalie de croissance des onglons et une augmentation du risque d'incidence d'autres lésions de la corne (Guatteo 2022).
- La proximité morphologique entre les zones atteintes par la SLI et par l'**OLB** (zones de transition entre muraille, sole et couronne) pourrait également laisser envisager des facteurs de risque partagés.
- De manière plus générale, le risque de lésions mécaniques est augmenté chez tous les **bovins ayant déjà présenté des lésions de la corne**, du fait d'un risque

accru de développer des ostéophytes sous la partie caudale de la P3 de ces animaux, ce qui participe à accroître la pression sur le pododerme solaire (Guatteo 2022). Ceci souligne l'importance d'une prise en charge précoce pour éviter les complications et les récurrences, et fait d'une **routine de parage inadéquate** (fréquence insuffisante, mauvaise taille de l'onglon, parage inadapté aux lésions présentes) un autre facteur de risque.

C- Résumé des hypothèses de facteurs de risque

Les hypothèses de facteurs de risque liés à la SLI dégagées à la suite de l'étude bibliographique sont présentées dans le tableau suivant (Tableau II). Il est à noter que de nombreux facteurs peuvent se superposer (notamment concernant la conduite en pâturage qui joint de nombreuses catégories de facteurs de risque différentes).

Tableau II : Bilan des facteurs de risque potentiels de SLI

Catégorie de facteurs	Facteurs inclus dans cette catégorie	Statut EBVM⁽¹⁾
Alimentation	Carences (Ca, Zn, Cu, Se, vit. A, vit. D, biotine) Alimentation acidogène	CNE ⁽²⁾ CND ⁽³⁾
Etat corporel	NEC (excédante ou insuffisante) Poids corporel (excédant ou insuffisant)	CNE CNE
Physiologie	Parité Stade de lactation (période péripartum, pic de lactation) Age Age au premier vêlage (tardif)	CNE CNE CNE SNE ⁽⁴⁾
Environnement/climat	Sécheresse/humidité Températures hautes ou basses Saisons	CNE SNE SNE
Génétique	Généalogie Race Index génétiques (de santé podale)	SNE SNE SNE
Conformation du pied	Onglons longs Muraille concave ou convexe	SNE SNE
Logement	Dureté du sol Type de logement (aire paillée ou logettes)	SNE SNE
Autres lésions /pathologies	Rotation de l'onglon (RO) Dermatite digitale (DER) Fourbure Fourchet Ouverture de la ligne blanche (OLB) Antécédents de lésions de la corne autres FCO/MHE	SNE SND ⁽⁵⁾ SND SNE CNE CNE CNE
Routine de parage	Parages trop peu fréquents ou inadéquats	CNE
Autres paramètres liés à la conduite d'élevage	Surdensité animale, Stress thermique Temps passé à marcher Accès à l'eau insuffisant ...	SNE SNE SNE SNE
Pâturage (cas particulier : fusion d'hypothèses)	Alimentation, dureté et état du sol, autres paramètres liés à la conduite en pâturage... (cf. point précédent)	SNE

(1)EBVM : Evidence-Based Veterinary Medicine = « Médecine vétérinaire basée sur les preuves »

(2)CNE : Cohérent biologiquement Non Etudié = existence d'un lien biologique plausible avec la SLI sans études l'explorant

(3)CND : Cohérent biologiquement Non Démonstré = existence d'un lien biologique plausible avec la SLI mais non démontré par les études existantes

(4)SNE : Suspecté Non Etudié = lien suspecté empiriquement entre ce facteur et la SLI sans hypothèse claire expliquant ce lien ni étude l'explorant

(5)SND : Suspecté Non Démonstré = lien suspecté empiriquement entre ce facteur et la SLI qui a été exploré par une ou plusieurs études n'ayant pas abouti à une démonstration probante

ETUDE PERSONNELLE : INCIDENCE DE LA SEIME LONGITUDINALE INTERNE DANS L'EST DE LA FRANCE ENTRE 2021 ET 2024 : ETUDE OBSERVATIONNELLE

I- Contexte et Objectifs

A- Enjeux

Parmi les lésions podales, la seime longitudinale interne (SLI) reste assez méconnue et n'a pas bénéficié d'autant de travaux de recherches que d'autres (dermatite digitale, panaris ou phlegmon interdigital, ouverture de ligne blanche...), comme la précédente étude bibliographique a pu le démontrer.

Pourtant, une impression générale se dégage sur le terrain depuis environ 5 ans, notamment dans l'Est de la France, avec plusieurs membres du service pédicure de la coopérative GEN'IAtest et plusieurs vétérinaires pareurs de la région qui repèrent régulièrement cette lésion et notent sa place importante parmi les lésions sources de boiteries (Anaël Cassard et Dr. Alberto Tosi, communications personnelles, 2025). Une étude statistique interne réalisée par GEN'IAtest place ainsi la SLI en 5^{ème} position des lésions sources de boiterie les plus fréquemment enregistrées par leurs pareurs en 2023-2024 (Annexes 2 et 3). Plus précisément, il apparaîtrait que cette lésion touche particulièrement les cheptels de race Montbéliarde, et notamment ceux présents dans des zones telles que celle de l'AOP Comté, avec une conduite d'élevage basée sur de longues périodes de pâturage et souvent localisés sur des plateaux montagneux (Anaël Cassard, communication personnelle, 2025). L'incidence semble même en augmentation ces dernières années en race Montbéliarde selon un vétérinaire pareur du Doubs (Dr. Alberto Tosi, communication personnelle, 2025). Cette impression d'une augmentation de l'occurrence de la SLI est partagée depuis 10 ans jusqu'en Nouvelle-Zélande, dans deux troupeaux de vaches laitières passant une majeure partie de leur temps au pâturage et régulièrement soumis au parage préventif (Stéphane Rossignol, communication personnelle, 2025).

Or cette lésion, habituellement considérée comme secondaire au vue de sa fréquence parmi les autres lésions enregistrées, revêt en outre deux caractéristiques majorant son importance : elle est particulièrement douloureuse, avec une capacité à provoquer des boiteries même lors des premiers stades de la lésion, et sa guérison est difficile malgré les prises en charge par parage, ce qui conduit à des animaux qui peinent à retrouver des appuis physiologiques une fois que la lésion est installée (Stéphane Rossignol et Dr. Alberto Tosi, communications personnelles, 2025). La guérison est d'autant plus difficile que ces lésions toucheraient régulièrement les membres antérieurs, ce qui rend leur prise en charge par les éleveurs et les pareurs plus difficile (Anaël Cassard, communication personnelle, 2025).

De ce fait, la SLI peut détériorer le bien-être animal au sein des troupeaux, et entraîner d'importantes pertes économiques (coût des parages répétés, pertes de production liées aux boiteries, complications causées par des formes nécrosées). Etudier son incidence réelle ainsi que les différents facteurs favorisant l'apparition de cette lésion est

donc une étape cruciale pour mieux la prévenir.

B- Zone d'étude et partenaires

L'étude porte sur la zone couverte par le service de parage de la coopérative GEN'IAtest, à l'origine de l'observation de la place importante prise par la SLI parmi les lésions sources de boiteries. Cette coopérative agricole regroupe diverses activités centrées sur la reproduction et la génétique des bovins, ainsi que du conseil en élevage. Elle opère dans l'Est de la France, principalement sur les départements du Doubs, de la Haute-Saône et du Territoire de Belfort, mais aussi plus minoritairement du Jura et de la Haute-Marne. Dans la clientèle de GEN'IAtest, on recense, malgré une domination de l'activité laitière et de la race Montbéliarde, une forte variété de types et conduites d'élevages : en plateau ou en plaine, appartenant à une AOP ou non, basés plus ou moins sur le pâturage ou sur la conduite exclusivement en bâtiment... Dans ces cheptels, GEN'IAtest propose depuis août 2019 des parages curatifs ou préventifs et, lors de chaque chantier, le technicien pareur enregistre dans une base de données les lésions podales observées et leur note de gravité via un logiciel spécialisé.

Les données de parage extraites de la base de données de GEN'IAtest couvrent une période (qui sera réduite ensuite) allant d'août 2019 (création du service) à mars 2025 (date de l'extraction) et une zone de 5 départements (cités plus haut). Il a paru intéressant de rechercher une base de données plus étendue, afin de mieux estimer les variations de prévalence de la SLI en fonction du temps, de la localisation ou d'autres facteurs potentiellement impliqués dans sa survenue.

C'est dans ce but qu'ont été extraites les données fournies par Umotest, une entreprise de sélection en race Montbéliarde qui centralise l'ensemble des données podales enregistrées pour cette race par différents organismes, dont GEN'IAtest, mais aussi Eleveurs des Savoie, Elevage+, GDS01, GDS69, GDS38 et Auriva. Cette base de données étendue offre des données enregistrées depuis 2015 et permet d'étudier les lésions podales recensées dans 3 régions (Grand Est, Bourgogne-Franche-Comté et Auvergne-Rhône-Alpes) et de nombreux départements qui n'étaient pas couverts par GEN'IAtest (notamment l'Ain, la Savoie et Haute-Savoie, les Vosges, l'Isère, le Rhône ou encore la Haute-Loire).

Cependant au vu de l'hétérogénéité des données enregistrées concernant les seimes par la majorité des organismes de parage et lors des années antérieures à 2021 (enregistrement notamment de seimes sans spécification du type, et donc sans données utilisables concernant la SLI), les analyses se sont finalement focalisées sur la période du 1^{er} janvier 2021 au 31 décembre 2024 et les données d'Umotest ont été limitées à celles fournies par GEN'IAtest et GDS01 (permettant d'ajouter l'Ain aux 5 départements couverts par GEN'IAtest). Il en résulte la base de données principale d'étude (Umotest) incluant un échantillon de 309 élevages différents pour 21 222 individus.

C- Données de parage : risques de biais de sélection

Malgré une méthode de parage et d'identification des lésions relativement homogène, l'organisation des chantiers de parage est très variable au sein de l'échantillon d'élevages concerné. Les routines de parage mises en place dans les différents cheptels varient par la typologie des animaux sélectionnés pour le parage (seulement les boiteuses, une part du troupeau, l'ensemble du troupeau, les tarries...), leur saisonnalité (parages fixés à une période de l'année précise ou non), leur fréquence et la proportion totale d'animaux du

troupeau qui sont parés chaque année. De même, les pieds parés à chaque passage ne sont pas toujours les mêmes. On distingue ainsi principalement des élevages faisant parer systématiquement les 4 pieds, quel que soit l'animal, et ceux choisissant de ne parer systématiquement que les postérieurs et ne s'intéressant aux antérieurs qu'en cas de boiterie visible ou de pousse anormale de la corne. Dans la zone couverte par GEN'IAtest, on peut distinguer plusieurs typologies de routine de parage liées à la conduite d'élevage, avec des cheptels de plaine basés sur un élevage surtout en bâtiment qui tendent à suivre la santé podale de leur troupeau en fractionnant le parage du cheptel tout au long de l'année et en ciblant souvent les 4 pieds et des cheptels très pâturants sur les plateaux qui demandent des parages moins réguliers et de moindre ampleur, souvent curatifs, et rarement appliqués aux 4 pieds en systématique. En dehors de ces deux extrêmes, un autre fonctionnement répandu dans la zone est celui de nombreux cheptels pâturants de taille moyenne qui réalisent à date fixe en hiver une prise en charge d'entretien de l'intégralité de l'effectif (Anaël Cassard, communication personnelle, 2024). Cette variabilité des routines de parage et donc des animaux sélectionnés dans les différents élevages de l'échantillon demandera une **catégorisation préalable des cheptels selon cette routine** afin de disposer de données comparables pour estimer l'incidence et la distribution de la SLI.

D- Objectifs

Dans ce contexte, l'étude a dû être découpée en plusieurs objectifs.

L'objectif principal de cette étude est de **décrire l'incidence** (annuelle ou mensuelle) **de la SLI**. On s'intéressera ici à différentes échelles de cette incidence : une **échelle "animal" (ou « individuelle »)** pour décrire la répartition globale de cette lésion parmi les individus de l'échantillon, une **échelle "inter-troupeau"** renseignant sur la part des élevages touchés par cette lésion, et une **échelle "intra-troupeau"** explorant la fréquence d'animaux atteints de la SLI au sein des élevages touchés.

Dans un second temps, l'objectif est de décrire la distribution de la SLI afin d'identifier des **facteurs qui pourraient être associés à sa présence** sur un animal ou dans un élevage donné.

Au préalable, il sera nécessaire de **décrire précisément les pratiques de parage** et de créer une typologie de ces pratiques afin de vérifier si l'estimation de la prévalence peut être biaisée par la sélection faite sur les animaux et/ou pieds qui sont parés.

En complément, les travaux réalisés ici et les données extraites ont permis de participer à une autre étude, dont l'objectif était d'**explorer si la génétique pouvait influencer l'apparition de SLI**. Pour cela, une liste d'individus génotypés et atteints de SLI et certains de leurs contemporains sains également génotypés a été établie à partir de la base de données de GEN'IAtest. Leurs génotypes ont ensuite été cartographiés et analysés par Aurélien Capitan, chercheur à l'INRAE. Les détails de la méthode de sélection des animaux atteints et de la définition des contemporains sont présentés en annexe (Annexe 4). La méthode de cartographie et les résultats tirés de cette étude annexe ne seront cependant pas détaillés dans ce manuscrit.

II- Matériels et Méthodes

A- Récolte des données

1- Lésions podales

Dans l'intégralité de cette étude, on sélectionnera des jeux de données parmi les bases de données suivantes :

a) *Données de parage et données complémentaires Umotest*

La principale base de données utilisée pour les analyses regroupe les résultats enregistrés par les différents services de parage participant à la base de données d'Umotest.

Ces résultats sont enregistrés lors de chaque chantier de parage via un logiciel qui diffère en fonction des organismes de pédicure. Les définitions et gradations des lésions enregistrées s'appuient sur celles synthétisées par l'ICAR (ICAR 2015) et recommandées par l'Idèle (Institut de l'Élevage). Il est à rappeler qu'au cours de la période étudiée, les définitions des différentes notes de gravité de certaines lésions a pu légèrement évoluer en fonction des recommandations en vigueur (Cas de la SLI évoqué en partie bibliographique : II-A-1). Il est à noter que certains pareurs de GEN'IAtest ont commencé à utiliser ces nouvelles définitions pour l'enregistrement des lésions avant le changement officiel d'avril 2024. En dépit de ces variations marginales, il demeure une certaine homogénéité des définitions employées.

Cependant la diversité des logiciels utilisés entraîne une variabilité dans l'enregistrement des données, avec notamment une utilisation dans le Massif Central et en Savoie d'un logiciel englobant tous les différents types de seimes sous le simple intitulé "Seime" (SE). D'autres organismes disposant d'un logiciel permettant de différencier les SLI présentent néanmoins des données hétérogènes, avec une part de SLI enregistrées comme telles, mais une autre part mêlée aux seimes externes sous le terme générique "SE". Cette variabilité entrainera donc un tri dans les jeux de données utilisés. Les données ne différenciant pas complètement les types de seimes ne seront pas employées dans les études de prévalence de la SLI.

En outre cette base de données Umotest n'est composée que des résultats concernant les animaux de race Montbéliarde (code 46) ou assimilés (code 40 : animaux avec au moins 75% de sang Montbéliard, selon le code race des parents (Montbéliarde Association 2021)). Il a donc été décidé de ne s'intéresser dans l'étude qu'aux élevages composés au moins à 90% d'animaux de ces races-là, afin de disposer pour les élevages pris en compte des données de santé podale les plus complètes possibles. Afin de pouvoir juger de potentiels effets de race sur la SLI, il a aussi été décidé de s'intéresser à la base de données propre à GEN'IAtest qui propose des résultats pour tous les animaux parés, quelle que soit la race (voir partie suivante).

Une base de données complémentaires fournie par Umotest a également été extraite pour relier les animaux parés à différentes données, notamment des index génomiques et des valeurs phénotypiques (résultats de pointage).

b) *Données de parage GEN'IAtest*

Afin de disposer tout de même de données pour analyser les éventuels effets de race sur l'apparition de la SLI, ainsi qu'évaluer l'impact de facteurs liés au système d'élevage qui seront approchés par des données des Contrôles Laitiers, une base de données faite

exclusivement de parages réalisés par GEN'IAtest a elle aussi été extraite. Elle contient non seulement les parages d'animaux assimilés à la race Montbéliarde déjà compris dans la base de données principale d'Umotest, mais également les résultats des parages réalisés sur des individus d'autres races.

Ces résultats sont enregistrés lors de chaque chantier de parage via un logiciel, qui était Activ'Parage jusqu'à juillet 2024, puis a été remplacé jusqu'à aujourd'hui par Pédibov. Les deux logiciels présentent certaines différences, notamment une définition différente des lésions notées « Autres » : cette catégorie englobait toutes les lésions podales non présentes dans la liste proposée dans Activ'Parage et correspond à différentes remarques apportées par le pareur dans Pédibov ("lésion non podale", "pose de talonnette impossible", "nécessité de l'intervention d'un vétérinaire" ou "guérison difficile"). La proximité des deux logiciels permet néanmoins une certaine homogénéité de l'enregistrement et donc de l'analyse des données les plus importantes pour l'étude (notamment concernant les détections de SLI).



Figure 10 : Utilisation du logiciel Pédibov pour l'enregistrement des lésions podales durant un chantier de parage (photographie personnelle, novembre 2024)

On retrouve malgré la diversité des conduites d'élevage et de parage certaines constantes, comme les races des bovins, qui sont dans cette base de données largement dominées par la race Montbéliarde (80% de Montbéliardes pour 15% de Prim'Holstein et 5% d'individus d'autres races ou croisés).

c) Données concernant les effectifs présents : Montbéliarde Association

L'organisme Montbéliarde Association a fourni des données complémentaires concernant les effectifs dans les différents élevages parés (nombre total d'animaux et nombre de Montbéliardes). Il s'agit de données disponibles pour chaque année, dans chacun des élevages adhérents au CPL (Contrôle de Performances Laitières) et possédant au moins un animal de race Montbéliarde (46) ou assimilé (40). Le calcul prend en compte tous les animaux ayant eu une lactation qualifiée (soit au moins 200 jours de lactation) au cours de l'année civile donnée.

Ces valeurs ont été utilisées pour déterminer les élevages ayant au moins 90% d'animaux de race Montbéliarde, afin de les inclure dans l'analyse, et ensuite pour estimer les taux d'individus parés dans chaque couple cheptel-année, afin de décrire les routines de

parage en place.

d) *Données individuelles et d'élevage complémentaires (Contrôles laitiers)*

De plus, il a été soulevé dans la partie bibliographique que de nombreuses caractéristiques, aussi bien individuelles que de troupeau, pourraient être impliquées dans l'apparition de lésions de la corne et en particulier de SLI. C'est pourquoi les données de parage de GEN'IAtest et du reste d'Umotest ont été complétées par une extraction de données de deux autres acteurs de la région étudiée. Les organismes de contrôle laitier de la Haute-Saône (partie de l'entreprise GEN'IAtest) et des départements du Doubs et du Territoire de Belfort (Conseil Elevage 25-90) ont fourni des résultats de contrôles individuels et de troupeau pour l'exploration de l'organisation des différents élevages, de leurs conduites d'élevages, ou encore pour relier les vaches parées dans ces départements à leurs données de production. La zone couverte par ces organismes correspondant à la région d'activité des pareurs de GEN'IAtest, ces données seront analysées en regard des seuls résultats fournis par GEN'IAtest.

2- **Caractéristiques des vaches et des troupeaux**

Les variables récupérées dans les différentes bases de données (BDD) précédemment listée et ayant servi dans les analyses sont présentées dans les tableaux suivants :

Tableau III : Liste des variables relatives à l'identification des animaux et aux résultats des parages (issues des BDD GEN'IAtest et Umotest)

Variables
Numéro d'identification du cheptel (EDE)
Numéro d'identification de l'animal
Date du chantier de parage
Pied concerné par la lésion (ou l'absence de lésion)
Présence ou absence de lésion
Identification (code) de la lésion (si présente)
Note de gravité de la lésion
Code d'identification du (ou des) pareurs présent(s)

Tableau IV : Liste des variables relatives aux facteurs de risque suspectés à l'échelle individuelle

Variables	BDD d'origine de la donnée	Commentaires
Code race	Umotest et GEN'IAtest	Utilisé pour la BDD GENIATEST (car celle d'Umotest n'est composée que de Montbéliardes)
Index de synthèse de santé podale	Données complémentaires Umotest	Synthèse de la Santé du Pied (STPI), des Lésions Infectieuses (SLI) et des Lésions Mécaniques (SLM)*
Index élémentaires de résistance aux lésions podales	Données complémentaires Umotest	Ouverture de la Ligne Blanche (OLB), Ulcère de la Sole (US), Bleime Circonscrite (BLC) ou Diffuse (BLD), Dermatite Digitale (DER), Rotation de l'Onglon (RO), Erosion du talon (ER) et Limace (LM)
Date de naissance	GEN'IAtest	Utilisé pour le calcul de l'âge au moment du parage

**En race Montbéliarde : - l'index SLI est composé à partir des valeurs des index DER, LM et ER
 -l'index SLM est composé à partir des index OLB, US, BLC, RO et BLD
 -l'index STPI est formé par pondération des deux précédents (SLI, SLM)*

Tableau V : Liste des variables relatives aux cheptels et aux facteurs de risque suspectés à l'échelle troupeau

Variables	BDD d'origine de la donnée	Commentaires
Nombre d'animaux présents dans l'élevage (pour une année donnée)	Montbéliarde Association*	Utilisé pour la description des élevages et de leur routine de parage. (Envisageable aussi pour étudier des effets densité)
Nombre de Montbéliardes présentes dans l'élevage (pour une année donnée)	Montbéliarde Association	Utilisé pour le tri des données Umotest (cf. II-B-1-a)
Département du cheptel (issu du numéro EDE)	GEN'IAtest et Umotest	(cf. II-B-1-c-i)

**Exception : Données GEN'IAtest pour trois des cheptels (cf. II-B-1-a).*

3- Logiciel de traitement et d'analyse des données

L'intégralité de la prise en charge de ces bases de données et des analyses ultérieures a été menée en langage informatique R (version 4.2.2), via l'environnement de développement R-Studio (RStudio version 2024.12.1+563).

B- Analyse des données

1- Gestion des données

a) Sélection des animaux et des troupeaux

L'étude s'est portée sur deux échantillons différents, réunis chacun dans une base de données (**BDD UMOTEST** et **BDD GENIATEST**).

Précision préalable : les élevages dans la suite de l'étude seront souvent considérés comme des **couples cheptel-année**, c'est-à-dire que l'unité est un élevage au moment d'une année civile donnée. En effet, certains paramètres comme la routine de parage suivie par l'élevage, les effectifs (qui sont fournis par Montbéliarde Association pour une année civile donnée), voire le taux de Montbéliardes, sont susceptibles de varier d'une année à l'autre.

Afin de former la **BDD UMOTEST** finale ayant servi pour les analyses, à partir de toutes les données de parage Umotest (s'étendant de 2015 à février 2025), les sélections suivantes ont été réalisées :

- Retrait des lignes en doublons (même lésion référencée pour le même pied du même animal lors du même chantier)
- Retrait des enregistrements incohérents ou incertains (pieds notés avec présence d'une lésion mais sans nom de lésion enregistrée, ou notés sains mais avec un nom de lésion) (selon les conseils de Marie Bérodière à Umotest)
- Retrait des données pour lesquelles le pied atteint n'était pas spécifié (136 cas)
- Retrait des couples élevage-année ne disposant pas de données concernant leurs effectifs dans la BDD de Montbéliarde Association
- Retrait des couples élevage-année pour lesquels le taux de Montbéliardes présentes était inférieur à 90%, en ayant au préalable calculé ce taux grâce aux données de Montbéliarde Association (retrait d'un peu moins de 50% des couples cheptel-année à cette étape, voir Annexe 5)
- Retrait des données de l'année 2025 afin de mener notre étude sur des années civiles complètes, et surtout au vu de l'hétérogénéité des résultats extraits sur cette période (uniquement les vaches saines étaient présentes dans les données du GDS01 sur cette période)
- Retrait des données antérieures au premier janvier 2021, car enregistrement encore d'un grand nombre de seimes non spécifiées (SE) jusque mi-2020 (38% des seimes enregistrées notées SE sur la période janvier-mars 2020)
- Retrait des données provenant d'organismes de parage continuant d'enregistrer des données de seimes non spécifiées sur la période d'étude (2021-2024). Ce critère réduit la BDD Umotest à seulement deux organismes de parage : GEN'IAtest et GDS01
- A la suite d'une vérification au cas par cas (en comparant aux données clients de GEN'IAtest) : suppression de 5 couples élevage-années présentant des données de vaches présentes aberrantes (valeurs proches de zéro pour des élevages pourtant importants). A cette étape, les données d'effectifs de 6 autres couples

présentant eux aussi des données non cohérentes *via* la base de données Montbéliarde Association ont été modifiées. Le choix a été fait d'utiliser en remplacement pour chaque cheptel et année concernée la médiane des données d'effectifs présentes dans la base de données GEN'IAtest (données calculées pour chaque date de chantier, en prenant l'ensemble des femelles présentes ayant déjà vêlé avant la date du chantier).

Une fois ces filtres appliqués on obtient un échantillon d'étude **BDD UMOTEST** comprenant :

- 4 années civiles d'étude (2021-2024)
- 2 organismes de parage (GEN'IAtest et GDS01)
- 6 départements : l'Ain (01), le Doubs (25), le Jura (39), la Haute-Marne (52), la Haute-Saône (70) et le Territoire de Belfort (90)
- 309 cheptels différents
- 21 222 individus différents
- 1 969 chantiers de parage
- 780 couples cheptel-année
- 46 061 parages individuels (c'est-à-dire animaux passés en parage pour au moins un pied à une date donnée, les animaux pouvant être décomptés plusieurs fois si présents sur plusieurs chantiers)

Concernant le second échantillon d'étude (**BDD GENIATEST**), celui-ci a été construit à partir de données fournies directement par GEN'IAtest (et donc sans filtre préalable n'incluant que les parages d'animaux assimilés à des Montbéliardes). Il a été réalisé en fusionnant les données d'extractions des deux logiciels utilisés sur la période (Active'Parage et PédiBov). Les mêmes filtres ont été appliqués que ceux présentés pour la BDD UMOTEST, à l'exception de celui excluant les élevages à moins de 90% de Montbéliardes afin d'avoir un aperçu *via* cet échantillon d'un potentiel effet « race ». On obtient ainsi l'échantillon suivant (toujours réparti sur les 4 mêmes années d'étude) :

- 5 départements (les mêmes que ceux de la BDD UMOTEST à l'exception de l'Ain)
- 279 cheptels différents
- 19 947 individus différents
- 1 768 chantiers de parage
- 714 couples cheptel-année
- 42 480 parages individuels (c'est-à-dire animaux passés en parage pour au moins un pied à une date donnée, les animaux pouvant être décomptés plusieurs fois si présents sur plusieurs chantiers)

b) Transformation de variables

Certaines des variables citées en II-A-2 ont été modifiées afin d'être utilisables dans les différentes analyses :

- Les numéros d'identification des cheptels et des individus ont été anonymisés via la création de deux clés d'identifications, créées aléatoirement et octroyant à chaque cheptel et chaque individu recensé dans une des BDD un nouveau numéro unique. Les clés sont partagées entre les deux BDD.
- Dans le cas où un même cheptel présentait deux chantiers à un jour d'intervalle, les deux chantiers ont été fusionnés en un seul et la date de chantier commune a été fixée à celle du second chantier. Cette manœuvre permet de prendre en compte les chantiers ayant réunis plusieurs pareurs qui auraient été divisés car pas enregistrés le jour-même par tous les pareurs, ainsi que les chantiers de grande ampleur qui auraient été étalés sur deux jours pour des raisons pratiques.

c) Création de nouvelles variables

D'autres variables citées en II-A-2 ont permis la création de nouvelles variables (en plus du taux de Montbéliardes et des clés d'identification déjà citées).

i) Des variables "de base" pour la caractérisation des données de parage et l'évaluation des potentiels facteurs de risque :

- A partir des dates de chantier, des variables "**Année du chantier**" et "**Mois du chantier**" ont été créés. Le mois étant compris ici comme le mois pour une année donnée (par exemple janvier 2021 et janvier 2022 sont différenciés au sein de cette variable).
- Le département des différents cheptels a été extrait à partir des deux premiers chiffres du numéro d'identification EDE (avant l'anonymisation). Cette nouvelle variable a ensuite permis d'en créer une autre nommée "**Département_Regroupe**", qui permet de réunir les départements étudiés en 3 zones présentant des conditions pédoclimatiques et des conduites d'élevage comparables (Anaël Cassard, communication personnelle, 2025) :
 - o La **zone Doubs-Jura** (25-39), plutôt caractérisée par un nombre important d'élevages basés sur des plateaux montagneux et très pâturants (soumis à certaines contraintes des AOP fromagères : notamment une ration de base composée de fourrages secs avec interdiction d'usage d'ensilages)
 - o La **zone Haute-Marne-Haute-Saône-Territoire de Belfort** (52-70-90), caractérisée au contraire par plus d'élevages en plaine, des conduites beaucoup ou totalement en bâtiment et une ration de base avec ensilage de maïs (production de lait standard)
 - o La **zone Ain** (01, présente que pour la BDD UMOTEST), présentant des caractéristiques similaires à la précédente mais basée sur l'aire d'activité des pareurs du GDS01 (contrairement aux 2 précédentes qui sont surtout couvertes par GEN'IAtest)
- Le **nombre de vaches parées** pour chaque couple cheptel-année a été calculé en dénombrant le nombre d'individus différents ayant été parés au moins une fois lors

de l'année. A partir de cette étape, le nombre de vaches présentes (défini là encore pour chaque couple cheptel-année) a pu être corrigé, dans les cas où le chiffre apparaissait aberrant (nombre de vaches parées supérieur au nombre d'individus présents). Les cheptels concernés correspondent en majorité à des élevages élevant un grand nombre de génisses et vendant un grand nombre de vaches vêlées, occasionnant un nombre important de vaches passées dans l'élevage et potentiellement parées mais non comptabilisées par la méthode de Montbéliarde Association (vaches ayant eu une lactation qualifiée). Dans ces situations, il a été décidé d'élever le nombre de vaches présentes au niveau du nombre de vaches parées, afin de pallier en partie aux vaches présentes sur l'élevage mais non comptabilisées, et éviter de calculer par la suite des taux de vaches parées supérieurs à 100.

La répartition des effectifs en fonction de la base de données et de la zone (variable `Departement_Regroupe` précédemment décrite) est présentée dans le tableau suivant :

Tableau VI : Répartition des effectifs d'individus différents et de couples cheptel-année par BDD (base de données) et par zone

BDD	Zone :	01	25-39	52-70-90	Total
UMOTEST	Nombre d'individus	4 126	12 348	4 748	21 222
	Nombre de couples cheptel-année	179	435	166	780
GENIATEST	Nombre d'individus	0	11 163	8 784	19 947
	Nombre de couples cheptel-année	0	442	272	714

ii) Des variables essentielles à la description des routines de parage

Afin de pouvoir comparer des cheptels disposant de pratiques de parage proches et s'assurer de la représentativité de nos analyses en se focalisant sur des populations dans lesquelles la majorité des animaux disposent de données concernant la présence ou non de lésions podales, il a été nécessaire de définir différentes typologies, selon la routine de parage appliquée.

Toutes les bases de données de parage disponibles ont été incluses à cette étape.

Pour définir ces typologies, l'unité choisie a été l'année civile au sein d'un cheptel donné (**couple cheptel-année**). C'est-à-dire que pour tout cheptel, les résultats de parage collectés lors d'une année donnée sont tous réunis, permettant de calculer pour chaque couple élevage-année les différentes variables nécessaires à la définition d'une typologie de parage. Ainsi, cette méthode permet de placer un élevage donné dans deux typologies différentes en cas de changement dans ses routines d'une année à l'autre.

Pour définir des typologies de routine les plus proches possibles de celles observées sur le terrain, les variables suivantes ont été calculées, associées à des seuils permettant de

répartir les différentes unités “élevage-année” :

- **Variable 1 : Taux de vaches parées (%VP)**, ce qui correspond au pourcentage d'individus différents qui ont été parés au moins une fois dans l'année, parmi le nombre total d'animaux présents dans le cheptel. Cette variable a été calculée par la formule :

$$\%VP = \frac{\text{Nombre d'individus différents parés dans l'année}}{\text{Total des vach présentes dans le cheptel}} \times 100$$

Pour la définition des typologies, les unités “élevage-année” sont alors réparties en deux classes : Taux de vaches parées “>90%” (les élevages potentiellement les plus représentatifs, ceux offrant des données sur la santé podale de la majorité des animaux présents) et “<90%”. Ce seuil a été défini en s'appuyant sur d'autres travaux similaires (Galmiche 2018) et après avoir observé la répartition des cheptels selon différents seuils ainsi que la répartition des incidences (calculées par la suite) selon ce pourcentage de vaches parées (Annexe 6).

- **Variable 2 : Nombre annuel de chantiers**, obtenu en décomptant le nombre de dates de chantiers différentes renseignées dans l'année au sein de chaque cheptel. Les typologies sont ici réparties selon les classes suivantes : “1” chantier unique par an, “2 à 3” chantiers (chantiers occasionnels au cours de l'année), et “4 ou +” (au moins un chantier par trimestre).
- **Variable 3 : Taux de parage en “4 pieds”**, permettant de distinguer les élevages parant les 4 pieds dans la majorité de leurs effectifs. On compte qu'un individu donné est paré des 4 pieds s'il a été paré au moins une fois des 4 pieds au cours de l'année. Les classes pour cette variable sont : de 0 à 20% (considérés comme “principalement en 2 pieds”), de 20 à 80% (considérés comme “mixtes”) et de 80 à 100% (considérés comme “principalement en 4 pieds”). Cette variable est calculée ainsi :

$$\frac{\text{Nombre d'individus ayant été parés au moins une fois des 4 pieds dans l'année}}{\text{Nombre d'individus différents parés dans l'année}} \times 100$$

Les différentes typologies sont définies ainsi, nommées de A à R :

Tableau VII : Définition des typologies de routines de parage des couples cheptel-année selon la valeur des 3 variables de description

		>90%			<90%		
Var 1 : Pourcentage Vaches Parées							
Var 2 : Nombre de chantiers dans l'année		1	2 ou 3	4 et +	1	2 ou 3	4 et +
Var 3 : Pourcentage de parages des 4 pieds	Principalement 4 pieds (80-100%)	A	B	C	J	K	L
	Mixte (20-80%)	D	E	F	M	N	O
	Principalement 2 pieds (0-20%)	G	H	I	P	Q	R

iii) Des variables nécessaires aux calculs des incidences

Afin de mesurer des incidences de la SLI (mais aussi d'autres lésions servant à la comparaison) dont le détail des calculs sera donné dans la partie suivante, deux variables ont dû être créées au préalable (d'après Casellato 2024).

Note préalable importante : la comptabilisation des cas pour les différentes incidences présentées par la suite, ainsi que pour l'analyse bivariée des facteurs de risque potentiels de SLI, sera faite selon les lésions **au regard des notes de gravité susceptibles d'occasionner une boiterie** (Kofler et al. 2022). Cet ajustement permettra de juger l'incidence des lésions selon leur impact concret sur le terrain et sur la santé du bovin, mais aussi de pallier l'hétérogénéité de l'enregistrement des lésions sur les notes de gravité les plus basses. Ainsi :

- Pour la **SLI**, on ne considérera que les **cas de grade 2 ou 3**. Ce choix diminue nettement la taille de l'échantillon étudié. En effet, dans la BDD UMOTEST, 4128 des 8724 SLI enregistrées sont de grade 1, ce qui représente un **retrait de 47% des SLI** enregistrées. Cependant, ce choix se justifie notamment car il existe une **forte incertitude sur la définition et l'enregistrement sur le terrain des SLI de grade 1** (visible notamment par la variabilité du nombre d'enregistrement de cette lésion en fonction des pareurs). En pratique cela se caractérise par des lésions minimales qui sont considérées comme des SLI débutantes ou au contraire en fin de cicatrisation par certains, mais pas comptabilisées par d'autres. Un autre biais observé pouvant affecter cet enregistrement des SLI 1 et justifiant de les écarter, est l'absence d'enregistrement de cette lésion « secondaire » lorsque d'autres lésions plus importantes sont repérées sur le même animal.
- Pour **d'autres lésions** on se fiera aux grades présentés en annexe (Annexe 3). Seront ainsi calculées et analysées les incidences des lésions présentées dans le tableau suivant, associées aux notes de gravité susceptible de provoquer des boiteries :

Tableau VIII : Récapitulatif des lésions concernées par les calculs d'incidence associées aux notes de gravité incluses dans le calcul (car cause probable de boiteries)

Lésions	Notes de gravité considérées
Seime longitudinale interne (SLI)	2 et 3
Ulcère de la Sole (US) + Cerise (CE)	1, 2 et 3 (pour les US et les CE)
Dermatite Digitale (DER)	2
Nécrose de la Pince (NP)	1,2 et 3
Ouverture de la Ligne Blanche (OLB)	3

On définira donc pour chacune de ces lésions :

- Les **Vrais Nouveaux Cas** : correspond au décompte des premières occurrences de la lésion étudiée chez un individu statistique. Dans le cadre de cette étude, l'individu statistique a été envisagé selon deux définitions/échelles possibles :
 - L'échelle "**Animal**" : selon cette définition un bovin donné ne pourra être comptabilisé qu'une seule fois comme Vrai Nouveau Cas, au moment de sa première atteinte enregistrée de la lésion étudiée, quel que soit le pied atteint. L'atteinte par cette lésion d'un autre pied du même animal ne sera dès lors pas comptabilisée. C'est cette échelle qui a été sélectionnée dans les résultats présentés par la suite, en raison de son intérêt pratique plus grand (étude du moment auquel les bovins sont touchés pour la première fois par la lésion).
 - L'échelle "**Pied**" : selon cette définition un bovin donné pourrait être comptabilisé jusqu'à **4** fois comme Vrai Nouveau Cas, car on se fierait ici aux antécédents de chaque pied (ce pied a-t-il déjà été enregistré avec la lésion étudiée ou non ?). Les résultats établis *via* cette définition ne seront pas présentés ici, en raison d'un intérêt pratique considéré plus grand de l'échelle « Animal ». En effet, du point de vue du pareur ou de l'éleveur, la question du nombre d'animaux nouvellement concernés par cette lésion semble revêtir un plus grand intérêt pratique que celle du nombre de pieds nouvellement touchés, car elle peut être liée au nombre d'animaux à prendre en charge (passage au parage, traitement qui suivent) et aux conséquences possibles de la lésion (nombre d'animaux nouvellement boiteux, potentiellement concernés par une perte de production voir à réformer).
 - Il est à noter que pour être au plus juste possible sur la définition des nouveaux cas, les données extraites des années antérieures à 2021 ont été à chaque fois sondées, afin de ne pas comptabiliser comme Vrais Nouveaux Cas des individus qui auraient déjà été enregistrés avec la lésion avant notre période d'étude. Les données antérieures à 2021 extraites étant incomplètes (hétérogénéité de l'enregistrement des « SEI »), cette correction permet de différencier au mieux les nouveaux cas de ceux chroniques ou récurrents sans toutefois apporter une certitude sur l'absence de SLI passée sur chacun des animaux qualifiés de nouveaux cas.
- Les **Cas Récurrents** : sont définis selon les antécédents enregistrés concernant la lésion, et correspondent au décompte des lésions qui auraient guéri puis seraient réapparues sur le même pied. Les critères pour comptabiliser un Cas Récurrent sont donc les suivants : observation de la lésion étudiée sur un pied ayant déjà présenté cette lésion lors d'un parage antérieur, et ayant également été enregistré sans cette lésion (guéri) lors d'un parage ayant eu lieu entre les deux observations de la lésion.

Dans le cas de la SLI notamment, ces cas récurrents seront donc des pieds ayant présenté une SLI de grade 2 ou 3, puis au moins un parage recensant ce pied sans SLI (quel que soit le grade), puis de nouveau l'enregistrement sur ce pied d'une SLI de grade 2 ou 3.

iv) Des variables nécessaires aux analyses bivariées des facteurs de risque potentiels

Pour l'analyse bivariée, la SLI est étudiée avec une autre approche. On s'intéressera non plus seulement à l'incidence, mais à la **présence** ou non de SLI de grade 2 ou 3 (que l'animal ait déjà été atteint ou non), ce qui cumule donc les critères d'**incidence** et de **persistance** de la lésion. Les potentiels facteurs de risque étudiés seront donc considérés comme des facteurs de risque (ou non) de présence de la SLI. Dès lors on définit (Griffiths 2024) :

- La variable à **expliquer CAS** (définie pour chaque couple animal-chantier) : valeur de **1** (c'est-à-dire animal **atteint**) si l'animal a pour ce chantier une SLI de grade 2 ou 3 sur au moins un de ses pieds parés et valeur de **0** (c'est-à-dire animal **témoin**) s'il n'a aucune SLI sur ce chantier. Les couples animal-chantier n'ayant que des SLI de grade 1 sont donc exclus de cette analyse. Ceci a pour but d'éviter d'ajouter de l'incertitude à la définition des atteints (SLI de grade 1 pas toujours enregistrées par les pareurs, désaccords possibles sur ce qui est une SLI légère ou n'est pas une SLI) et à l'inverse d'éviter de diluer les atteints en comptabilisant parmi les témoins des individus qui auraient pu partager des facteurs de risque avec d'autres atteints plus sévèrement.
- Des variables **explicatives**, formées à partir des variables précédemment citées (Departement_Regroupe, Race, différents index génomiques...) qui servent à relier la présence ou non de la SLI à un facteur de risque testé. Ces variables explicatives sont regroupées en deux catégories induisant une méthode d'analyse bivariée sensiblement différente : les variables **qualitatives ou catégorielles** (race et zone géographique) et les variables **quantitatives** (âge, index de synthèse de santé podale (STPI, SLI* et SLM) et index élémentaires de santé podale (DER, US, BLC, BLD, ER, LM, OLB et RO)).

2- Analyses statistiques

a) *Incidence annuelle de la SLI et distribution spatio-temporelle de cette incidence*

i) Définitions générales des différentes incidences

Dans chacun de nos deux échantillons (BDD UMOTEST et BDD GENIATEST), l'incidence des SLI (de grades 2 ou 3) a été calculée en s'inspirant des différentes définitions proposées par Casellato (Casellato 2024). Deux types d'incidences sont notamment proposés :

- L'**incidence vraie**, qui ne prend en compte que les **vrais nouveaux cas**.

- L'**incidence "ICAR"** (se fiant aux conseils de l'ICAR (ICAR 2022)), qui additionnera les **vrais nouveaux cas** et les **cas récurrents**. Cette définition se rapproche de celle d'une prévalence sans toutefois comptabiliser les lésions qui persistent entre deux parages (« *Recovering lesions* », « *Unhealed lesions* » et « *Chronic-grown lesions* » (Casellato 2024)).

Chacune de ces deux formes d'incidence pourra en outre être calculée selon deux dénominateurs différents : le **nombre de vaches présentes** (incidences se rapprochant le plus de l'incidence réelle de la lésion au sein de la population, distinguées par le suffixe **_VPz**) ou le **nombre de vaches parées** (incidences de la lésion parmi les populations parées, fortement influencée par la détection des boiteries et les décisions prises concernant le parage ou non des animaux, mais qui permet de juger de la place de la SLI parmi ce qui est vu lors du parage ; les incidences utilisant ce dénominateur comprendront le suffixe **_VP**).

Enfin, selon les cas, deux échelles temporelles pourront également être utilisées pour calculer les incidences : **annuelle** (les cas ayant été enregistrés en l'année civile) ou **mensuelle** (les cas ayant été enregistrés lors d'un mois donné). Il est à noter qu'en l'absence de données fiables concernant les vaches présentes dans un élevage durant un mois donné (ces valeurs ne sont disponibles que ici par année civile), les incidences mensuelles ne seront calculées que selon le dénominateur "vaches parées". Le risque de calculer tout de même une incidence selon le nombre de vaches présentes (en le considérant constant sur tous les mois de l'année) aurait été d'obtenir des incidences grandement variables d'un mois à l'autre (soumis à la variabilité du nombre de vaches parées chaque mois).

Selon le type d'incidence, le dénominateur sélectionné et l'échelle temporelle, on arrivera donc à la possibilité de calculer **6 incidences différentes**, schématisées ainsi :

- Annuelle_vraie_VPz
- Annuelle_vraie_VP
- Annuelle_ICAR_VPz
- Annuelle_ICAR_VP
- Mensuelle_vraie_VP
- Mensuelle_ICAR_VP

En plus de ces incidences calculées pour la SLI, on utilisera les mêmes définitions pour calculer des **incidences concernant d'autres lésions** (aux grades susceptibles de causer des boiteries), afin de disposer d'un matériel de comparaison.

Les incidences précédemment définies seront calculées selon **trois grandes échelles (individuelle, inter-troupeau et intra-troupeau)** qui seront détaillées dans les parties suivantes.

A noter également que pour chaque calcul d'incidence, les populations concernées seront divisées en **deux sous-populations** en fonction de la valeur du **Pourcentage de vaches parées** défini en II-B-c (>90% ou <90%).

ii) Incidences à l'échelle individuelle

L'**échelle individuelle** correspond au nombre d'individus atteints au sein d'une population (définie par des bornes temporelles et géographiques, par exemple une année donnée dans un groupe de départements donné) divisé par le nombre de vaches présentes

ou parées dans cette population. Les incidences mensuelles ne seront étudiées qu'à cette échelle.

A cette échelle on s'intéressera successivement :

- A l'**incidence globale ("macro")** dans la population d'étude (sur la période 2021-2024, donc incidences "quadriannuelles") (incidences "ICAR" et "vraie" par rapport aux deux dénominateurs possibles)
- A la **distribution temporelle** des incidences :
 - **Incidences annuelles** selon les 4 définitions possibles (variation du dénominateur et "ICAR" ou "vraie") pour chacune des 4 années d'étude.
 - **Incidences mensuelles** selon les 2 définitions possibles ("ICAR" ou "vraie", le dénominateur étant toujours le nombre de vaches parées) pour chacun des 48 mois d'étude. Ces données mensuelles seront analysées via des variables de description (minimum, maximum, médiane, quartiles, moyenne, écart-type) ainsi que la création d'un diagramme de type "violon".
- A la **distribution spatio-temporelle** (selon la variable Département_Regroupe, et une échelle temporelle d'incidence :
 - **Incidences annuelles** (4 définitions) calculées pour chacune des 3 zones (Département-Regroupe) et chacune des 4 années d'étude
 - **Incidences mensuelles** (2 définitions) calculées pour chacune des 3 zones (Département-Regroupe) et chacun des 48 mois d'étude. Ces données mensuelles seront elles aussi analysées via des variables de description ainsi que la création de diagrammes de type "violon".

iii) Incidences à l'échelle inter-troupeau

L'**échelle inter-troupeau** correspond au nombre de troupeaux atteints (c'est-à-dire ayant présenté **au moins un animal atteint** de SLI de grade 2 ou 3 dans le cas de la SLI) au sein d'une population (définie par des bornes temporelles et géographiques) divisé par le **nombre de troupeaux parés** dans cette population. A cette échelle il a été décidé de ne calculer que les incidences dites "vraies", en se passant des incidences "ICAR" qui sont presque toujours égales aux incidences "vraies" (parmi les 780 couples cheptel-année de la BDD UMOTEST, un seul présentait un cas récurrent sans vrai nouveau cas et aurait donc pu être considéré comme atteint selon la définition "ICAR" mais pas celle "vraie"). On aura donc à cette échelle une seule définition de l'incidence : celle annuelle (ou quadriannuelle pour l'étude globale de la population et de chaque zone) "vraie" parmi les troupeaux parés.

A cette échelle on s'intéressera successivement :

- A l'**incidence globale** dans la population d'étude (sur la période 2021-2024, donc incidence quadriannuelle dans ce cas-là)
- A la **distribution inter-troupeau de la SLI en fonction de l'année**
- A la **distribution inter-troupeau de la SLI en fonction de la zone géographique** : incidence quadriannuelle en fonction de la zone (Département_Regroupe)

- A la **distribution inter-troupeau de la SLI en fonction de la zone et de l'année** : incidence annuelle en fonction de l'année ET de la zone (Departement_Regroupe)

iv) Incidences à l'échelle intra-troupeau

L'**échelle intra-troupeau** correspond au nombre d'individus atteints au sein de chacun des troupeaux, divisé par le nombre de vaches parées ou présentes dans ce troupeau. On s'intéressera donc ici principalement à la description de la répartition des valeurs de ces incidences intra-troupeau au sein de chaque population (définie par des bornes temporelles et géographiques), via l'utilisation de variables de description (minimum, maximum, médiane, quartiles, moyenne, écart-type) et la création de diagrammes de type "violon".

A cette échelle on s'intéressera successivement :

- A la **répartition globale des incidences intra-troupeau** dans la population d'étude (sur toute la période 2021-2024, donc incidences "quadriannuelles, selon les 4 définitions disponibles)
- A la **répartition annuelle** : de chacune des 4 définitions de l'incidence annuelle présentées en fonction de l'année
- A la **répartition géographique** : de chacune des 4 définitions de l'incidence annuelle présentées en fonction de la zone (Departement_Regroupe)
- A la **répartition spatio-temporelle** : de chacune des 4 définitions de l'incidence annuelle présentées en fonction de l'année ET de la zone (Departement_Regroupe)

b) Recherche de facteurs de risque de SLI

Afin de réaliser les analyses bivariées des facteurs de risque potentiels, les BDD précédemment utilisées sont reprises et filtrées pour ne garder :

- que les animaux présentant pour un parage donné soit au moins une SLI de grade 2 ou 3 (**Cas**), soit aucune SLI sur ce parage (**Témoins**)
- que les couples cheptel-année présentant un **taux de vaches parées $\geq 90\%$** (pour garantir la représentativité des données de santé podale enregistrées)

On considérera ici comme individu statistique le couple **individu-parage**, c'est-à-dire que chaque individu sera affilié à un des deux groupes (Cas ou Témoins) à chacune de ses dates de parage.

Les bases de données sont ensuite réduites en de nouvelles sous-populations d'études pour ne garder que les individus disposant de données concernant la variable explicative testée.

i) Variables explicatives qualitatives (ou catégorielles)

Afin de déterminer les possibles liens statistiques entre la variable à expliquer (CAS) et une variable explicative "X" dont les valeurs possibles sont réparties en un nombre fini de modalités, on suivra les étapes suivantes :

- Description de la **distribution** des Cas et des Témoins dans chaque modalité
- Test de chi2 afin de vérifier l'**indépendance** des deux variables (CAS et "X")

- Méthode de **régression logistique** afin de représenter le lien (s’il existe) entre les variables et calculer des **Odd-ratio** concernant le risque de présenter une SLI de grade 2 ou 3 en fonction de l’appartenance à une des modalités de “X”

ii) Variables explicatives quantitatives

Afin de déterminer les possibles liens statistiques entre la variable à expliquer (CAS) et une variable explicative quantitative “X”, on suivra les étapes suivantes :

- Description de la **distribution des valeurs de “X”** parmi les Cas et les Témoins
- **Comparaison des moyennes** de “X” dans chaque groupe
- Vérification de l’existence ou non d’une **différence significative des moyennes** grâce à un test de Student ou de Welch (après avoir vérifié la répartition normale de la variable, et avoir établi l’homogénéité ou l’hétérogénéité des variances grâce à un test de Bartlett)
- Méthode de **régression logistique** afin de représenter le lien (s’il existe) entre les variables et calculer des Odd-ratio concernant le risque de présenter une SLI de grade 2 ou 3 en fonction de l’évolution de la valeur de “X”

III- Résultats

A- Description des typologies de routines de parage

1- Description de la population Umotest

Les graphiques présentant la répartition des couples cheptel-année de la BDD UMOTEST en fonction des valeurs des trois variables de description de leurs routines de parage (Pourcentage de vaches parées, Nombre de chantiers dans l’année et Pourcentage de vaches parées des 4 pieds sont disponibles en annexe (Annexe 7)).

Le calcul de ces variables a permis de répartir les 780 couples cheptel-année dans les 18 typologies définies en II-B-c-ii selon la répartition suivante :

Tableau IX : Répartition des 780 couples cheptel-année de la BDD UMOTEST en fonction de leur typologie de routine de parage (définie par 3 variables)

		>90%			<90%		
		1	2 ou 3	4 et +	1	2 ou 3	4 et +
Var 3 : Pourcentage de parages des 4 pieds	Var 1 : Pourcentage Vaches Parées						
	Var 2 : Nombre de chantiers dans l'année						
	Principalement 4 pieds (80-100%)	10	25	21	35	45	40
	Mixte (20-80%)	18	39	22	100	96	55
	Principalement 2 pieds (0-20%)	60	38	12	112	35	17

Malgré la dominance des élevages à moins de 90% des effectifs parés chaque année, cet échantillon contient tout de même 245 couples cheptel-année (31%) dans lesquels plus de 90% des animaux présents ont été parés au moins une fois dans l'année. Ceci représente une base intéressante d'élevages pour lesquels on dispose d'un aperçu assez complet de la santé podale et donc de la situation réelle vis-à-vis de la SLI. En revanche les effectifs assez bas, notamment au sein des cheptels parant les 4 pieds, rend difficile l'utilisation d'une typologie combinant plusieurs variables (par exemple seulement les couples à plus de 90% des vaches parées et principalement du parage des 4 pieds).

2- Description de la population GEN'IAtest

Le détail des résultats concernant la répartition des 714 couples élevage-année de la BDD GENIATEST est présenté en annexe (Annexe 8). On retiendra de ces résultats par rapport à ceux de l'échantillon Umotest une place encore plus réduite prise par les cheptels à plus de 90% de vaches parées dans l'année (seulement 120 soit 17% des couples).

Par la suite, seule la première variable de description des routines (Pourcentage de vaches parées) sera utilisée pour la division des études d'incidence en deux échantillons (Pourcentage de vaches parées $\geq 90\%$ ou $< 90\%$) et pour l'analyse bivariée des facteurs de risque potentiels (uniquement faites sur les cheptels à plus de 90% de vaches parées). Cette division est jugée comme bon compromis pour filtrer les cheptels présentant des données interprétables concernant leur santé podale tout en conservant une taille d'échantillon suffisante au reste des analyses.

B- Distribution de l'incidence de la SLI à différentes échelles

1- Incidences au sein de la population Umotest

a) Incidences de la SLI

i) Incidences à l'échelle individuelle

Les **incidences globales** (IG) sur les 4 années d'étude (2021-2024) des SLI de grade 2 ou 3 sont présentées sur le Tableau X. On note une incidence de la SLI parmi les vaches parées (VP) plus forte dans les élevages parant une part réduite de leur cheptel (Pourcentage de vaches parées (PctVP) $< 90\%$), mais une incidence plus faible parmi les vaches présentes (VPz). Ceci peut s'expliquer par une potentielle **sous-détection** de la lésion dans les élevages ne choisissant de parer qu'une part de leurs effectifs.

On remarque également un faible nombre de cas récurrents comptabilisés par notre méthode expliquant un écart faible entre les incidences "vraies" et "ICAR" tout au long de nos résultats.

Quelle que soit la définition choisie, si on se réfère aux élevages parant une grande proportion de leurs effectifs (Pourcentage de VP $> 90\%$) et donc moins sujets à la sous-détection des cas, on retiendra un nombre d'individus ayant été atteints durant les 4 années parmi tous ceux parés supérieur à **9%**. Ce taux d'incidence descend à 6,1% lorsqu'on considère tous les animaux présents (pour l'incidence "vraie").

Tableau X : Incidences globales (IG, en pourcent) à l'échelle individuelle des SLI significatives (grade>=2) sur les 4 années d'étude (2021-2024) selon le pourcentage de vaches parées et la définition de l'incidence (nouveaux cas uniquement ou nouveaux cas et cas récurrents)

PctVP	NvCas	CasRec	Pares	TotalAx	IG_v_VPz	IG_v_VP	IG_ICAR_VPz	IG_ICAR_VP
<90	1428	77	14342	37930	3.765	9.957	3.968	10.494
>90	954	46	10427	15532	6.142	9.149	6.438	9.590

PctVP=Pourcentage de vaches parées ;

NvCas=Nombre de Vrais Nouveaux cas ;

CasRec=Nombre de Cas Récurrents ;

Pares=Nombre d'individus ayant été parés au moins une fois (dénominateur VP) ;

TotalAx=Nombre d'individus présents (dénominateur VPz) ;

IG_v_VPz/IG_v_VP/IG_ICAR_VPz/IG_ICAR_VP=taux d'incidence globale selon 4 définitions ("vraie" ou "ICAR", dénominateur VP ou VPz)

L'analyse de l'évolution de l'**incidence annuelle** selon les 4 définitions disponibles n'a pas permis de distinguer une dynamique claire d'augmentation de l'incidence comme parfois suspectée sur le terrain, quelle que soit la sous-population de typologie de routine de parage (Pourcentage de VP>90% ou <90%) (Figure 11).

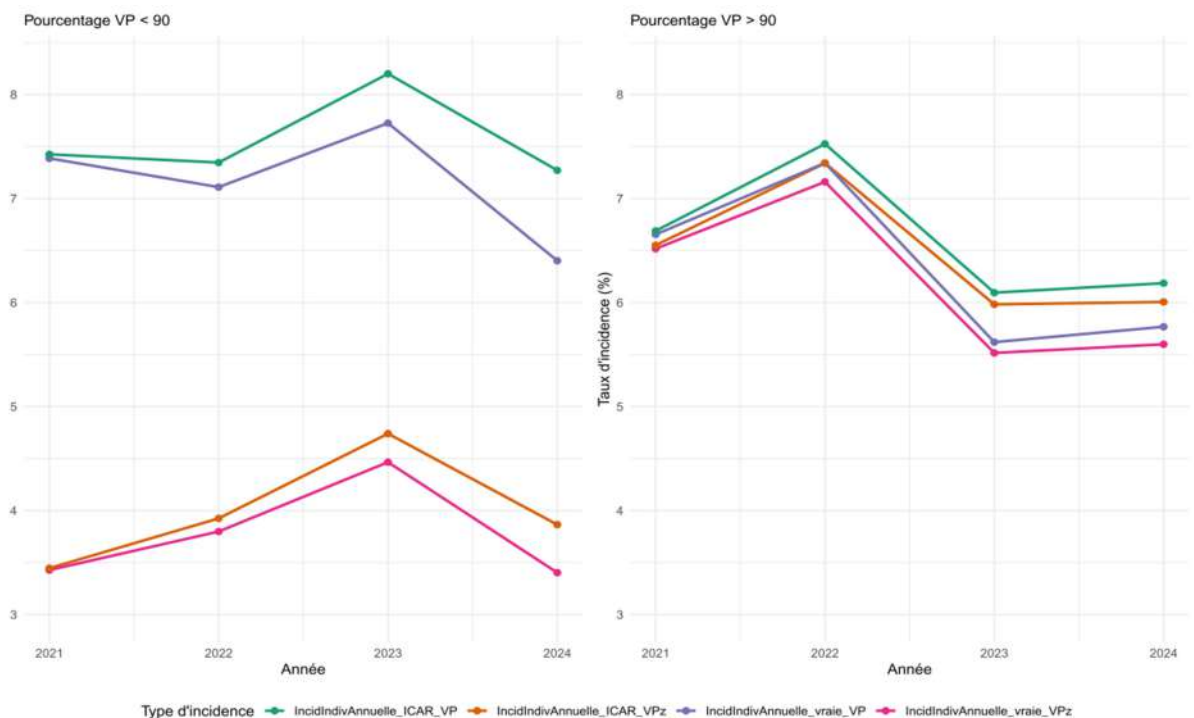


Figure 11 : Evolution des différentes incidences annuelles à l'échelle individuelle de SLI sur la période 2021-2024 en fonction du taux de vaches parées (>90% ou <90%) (BDD UMOEST)

A une échelle temporelle plus fine, les incidences individuelles **mensuelles** présentent une forte variabilité au sein de chaque sous-population (visibles sur la Figure 12 pour les élevages >90% VP, Annexe 9 pour ceux <90% VP ; et synthétisées par le Tableau XI). On note l'existence d'un pic relativement régulier au moment de la période estivale, sauf pour l'année 2024 où ce pic est plus précoce (autour de mai). Une analyse des conditions météorologiques correspondant à chacune de ces périodes serait à envisager pour explorer leur possible influence sur cette variabilité observée.

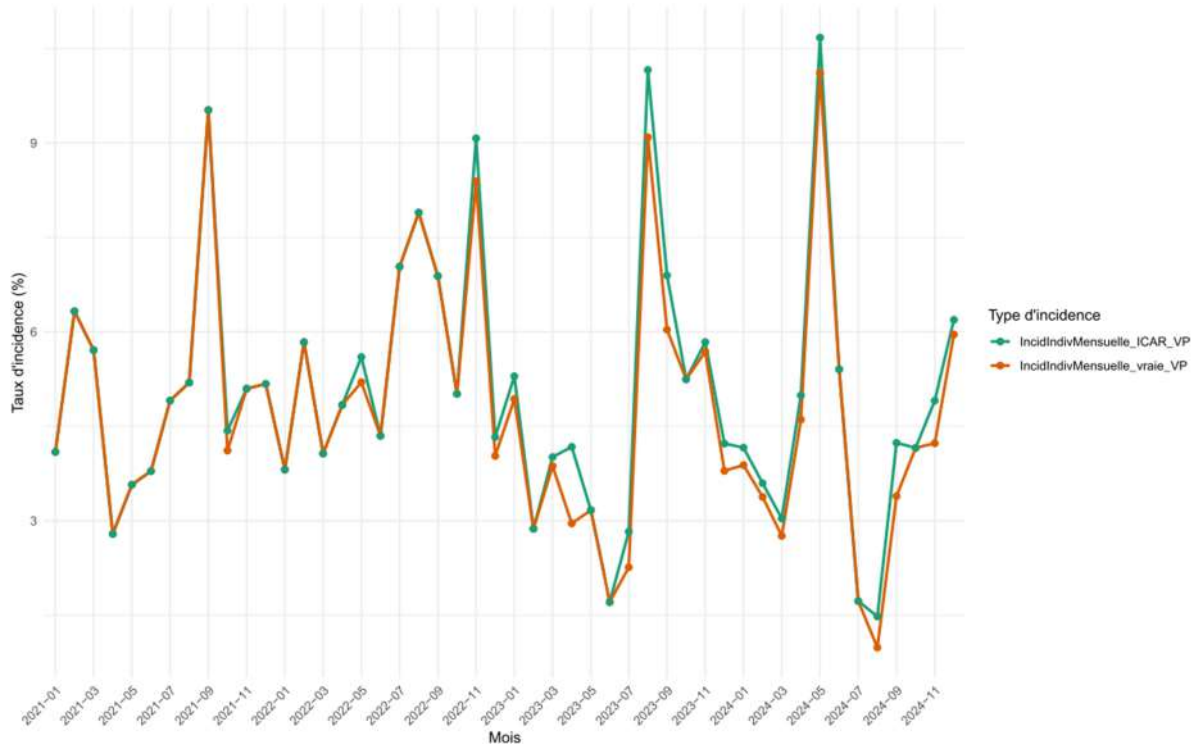


Figure 12 : Evolution des incidences mensuelles (ICAR et « vraie », par vaches parées) à l'échelle individuelle des SLI de grade ≥ 2 sur la période janvier 2021-décembre 2024 (Pourcentage VP > 90%)

Tableau XI : Description de la répartition des différentes incidences mensuelles des SLI de grade ≥ 2 à l'échelle individuelle calculées sur la période 2021-2024 en fonction du pourcentage de vaches parées (PctVP)

PctVP	TypeIncidMensuelle	Min	Q1	Mediane	Q3	Max	Moy	EcartType
<90	ICAR_VP	1.732	4.685	6.079	7.710	9.722	6.156	1.873
<90	Vraie_VP	1.732	4.450	5.584	7.116	9.722	5.839	1.839
>90	ICAR_VP	1.478	3.962	4.873	5.741	10.674	5.006	2.015
>90	Vraie_VP	0.985	3.734	4.477	5.690	10.112	4.788	1.963

PctVP=Pourcentage de vaches parées ;

ICAR_VP (incidence)=Pourcentage de cas de SLI (nouveaux ou récurrents) parmi les vaches parées lors d'un mois donné

Vraie_VP (incidence)=Pourcentage de cas de SLI (nouveaux seulement) parmi les vaches parées lors d'un mois donné

La **forte variabilité** de ces valeurs d'incidences mensuelles se retrouve aussi au sein de chaque **zone géographique** étudiée (variable `Departement_Regroupe`), comme représenté sur la figure 13 à l'aide de diagrammes violons. On note notamment que l'incidence des $SLI \geq 2$ peut osciller de 0 à environ 20% des animaux parés selon les mois dans certaines zones et typologies de parage. On peut également noter des incidences mensuelles plutôt plus faibles dans la zone 25-39 (ce qui pourrait contredire certaines impressions de terrain considérant que cette zone plus pâturantes pourrait être plus à risque), mais cette observation est à nuancer du fait des effectifs plus conséquents dans cette zone par rapport aux deux autres (cf. Tableau VI).

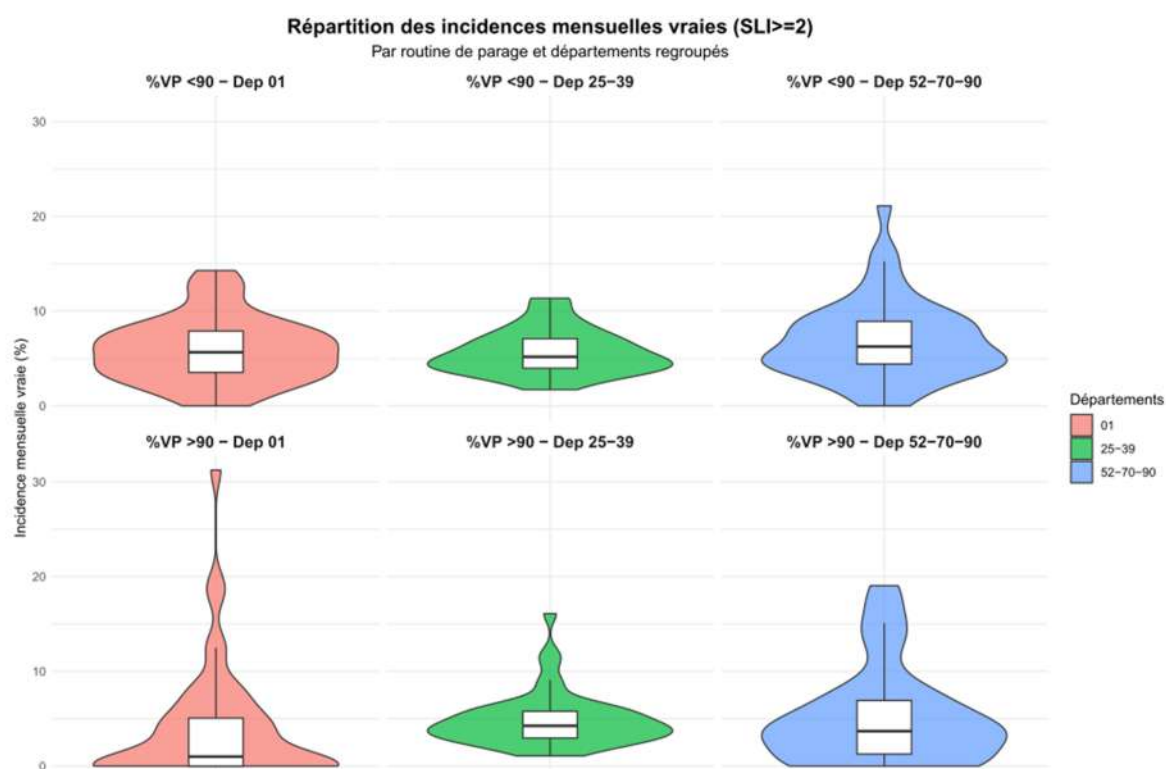


Figure 13 : Répartition des incidences mensuelles vraies des SLI de grade ≥ 2 à l'échelle individuelle en fonction du pourcentage de vaches parées (%VP) et de la zone (`Departement_Regroupe`) (BDD UMOTEST)

ii) Incidences à l'échelle inter-troupeau

L'analyse des incidences inter-troupeau révèle principalement une valeur de cette incidence marquée (**supérieure à 70%** dans presque toutes les sous-populations), signe de la diffusion large de cette lésion. On remarque également une tendance à une plus grande rareté des cheptels indemnes parmi les élevages à plus de 90% de vaches parées, comme visible sur le Tableau XII : parmi les élevages "forts pareurs" ($PctVP \geq 90\%$), seuls 10% des cheptels étudiés n'ont déclaré aucune SLI de grade 2 ou 3 sur l'ensemble des 4 années, contre 25% des élevages parant une plus faible proportion de leur cheptel. Cette différence

peut encore être associée à une meilleure détection dans les élevages du premier groupe, ce qui tendrait à placer l'incidence inter-troupeau réelle **sur ces 4 années proche de 90%**.

Tableau XII : Incidence inter-troupeau globale (sur la période 2021-2024) des SLI de grade \geq 2 en fonction du pourcentage de vaches parées (PctVP)

PctVP	TroupeauxAtteints	TroupeauxTotal	IncidenceInterT
<90	399	535	74.579
>90	220	245	89.796

Concernant l'évolution des incidences inter-troupeau annuelles au fil des années, **aucune dynamique claire** ne se distingue, que l'on estime tout l'échantillon ou les zones (Departement-Regroupe) séparés (Annexes 10 et 11). A l'échelle spatiale, les résultats d'incidences plus faibles dans les zones "01" et "52-70-90" par rapport à la zone "25-39" sont à modérer du fait des effectifs faibles pour ces zones (respectivement 22 et 36 couples cheptel-année considérés dans la typologie des plus de 90% de vaches parées par an) (Tableau XIII).

Tableau XIII : Incidences inter-troupeau annuelles des SLI de grade \geq 2 en fonction du pourcentage de vaches parées et de la zone (Departement_Regroupe) (BDD UMOTEST)

PctVP	DeptsGpes	TroupeauxAtteints	TroupeauxTotal	IncidenceInterT
<90	01	115	157	73.248
<90	25-39	182	248	73.387
<90	52-70-90	102	130	78.462
>90	01	18	22	81.818
>90	25-39	170	187	90.909
>90	52-70-90	32	36	88.889

iii) Incidences à l'échelle intra-troupeau

A l'échelle intra-troupeau, la médiane des incidences annuelles est de l'ordre de 5% (si on néglige les calculs des incidences parmi les vaches présentes dans les élevages à faible proportion de VP, qui sont probablement biaisés par une sous-détection des cas) (Tableau XIV). On distingue une **forte variabilité** de ces incidences annuelles entre les différents troupeaux (marquée par un Ecart-type élevé), et plus encore dans les élevages à faible proportion de VP. L'existence d'élevages parmi ceux parant la majorité de leurs animaux présentant une **incidence annuelle supérieure à 25%** est aussi à noter comme indice d'une **importance majeure de cette lésion dans certains troupeaux**, et de **l'hypothèse d'un fort effet « troupeau »** sur les risques de SLI.

Tableau XIV : Description de la répartition des incidences intra-troupeau annuelles des SLI de grade ≥ 2 en fonction du pourcentage de vaches parées (PctVP) (Incidence donnée en nombre de nouveaux cas* pour 100 vaches)**

PctVP	TypeIncidAnnuelle	Min	Q1	Mediane	Q3	Max	Moy	EcartType
<90	ICAR_VP	0	0.000	5.882	12.061	62.500	8.564	9.917
<90	ICAR_VPz	0	0.000	3.030	6.283	23.077	4.135	4.256
<90	Vraie_VP	0	0.000	5.405	11.270	62.500	8.187	9.542
<90	Vraie_VPz	0	0.000	2.899	5.976	20.339	3.928	3.975
>90	ICAR_VP	0	2.778	5.405	9.195	27.451	6.420	5.059
>90	ICAR_VPz	0	2.778	5.376	9.195	27.451	6.295	4.992
>90	Vraie_VP	0	2.778	5.128	8.333	27.451	6.100	4.826
>90	Vraie_VPz	0	2.703	5.128	8.108	27.451	5.980	4.759

*Vrais Nouveaux Cas et Cas Récurrents pour l'incidence « ICAR », Vrais Nouveaux Cas seuls pour l'incidence « vraie »

**Vaches parées ou présentes selon le suffixe (VP ou VPz)

Sur un **plan géographique** (Figure 14), on distingue une incidence intra-troupeau moyenne supérieure dans les élevages de la zone "52-70-90" par rapport aux deux autres zones, qui reste néanmoins toujours à nuancer au vu des différences d'effectifs (voir Tableau VI). Cette représentation témoigne là encore de la **forte variabilité** des situations vis-à-vis de la SLI dans chacune des zones, avec une majorité des cheptels ayant une incidence entre 0 et 10% des animaux présents mais tout de même une part non négligeable recensant autour de 20% du cheptel touché (soit un animal sur 5 déclarant une SLI de grade 2 ou 3 dans l'année).

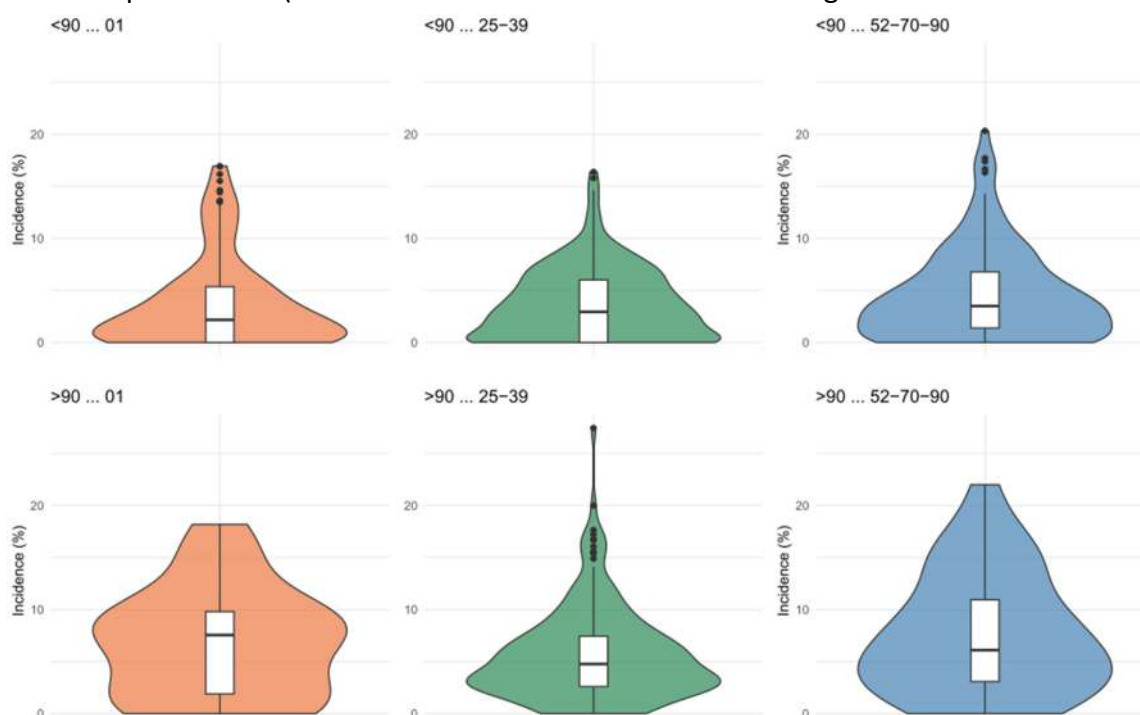


Figure 14 : Répartition des incidences intra-troupeau annuelles vraies (parmi les vaches présentes) des SLI de grade ≥ 2 en fonction du pourcentage de vaches parées (> ou < 90) et de la zone (01, 25-39 ou 52-70-90) (BDD UMOTEST)

b) *Comparaison aux autres lésions sources de boiteries*

Les calculs des mêmes incidences ont été réalisés sur la BDD UMOTEST pour d'autres lésions et notes de gravité susceptible d'occasionner des boiteries (Annexe 3 ou Tableau VIII), afin de compléter l'analyse des incidences calculées pour la SLI.

Les résultats suivants ont été mis en évidence :

Tableau XV : Comparaison des différentes incidences majeures (parmi les vaches parées) de 5 lésions sources de boiteries (SLI grade 2 et 3 ; US grade 1,2 et 3 associés aux CE grade 1,2 et 3 ; DD grade 2 ; NP grade 1,2 et 3 ; et OLB grade 3) (BDD UMOTEST)

Incidences annuelles à l'échelle Individuelle	Dénominateur VP, élevages <90% de VP	SLI 2-3	US 1-2-3 et CE 1-2-3	DD 2	NP 1-2-3	OLB 3
	2021	6,6	9,2	9,6	1,9	9,7
	2022	7,1	9,0	11,2	1,6	7,7
	2023	8,1	8,7	11,7	1,9	9,4
	2024	7,3	8,6	9,3	1,9	7,5
	Dénominateur VP, élevages >90% de VP					
	2021	6,0	8,9	7,3	1,0	5,4
	2022	7,5	9,9	11,7	1,4	5,8
	2023	6,1	7,6	10,4	1,1	5,3
	2024	6,2	7,3	10,0	1,7	4,8
Incidences globale (sur les 4 années) à l'échelle Intra-troupeau	Dénominateur VP, élevages >90% de VP	6,2	7,6	7,4	1	4,5
Incidences Inter-troupeau annuelles	Elevages >90% de VP	80 à 90	70 à 90	60 à 65	13 à 40	70 à 90

VP=Vaches parées

On note :

- Pour les élevages "forts pareurs" (>90% de VP) : les **incidences annuelles à échelle individuelle**, ainsi que **l'incidence intra-troupeau globale** (sur les 4 années) des SLI de grade 2 et 3 **sont inférieures à celles de la DD et des US**, mais **supérieures à celle de l'OLB, et même très supérieures à celles de la NP**
- A l'échelle **inter-troupeau** l'incidence de la SLI dans ces élevages forts pareurs est **proche de celles évaluées pour les US, la DD et l'OLB**, mais très supérieure à celle de la nécrose.

Ces résultats confirment donc la **place de la SLI parmi les principales lésions susceptibles de provoquer des boiteries**, même si ces résultats pourront être modérés vis-à-vis des notes de gravité choisies (des SLI de grade 2 ne font pas boiter dans 100% des cas).

2- Incidences au sein de la population GEN'IAtest

Les résultats des analyses d'incidences réalisées sur la BDD GENIATEST ne seront pas présentés ici afin d'éviter une redondance avec ceux présentés pour Umotest (grande proportion de la BDD UMOTEST composé de données GEN'IAtest). On notera cependant ces différences notables :

- Contrairement à ce qui était mis en évidence dans la BDD UMOTEST, **l'incidence individuelle est dans cet échantillon plus forte dans la zone "25-39" que dans celle "52-70-90"**, avec des pourcentages d'incidences annuelles situés dans un intervalle [5,50 ; 8,47] pour les élevages forts pareurs de la zone "25-39", contre [4,69 ; 7,23] pour ceux de la zone "52-70-90" (Annexe 12). Ce résultat incite à la prudence vis-à-vis des résultats extraits d'effectifs pourtant considérés comme proches. Les différences dans ces effectifs (présence des données GDS01 dans la BDD UMOTEST et non dans celle GENIATEST, présence de troupeaux à moins de 90% de Montbéliardes pour GENIATEST) peuvent donc faire fortement varier les conclusions.
- A l'échelle inter-troupeaux : tendance à l'augmentation de l'incidence au fil des années dans la zone "25-39" pour les troupeaux à plus de 90% de vaches parées (Annexe 13). La possibilité de juger une évolution temporelle sur seulement 4 années est cependant limitée, ce qui renforce l'intérêt de disposer de données concernant la SLI sur des échelles de temps et de lieu plus grande pour analyser plus en profondeur son épidémiologie.

C- Analyse bivariée des facteurs de risque potentiels

Les principaux résultats tirés des analyses bivariées des facteurs de risque potentiels réalisées sont présentés dans les deux tableaux suivants (Tableau XVI et XVII). Ces résultats seront ensuite détaillés dans les parties suivantes.

Tableau XVI : Résultats des régressions logistiques bivariées pour les variables catégorielles susceptibles de faire varier l'occurrence de la seime longitudinale interne (SLI \geq 2) chez les vaches laitières dans l'Est de la France entre 2021 et 2024 (les vaches atteintes de SLI 1 ont été exclues)

Variable	Effectifs	Effectifs de vaches atteintes (% de l'effectif)	p-value du test Chi-2	OR ¹	IC ² 95% OR	p-value OR
Race (BDD GEN'IAtest)						
Montbéliarde	10 889	819 (7,5%)	<u>2,2e-16</u>	1 (référence)	/	<u><2e-16</u>
Prim'Holstein	2 088	31 (1,5%)	=	0,19	[0,13 ; 0,26]	<u><2e-16</u>
Croisés non spécifiés	492	12 (2,4%)	=	0,31	[0,16 ; 0,52]	<u>6,19e-5</u>
¼ Prim'Holstein	94	6 (6,4%)	=	0,84	[0,33 ; 1,77]	0,677
Zone (BDD Umotest) :						
25-39	14 928	953 (6,4%)	<u>8,66e-05</u>	1 (référence)	/	<u><2-e16</u>
52-70-90	3 417	287 (8,4%)	=	1,34	[1,17 ; 1,54]	<u>2,45e-5</u>
01	1 513	112 (7,4%)	=	1,17	[0,95 ; 1,43]	0,125

¹OR=odd-ratio (rapport de côtes par rapport à la référence) ; ²IC=intervalle de confiance
Soulignés : p-value <0,05, signe de résultats significatifs à ce seuil (5%)

Tableau XVII : Résultats des régressions logistiques bivariées pour les variables continues susceptibles de faire varier l'occurrence de la seime longitudinale interne (SLI \geq 2) chez les vaches laitières dans l'Est de la France entre 2021 et 2024 (les vaches atteintes de SLI 1 ont été exclues) (BDD Umotest)

Variable	Effectifs (dont atteints)	Moyenne chez les vaches atteintes	Moyenne chez les vaches saines	p-value test comparaison moyennes	OR ¹	IC ² 95% OR	p-value OR
Age	18 326 (1243)	5,16	5,09	0,182	1,02	[0,99 ; 1,05]	0,234
Index de synthèse de santé podale :							
STPI ³	16 285 (1110)	0,02	0,03	0,361	0,96	[0,88 ; 1,05]	0,361
SLI ⁴	16 285 (1110)	0,07	0,01	<u>0,02</u>	1,08	[1,01 ; 1,15]	<u>0,026</u>
SLM ⁵	16 285 (1110)	-0,04	0,07	<u>4,18e-4</u>	0,89	[0,84 ; 0,95]	<u>4,2e-4</u>
Index élémentaires de santé podale :							
OLB ⁶	6 676 (514)	0,10	0,05	0,102	1,12	[0,98 ; 1,28]	0,102
RO ⁷	6 676 (514)	-0,17	0,02	<u>3,52e-8</u>	0,71	[0,63 ; 0,81]	<u>4,0e-8</u>
US ⁸	6 676 (514)	-0,01	0,07	<u>8,47e-4</u>	0,78	[0,67 ; 0,91]	<u>1,7e-3</u>
BLC ⁹	6 676 (514)	-0,08	0,04	<u>5,39e-5</u>	0,75	[0,66 ; 0,87]	<u>5,54e-5</u>
BLD ¹⁰	6 676 (514)	-0,04	0,03	<u>0,015</u>	0,83	[0,71 ; 0,96]	<u>0,015</u>
LM ¹¹	6 676 (514)	0,15	0,07	<u>0,003</u>	1,28	[1,09 ; 1,50]	<u>0,003</u>
ER ¹²	6 676 (514)	0,09	0,03	<u>0,024</u>	1,18	[1,01 ; 1,37]	<u>0,036</u>
DER ¹³	6 676 (514)	0,06	0,01	0,06	1,17	[0,99 ; 1,37]	0,061

¹OR=odd-ratio (rapport de côtes) ; ²IC=intervalle de confiance ; ³STPI=Synthèse de santé du pied ; ⁴SLI=Synthèse des lésions infectieuses ; ⁵SLM=Synthèse des lésions mécaniques ; ⁶OLB=Ouverture de la ligne blanche ; ⁷RO=Rotation de l'onglon ; ⁸US=Ulcère de la sole ; ⁹BLC=Bleime circonscrite ; ¹⁰BLD=Bleime diffuse ; ¹¹LM=Limace ; ¹²ER=Erosion du talon ; ¹³DER=Dermatite digitale
Soulignés : p-value <0,05, signe de résultats significatifs à ce seuil (5%)

1- Effet « race »

Le potentiel effet « race » a été testé à partir de la BDD GENIATEST. 0,2% des individus ont été exclus en raison d'une absence d'informations sur leur race, ainsi que 51 individus appartenant à des races présentant des effectifs marginaux au regard des autres races (moins de 20 individus chacune). Restait alors une **population d'étude de l'effet race** de 13563 animaux, composée de 10889 animaux de race Montbéliarde (46), 2088 de race Prim'Holstein (66), 492 croisés de type racial non spécifié (39) et 94 croisés $\frac{3}{4}$ Prim'Holstein (60).

Le **test du chi2** présentait une p-value de $2,2e-16$ ($p\text{-value} < 0,05$), entraînant un rejet de l'hypothèse "H0" ("les deux variables sont indépendantes"), permettant donc de conclure à un lien statistique entre les variables CAS (Atteint ou non de SLI de grade 2 ou 3) et Race au sein de l'échantillon. Ce lien se caractérise notamment par une **sur-représentation des Atteints parmi les Montbéliardes**.

Concernant la **régression logistique** et en prenant la race Montbéliarde pour référence, les résultats étaient très significatifs (au seuil de 1%, $p\text{-value} < 0,01$) sauf pour le type racial 60 ($\frac{3}{4}$ Prim'Holstein), pour lequel la différence de risque d'être atteint de SLI par rapport à la Montbéliarde n'est pas significative. La **race Montbéliarde présente ainsi une probabilité d'être atteinte de SLI de grade 2 ou 3 de 7,5%**. Par rapport à cette race de référence, la **Prim'Holstein** affiche un odds-ratio de 0,19, soit un **risque de présenter cette lésion réduit de près de 81%** par rapport à la Montbéliarde (odds-ratio et risque relatif étant de valeur proche dans les cas comme ici où les atteints représentent moins de 10% de l'effectif). L'odds-ratio concernant le type racial 39 (croisés sans type racial dominant) correspondant à un risque diminué de 69% par rapport à la Montbéliarde ne sera pas analysé.

On conclut de cette analyse que les résultats vont **dans le sens d'une variabilité du risque d'être atteint d'une SLI en fonction de la race**. Dans l'échantillon, les Montbéliardes présenteraient ainsi un **risque près de 5 fois plus grand** de présenter une SLI par rapport aux Prim'Holstein. Cependant cette variation n'est pas directement imputable à la race seule. Deux biais importants peuvent expliquer cette différence : la différence d'effectifs analysés et surtout le fait que ne sont pas comparés ici des animaux qui subissent tous le même effet « milieu ». Avant de confirmer une sensibilité accrue de la race Montbéliarde pour cette lésion, il sera donc nécessaire de comparer ces deux races sous les mêmes conditions, au sein des mêmes élevages.

La répartition des effectifs d'atteints et de sains dans chaque race est représentée en annexe (Annexe 14).

2- Effet « zone »

Afin de rechercher un **potentiel effet de la zone géographique**, l'analyse bivariée a été réalisée sur la BDD UMOTEST, en fonction des 3 catégories créées par groupements de départements comportant des caractéristiques pédoclimatiques et zootechniques similaires (zone 01, 25-39 et 52-70-90). Tout l'échantillon utilisable pour l'analyse bivariée (animaux sans SLI ou avec une SLI 2 ou 3) a pu être conservé, résultant en un échantillon d'étude de 19858 individus, dont 14928 dans la zone 25-39, 1513 dans la zone 01 et 3417 dans la zone 52-70-90, soit une nette majorité d'animaux de la zone Doubs-Jura (environ 75%).

Le **test du chi2** présentait une p-value de 8,66e-5 (p-value<0,05), entraînant un rejet de l'hypothèse "H0" ("les deux variables son indépendantes"), permettant donc de conclure à un **lien statistique entre les variables** CAS (Atteint ou non de SLI de grade 2 ou 3) et Departement_Regroupe au sein de l'échantillon. Ce lien se caractérise notamment par une sous-représentation des Atteints dans la zone 25-39, et au contraire une sur-représentation de ceux-ci dans la zone 52-70-90.

Concernant la **régression logistique** et en prenant la zone 25-39 pour référence, les résultats étaient très significatifs (au seuil de 1%, p-value<0,01) sauf pour zone 01 (pas de différence de risque de SLI significative entre les animaux de cette zone et ceux de la zone 25-39). Les animaux de l'échantillon issus de la **zone 25-39** présentent ainsi une probabilité d'être atteints de SLI de grade 2 ou 3 de **6,4%** (avec un intervalle de confiance à 95% de [6,4 ; 7,3]). En comparaison, les animaux de la **zone 52-70-90** affichent un **odds-ratio de 1,34** (intervalle de confiance à 95% : [1,17 ; 1,54]), soit un risque significativement augmenté de présenter une SLI 2 ou 3.

On conclut de cette analyse que les résultats vont **dans le sens d'une variabilité du risque d'être atteint d'une SLI en fonction de la zone géographique**, ce qui corrobore la variabilité des incidences au sein des différentes zones observée plus tôt dans les résultats de l'analyse univariée. En outre, cette différence significative de risque irait dans le sens inverse à celui des impressions de terrain, avec des **animaux plus touchés dans les départements de plaines** caractérisés notamment par une conduite plus souvent en bâtiment. Cependant les effectifs bien plus faibles dans ces départements de plaine dans la base de données Umotest (composée d'élevages à 90% ou plus Montbéliards) **limitent fortement l'interprétation** que l'on peut en faire en augmentant le risque de biais. Il en reste que derrière cette variabilité du risque liée à la zone géographique peut cacher de nombreux autres facteurs intervenant dans cette différence de risque.

3- Effet de l'âge

L'hypothèse d'un risque de SLI 2 ou 3 lié à **l'âge de l'animal** a été testé à partir de la BDD UMOTEST. 7,7% des individus ont été exclus en raison d'une absence d'informations concernant leur date de naissance (et donc leur âge au moment du parage). Restait alors **une population d'étude** de 18 326 animaux dont 1 243 (6,8%) atteints de SLI 2 ou 3.

Malgré une moyenne d'âge très légèrement supérieure pour les animaux atteints (5,16 ans contre 5,09 chez les sains), le test de comparaison des moyennes (test de Welch) révèle une p-value>0,05 (0,182) signe **d'une absence de différence significative** entre les moyennes des deux groupes (atteints et sains).

De même la régression logistique **ne permet pas de conclure à une influence statistiquement significative de l'âge** sur la probabilité d'être atteint de SLI 2 ou 3 en raison d'une p-value>0,05 (0,234). Ceci ne permet donc pas d'appuyer l'hypothèse soulevée par l'étude bibliographique et les retours de terrain d'un risque de lésions de la corne (et dans ce cas de SLI) augmentant avec l'âge.

4- Effet des index de santé podale

a) Index de synthèse (STPI, SLI*, SLM)

Le potentiel **effet des différents index de synthèse de santé podale** a été testé à partir de la BDD UMOTEST. Environ 18% des individus ont été exclus en raison d'une absence de valeurs pour ces index. Restait alors une population d'étude de l'effet de ces index de

16285 animaux. On rappelle que dans cette étude l'acronyme de l'index de synthèse des lésions infectieuses est noté avec une astérisque pour le différencier de celui de seime longitudinale interne. Les résultats ont été les suivants :

- **Absence d'association significative** (au seuil de 5%) **entre le statut vis-à-vis de la SLI et la valeur de l'index STPI**, que ce soit par comparaison des moyennes (test de Student) ou régression linéaire (p-value=0,361).
- Présence d'une **association très significative** (au seuil de 0,1%) **entre le statut vis-à-vis de la SLI et la valeur de l'index de synthèse des lésions mécaniques (SLM)** (p-value=0,000418 pour le test de Student, et p-value=0,00042 pour la régression linéaire). Le calcul de l'odds-ratio met en évidence un effet protecteur de cet index. Chaque augmentation de 1 point de l'index est associée à une diminution estimée de 4,9 à 16,3% (avec intervalle de confiance à 95%) des *odds* d'être atteint de SLI, ce qui, compte tenu de la faible prévalence (<10%), correspond approximativement à une réduction similaire du risque.
- Présence d'une **association significative** (au seuil de 5%) **entre le statut vis-à-vis de la SLI et la valeur de l'index de synthèse des lésions infectieuses (SLI*)** (p-value=0,02046 pour le test de Welch, et p-value=0,0261 pour la régression linéaire). Le calcul de l'odds-ratio met en évidence un effet délétère de cet index vis-à-vis de la SLI, chaque augmentation de 1 point de l'index étant associée à un risque d'être atteint de SLI augmenté de 0,9 à 15%, avec un intervalle de confiance à 95%.

b) Index élémentaires

Les index élémentaires, qui composent les index de synthèse précédemment cités, renseignent sur la résistance génétique à une lésion bien spécifique. Ils ont été testés de la même manière que les index de synthèse.

L'hypothèse qui assimile la SLI à une forme d'ouverture de la ligne blanche (OLB) ne se vérifie pas ici, car nous ne constatons **pas de lien significatif au seuil de 5% entre l'index OLB et le statut vis-à-vis de la SLI** (p-value de 0,1017>0,05 et de 0,102>0,05 respectivement pour le test de Student et la régression linéaire). Pourtant **des liens ont été mis en évidence** par test de Student (ou de Welch) et régression **linéaire entre le statut SLI et les autres index élémentaires "mécaniques"**. Le lien le plus fort est constaté entre l'index concernant la **rotation de l'onglon (RO)** et le statut SLI. Chaque augmentation de 1 point de l'index RO est associée à une baisse de 28,7% (entre 19,5 et 36,8% selon un intervalle de confiance à 95%) des *odds* d'être atteint de SLI. Les index concernant d'autres lésions mécaniques, à savoir l'**ulcère de la sole (US)** et les **bleimes circonscrites (BLC)** et **diffuses (BLD)**, sont également **protecteurs**, avec une baisse des *odds* de respectivement, 24,7% ([8,7-32,8%]), 21,7% ([13,5-34,4%]), et 17% ([3,6-28,6%]) quand l'index augmente de 1 point.

Le fait que l'incidence de la SLI soit peu corrélée à l'index OLB pourrait laisser penser qu'il s'agit sans doute de 2 déterminismes assez différents.

Concernant les index élémentaires "**infectieux**", **un lien significatif est trouvé entre les index limace (LM) et érosion du talon (ER)** et le statut SLI. Les *odds* de déclarer une SLI

sont respectivement **augmentées** de 27,5% ([8,8%-49,7%]) et 17,8% ([1,2-37,4%]) quand les index LM et ER augmentent de 1 point (résistance accrue à la limace et à l'érosion du talon). Aucun lien n'est constaté avec l'index de la dermatite digitale (DER) au seuil de 5% (p-value de 0,06 au test de Student et de 1,872 au test de régression linéaire).

Ces constats poussent à **s'interroger sur la capacité actuelle à sélectionner indirectement la résistance à la SLI** et sur l'intérêt de **proposer à terme un index spécifique**. En effet, l'index STPI étant l'index le plus utilisé actuellement par les éleveurs pour sélectionner sur la qualité du pied, l'absence de corrélation statistique entre la valeur de cet index et le risque de SLI signifierait que l'utilisation actuelle de cet outil ne permettrait pas d'améliorations sur la résistance à la SLI. De plus, malgré la corrélation positive mise en évidence entre index SLM et risque diminué de SLI, cet effet reste limité en pratique car plusieurs générations peuvent être nécessaires pour une variation significative de l'index et donc atteindre la diminution du risque de SLI espérée. Même si certains liens sont établis avec des index élémentaires (rotation de l'onglon et ulcère de la sole en particulier), leur poids dans l'index SLM (comptent en race Montbéliarde pour respectivement 10 et 30% de l'index, voir Annexe 1) est insuffisant pour obtenir une sélection efficace sur la résistance à la SLI.

IV- Discussion

1- La SLI, une lésion pas si secondaire

Les résultats d'incidence de la SLI précédemment exposés témoignent d'une **fréquence d'apparition de cette lésion non négligeable** dans les départements concernés par l'étude (Doubs, Ain, Haute-Marne, Haute-Saône, Territoire de Belfort et Jura). Cette observation semble donc corrélée avec les impressions de terrain qui avaient motivé cette étude. On peut décrire cette importance grâce à plusieurs résultats majeurs :

Tout d'abord, cette lésion **concerne une vaste majorité des élevages** de l'échantillon. Parmi les cheptels parant chaque année un panel suffisamment large d'animaux pour disposer de données fiables concernant la santé podale du troupeau, près de 90% présentent au moins 1 nouveau cas de SLI de grade 2 ou 3 dans l'année. Ceci place selon cette étude la SLI au niveau de certaines des lésions sources de boiteries répandues sur le plus grand nombre d'élevages, telles que les ulcères de la sole ou les ouvertures de ligne blanche de grade 3.

Lorsqu'on s'intéresse à **l'échelle animale** et au **nombre d'animaux concernés** par cette lésion au sein de l'échantillon, les résultats sont de nouveau non négligeables avec chaque année (sur la période 2021-2024), que ce soit parmi les vaches présentes dans les troupeaux « faibles pareurs » ou parmi les vaches (présentes ou parées) des troupeaux forts pareurs, autour de 7% des animaux ayant eu au moins une SLI 2 ou 3. Ces chiffres, quoiqu'inférieurs à ceux d'incidence annuelle à l'échelle individuelle calculées pour d'autres lésions sources de boiterie, témoignent tout de même d'une forte présence de la SLI.

La **comparaison des incidences de la SLI avec les autres lésions sources de boiterie est cependant discutable**, car la définition actuelle d'une SLI de grade 2 correspond à une lésion qui ne fait pas forcément boiter. Pour approcher une évaluation du taux de boiteries à partir de ces lésions, il serait d'abord nécessaire de passer par une évaluation plus fine du risque de boiteries pour chaque note de gravité (que ce soit pour la SLI ou pour les autres

lésions) ou de travailler à partir des soins pratiqués, en particulier des talonnettes posées (qui sont enregistrées dans les données de parage). La limite de cette dernière méthode est qu'elle ajouterait un nouveau biais aux données (le type de soin mis en place dans une situation pouvant être très variable en fonction du pareur).

3 modèles supplémentaires auraient également pu être envisagés pour étudier l'épidémiologie de la SLI :

- Incidence des SLI avec **tous les niveaux de gravité** (note 1 incluse, contrairement à ce qui a été fait dans notre étude)
- Incidence des **seimes toutes confondues** (SLI, SLE, SC) pour permettre l'analyse d'un échantillon moins limité et ainsi avoir une représentation géographique plus large de leur incidence. La limite évidente de cette méthode est que les différents types de seimes ont une physiopathologie propre, pouvant conduire à une épidémiologie et des facteurs de risque bien différenciés.
- **Incidence fusionnée des SLI et des OLB**, afin d'analyser les lésions de la muraille interne dans leur ensemble (bien que la plupart des OLB concernent la muraille externe)

Concernant les analyses d'incidence, une **quatrième échelle d'analyse** (s'ajoutant aux échelles individuelle, intra-troupeau et inter-troupeau) pourrait compléter les conclusions épidémiologiques déjà établies : **l'échelle anatomique**. Cette échelle permettrait d'estimer le risque relatif de chaque pied d'être atteint, et ainsi explorer la fréquence supposée non négligeable des SLI touchant les membres antérieurs, qui expliquent en partie les difficultés liés à cette lésion (parage moins systématique des membres antérieurs, forte influence sur la genèse de boiteries, difficulté augmentée de parage curatif de lésions sur les ongles antérieurs). Néanmoins cette analyse est limitée par le besoin pour être fiable de ne se focaliser que sur des élevages parant systématiquement les 4 pieds.

Une autre limite majeure à l'ampleur de l'analyse d'incidence de la SLI entreprise dans cette étude reste à évoquer. La volonté d'analyser la situation à une échelle régionale (et plus) nous a fait rencontrer des problèmes **d'harmonisation et d'accès aux données**, et cela malgré les efforts existants pour tenter d'homogénéiser la définition des lésions à plus ou moins grande échelle (Comité technique des boiteries, ICAR). Ainsi, près de la moitié des données Umotest n'ont pas pu être valorisées parce que les seimes sont stockées de manière non différenciée dans les bases de données (parfois malgré un enregistrement fait à l'origine par le pareur de manière différenciée). Pour une meilleure analyse de ces lésions et une meilleure valorisation des données enregistrées par les pareurs, il serait judicieux que les SLI, SLE et SC ne soient plus fusionnées par les organismes assurant le stockage des données. L'existence de données centralisées comme celle d'Umotest a permis de gagner du temps, mais nous a restreints aux animaux de race Montbéliarde (les données concernant les autres races n'étant pas conservées). Il pourrait être intéressant d'analyser la situation d'autres races (laitières mais aussi allaitantes) de manière plus complète que nous l'avons fait ici, avec les données GEN'IAtest. Mais cela nécessiterait d'aller à la source des données

(organismes collecteurs) et de trouver des données fiables et comparables concernant le nombre de vaches présentes (et ne dépendant pas que du contrôle laitier). Cette étude aura néanmoins déjà eu cela de bénéfique de mettre un peu plus en lumière les **contraintes pouvant restreindre l'utilisation des données enregistrées**.

Concernant **l'enregistrement de ces données sur le terrain, des biais existent** encore malgré l'existence de définitions standardisées. La différenciation entre une note de gravité ou une autre, une lésion ou une autre, ou le simple repérage d'une lésion ou non, sont grandement dépendant de l'interprétation du pareur et de ses compétences, ce qui entraîne une grande variabilité dans l'enregistrement des lésions. A cela s'ajoute une tendance à enregistrer uniquement les lésions les plus sévères observées sur un animal, et non la totalité des lésions repérées. Cette pratique peut évidemment se justifier dans un contexte de traitement des boiteries sur le terrain, mais participe à limiter la justesse de ces données de parage pour représenter l'épidémiologie réelle des différentes lésions podales.

2- Variabilité d'atteinte des cheptels et possible importance d'un effet « milieu »

Au sein des troupeaux, les résultats d'incidence **intra-troupeaux** obtenus témoignent d'une **forte variabilité des atteintes**, entre des troupeaux pas ou très peu concernés par la lésion, et d'autres chez qui la lésion atteint près de 25% des individus parés dans l'année. Ces résultats corroborent les résultats d'autres études, notamment celle de Fiedler et al., qui relevait une atteinte variable des troupeaux au moment de leur abattage avec des valeurs de prévalence intra-troupeau allant jusqu'à 21,7% des animaux atteints de SLI pour un troupeau de Simmental (Fiedler et al. 2019). Néanmoins cette dernière étude portait sur des mesures de prévalence et non d'incidence, et surtout concernait les SLI toutes notes comprises (et non seulement 2 et 3). Ceci rend les chiffres obtenus dans notre étude en ne se focalisant que sur l'occurrence de SLI relativement sévères d'autant plus notables.

En outre, ces observations, en plus d'appuyer l'importance de cette lésion au moins dans une part des élevages de l'échantillon, témoigne surtout d'un **possible fort effet du milieu** sur l'apparition de la SLI. Que ce soit via des contraintes purement environnementales (climat, sol...), via un facteur génétique, en lien avec la routine de parage mise en place dans l'élevage, ou plus probablement par une somme de plusieurs de ces facteurs, le rôle du milieu dans la variabilité des incidences intra-troupeau et l'action concrète de ces différents facteurs sur la genèse de cette lésion méritent d'être explorés.

Afin d'explorer plus précisément cette variabilité des conduites d'élevage qui pourraient corrélérer avec la variabilité des atteintes, **l'analyse des routines de parage** pourrait avec plus de temps disponible être **plus poussée** (analyse de toutes les catégories y compris celles prenant en compte le nombre de chantiers et le pourcentage de "4 pieds"). Cela pourrait permettre de mieux donner à voir la variété des routines de parage existant dans la zone d'étude, ainsi que les différences entre les élevages d'une typologie ou d'une autre, notamment ceux parant la globalité du troupeau mais de manière fractionnée tout au long de l'année, et ceux réalisant un unique chantier d'entretien annuel.

En lien avec la variabilité des conduites au sein de l'échantillon, le type d'analyse menée ici présente certains biais et certaines limites exposées dans la partie précédente. Par rapport aux différentes études menées au sein de cheptels présélectionnés, et définis par des paramètres précis (routines de parage fixées, type d'élevage unique), l'étude que nous avons menée sur un **lot de données vaste et diversifié** présente certaines difficultés de mise

en place. On citera notamment l'impossibilité de définir les cas de SLI avec la rigueur et la précision des définitions proposées par Casellato (Casellato 2024) : impossibilité de juger les cas et les témoins au regard de leurs antécédents sur une lactation donnée, impossibilité de disposer de parages suffisamment fréquents (à J28 et J75 après lésion) pour déterminer de l'existence ou non d'une guérison et d'un cas récurrent....

Cependant l'étude telle qu'elle a été menée sur des bases de données larges permet de couvrir un grand nombre de systèmes différents. Et pour pallier les limites citées et les risques de biais (variété des routines de parage, vaches parées de façon irrégulières...), nous avons dû mettre en place un certain nombre d'étapes, notamment la description des routines de parage via 3 variables créées. Cette étude bien que perfectible présente donc des solutions pour permettre **l'analyse rigoureuse d'un jeu de données large et non standardisé**.

3- Des pistes de facteurs de risque potentiels mais une exploration qui reste à faire

L'analyse menée sur certains facteurs de risque potentiels a notamment permis de souligner le **possible effet « race »** concernant la sensibilité à la SLI. Cependant ces résultats obtenus par analyse bivariée sont largement à nuancer, du fait des nombreux autres facteurs extérieurs notamment relatifs à la conduite d'élevage qui peuvent différer en fonction des races des vaches (présence d'un probable fort effet « troupeau » pouvant masquer le réel effet « race »). De plus, si la Prim'Holstein semble être moins touchée par rapport à la Montbéliarde, il pourrait être intéressant d'analyser la situation dans d'autres races bovines (problème de SLI notamment partagé dans un élevage néo-zélandais avec des vaches kiwis (croisement jersiaise – frisonne pie-noir) (Stéphane Rossignol, communication personnelle, 2025)).

De même, la possibilité d'un effet liée à la **zone géographique** a été entrevue dans les résultats de l'analyse bivariée mais est difficilement interprétable pour le moment, d'abord parce que les analyses des deux bases de données (GEN'IAtest et Umotest) ne semblent pas pointer dans la même direction, mais aussi parce que dans ces différences entre les zones peuvent intervenir nombre de facteurs différents (conditions pédoclimatiques, variabilité des types d'élevage, des races bovines majoritaires, des types d'alimentation, de logement...) qu'il convient d'analyser séparément.

Du côté des **index de santé podale**, des effets protecteurs ou au contraire délétères de certains index vis-à-vis de la présence de SLI ont pu être calculés. Pour une analyse plus complète de ces résultats, il convient cependant de s'interroger sur les liens biologiques qui pourraient expliquer l'existence de ces liens statistiques entre des index de résistance à différentes liaisons et la SLI, ce qui au premier abord ne semble pas évident (pourquoi l'index de l'OLB, dont la physiopathologie aurait pu être considérée proche de la SLI, n'a-t-il pas d'effet significatif concernant le risque de SLI, contrairement aux index des autres lésions mécaniques?). Par ailleurs il serait judicieux de mettre en parallèle cette étude des liens entre les différents index et la présence de SLI, à une analyse supplémentaire qui s'intéresserait directement aux lésions, et aux corrélations possibles entre présence d'une lésion donnée et de SLI. Néanmoins, si cette étude des index de santé podale nécessite encore du travail pour être mieux interprétable, il reste tout de même que **l'absence de corrélation statistique entre l'index STPI** (l'index de santé podale le plus souvent utilisé en pratique lors des choix des reproducteurs) **et la présence de SLI** témoigne d'un travail qu'il

reste à faire pour disposer de solutions pour lutter contre la SLI sur le plan génétique.

Outre ces facteurs abordés par l'analyse bivariée, la bibliographie et les calculs d'incidences ont permis de souligner de **nombreux autres facteurs** de risque potentiels qui mériteraient d'être explorés.

Concernant l'**analyse du génome** des vaches atteintes de SLI et de leur contemporaines saines menée à l'INRAE par Aurélien Capitan (*cf.* I-D de la partie étude personnelle et Annexe 3), l'approche d'un potentiel effet du génotype *via* une cartographie génétique n'a pas dégagé de résultats concluants. Cette étude était basée sur la recherche d'une tare génétique, et donc d'un faible nombre de gènes en cause. Néanmoins, au regard du possible effet génétique lié au développement de la SLI suggéré par notre étude, il pourrait être envisagé que la sensibilité à la SLI ne soit pas exprimée comme une tare génétique associée à un locus significatif, mais comme liée à un déterminisme polygénique. La mise en évidence d'un tel effet par cartographie génétique aurait nécessité un nombre bien plus important de génotypes d'animaux atteints de SLI.

Plus globalement, les principales pistes d'extension des analyses faites dans cette étude se situent au niveau des facteurs de risque potentiels. En effet, la préparation de cette étude a demandé la sollicitation de nombreux intervenants (CEL, Montbéliarde Association, pareurs) et la récupération d'un **grand nombre de données individuelles ou de troupeau** associées à des hypothèses de facteurs de risque de SLI qui n'ont **pas encore été analysées**.

Les **index génétiques** concernant la santé podale ont notamment été sondés, mais le fort taux de génotypage en région Montbéliarde et la quantité de données extraites pourraient permettre l'analyse d'autres index, concernant notamment le **déficit énergétique** (index acétonémie), la **production** (index lait) ou encore l'**état corporel** des bovins (notes de pointage phénotypiques).

En cas de confirmation d'une variabilité forte de l'incidence de la SLI en fonction des zones géographiques ou des mois, une analyse d'un possible impact des **conditions météorologiques** (température, taux d'humidité) avait également été envisagée. Cet axe d'étude demanderait néanmoins de prendre en compte au préalable la saisonnalité des parages et des vêlages dans les différents élevages, qui pourraient altérer la perception d'un risque augmenté de SLI en fonction des saisons ou du climat.

L'effet direct des **pratiques de parage** sur le risque de SLI serait sans doute difficile à analyser, car il nécessiterait l'analyse de l'évolution des animaux suivis par un même pareur.

Enfin, il serait envisageable de prolonger les analyses faites dans cette étude et de sonder des hypothèses n'ayant pas été explorées (notamment concernant l'alimentation ou les logements, qui sont difficilement analysables par le biais des données des CEL) en menant une **étude plus poussée des systèmes** au sein des élevages les plus touchés par la SLI et de ceux plutôt épargnés (**étude "cas-témoin"**).

La suite logique qui avait d'abord été envisagée dans cette étude, serait de soumettre les différents facteurs de risque potentiels précédemment cités et explorés par analyse bivariée à une **analyse multivariée**, afin de s'affranchir des effets de divers facteurs qui peuvent parfois se superposer ou se masquer, et définir de réelles hypothèses soutenues statistiquement de facteurs de risque de SLI.

Conclusion

Cette étude a permis d'estimer l'incidence de la seime longitudinale interne (SLI) chez les bovins dans l'Est de la France entre 2021 et 2024, à différentes échelles (animal, inter-troupeau, intra-troupeau), et d'identifier des facteurs potentiellement associés à son apparition.

Les résultats confirment les impressions des pédicures quant à l'importance non négligeable de cette lésion dans cette région, en raison de sa dispersion dans un grand nombre d'élevages, de son incidence parfois élevée dans certains cheptels, et de sa fréquence marquée parmi les lésions sources de boiteries. Alors que la SLI était jusqu'à présent considérée comme secondaire car peu fréquente, ces résultats soulignent l'intérêt d'analyser l'incidence des lésions podales, non pas parmi l'ensemble des lésions enregistrées, mais en ciblant spécifiquement celles susceptibles d'induire des boiteries et d'avoir un impact concret en élevage. Par ailleurs, cette étude met en lumière la nécessité de continuer à enregistrer la SLI de manière distincte, sans la regrouper avec les autres types de seime.

Concernant les causes possibles de la SLI, si l'effet génétique semble se manifester à plusieurs niveaux (effet « race », variabilité et lien avec les index génomiques au sein des animaux de race Montbéliarde), l'influence des pratiques d'élevage, voire des conditions météorologiques, apparaît également très probables au vu de la variabilité de l'incidence intra-troupeau et du pic d'incidence observé en période estivale.

Ces travaux ouvrent enfin plusieurs perspectives pour approfondir l'identification des déterminants de cette lésion. Une analyse plus poussée des facteurs de risque pourrait être envisagée en utilisant des modèles multivariés ou en réalisant des études de type cas-témoins, comparant les pratiques d'élevage et les caractéristiques des animaux des cheptels les plus touchés à celles des cheptels les moins affectés. A plus long terme, l'intégration de la SLI dans les index génomiques de la race Montbéliarde pourrait également être envisagée.

Bibliographie

Alsaad M., Weber J., Jensen T., Brandt S., Gurtner C., Devaux D., Studer E. & Steiner A., 2022. "Non-healing" claw horn lesions in dairy cows: Clinical, histopathological and molecular biological characterization of four cases. *Front. Vet. Sci.* 9:1041215. doi: 10.3389/fvets.2022.1041215

Astarotta L., 2024. Biomécanique du pied de bovin : état des connaissances en vue de la réalisation de modèles destinés à l'enseignement. *VetAgro Sup. Sciences du Vivant [q-bio]*. 2024. dumas-04485714

Aubineau T., Dassé B., Duvauchelle Waché A., Gervais A. & Martin M., 2025. Facteurs de risque liés au bâtiment. *Boiterie Des Bovins [en ligne]*. 2025. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : <https://www.boiteries-des-bovins.fr/batiment/>

Bicalho RC., Machado VS. & Caixeta LS., 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.* 2009 Jul;92(7):3175-84. doi: 10.3168/jds.2008-1827

Bonnefoy JM., 2009. Reconnaître et traiter les maladies du pied chez les bovins. *Bulletin des GTV*, 50, 23-38. [Consulté le 03 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://www2.sngtv.org/article_pdf/22683/

Browne N., Hudson CD., Crossley RE., Sugrue K., Huxley JN. & Conneely M., 2022. Hoof lesions in partly housed pasture-based dairy cows. *J. Dairy Sci.* 105, 11, 9038 – 9053. Disponible à l'adresse : [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(22\)00551-3/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(22)00551-3/fulltext)

Budras KD. & Habel RE, 2003. *Bovine Anatomy: An Illustrated Text*, 1st editio. ed. Prof. Dr. Klaus-Dieter Budras ; Institut für Veterinär-Anatomie, Freie Universität Berlin ; pp 24-27.

Casellato A., 2024. Last cow in the crush... is the work ending or starting? From claw trimming to identify the herd problem: working with data. *22nd International Symposium and 14th International Conference on Lameness in Ruminants.* ; 2024:73-80.

CDIC (Canadian Dairy Information Center), 2020. Culling and replacement rates in dairy herds in Canada [en ligne]. [Consulté le 26 octobre 2025]. Disponible à l'adresse : <https://agriculture.canada.ca/en/sector/animal-industry/canadian-dairy-information-centre/statistics-market-information/dairy-animal-genetics/culling-replacement>

DeFrain JM., Socha MT., Tomlinson DJ, 2013. Analysis of foot health records from 17 confinement dairies. *J Dairy Sci.* 2013;96(11):7329-7339. doi:10.3168/jds.2012-6017

Delacroix M., 2025. Anatomie interne - Schéma 1 : Anatomie interne de l'onglon (inspiré de S. Mason). *Boiterie Des Bovins [en ligne]*. 2025. [Consulté le 10 août 2025]. Disponible à l'adresse : <https://www.boiteries-des-bovins.fr/anatomie-interne-du-pied/>

Delacroix M. & Gervais F., 2025. Anatomie du pied. Boiterie Des Bovins [en ligne]. 2025. [Consulté le 30 janvier 2025]. Disponible à l'adresse : <https://www.boiteries-des-bovins.fr/anatomie-du-pied/>

Delacroix M., Schelcher F. & Prodhomme J., 2015. Définitions illustrées des lésions des onglons et de leurs degrés de gravité. Bulletin des GTV, 79, 55-68. [Consulté le 10 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www2.sngtv.org/article_pdf/24029/

Delacroix M. & Prodhomme J., 2025. Reconnaître et gérer les lésions. Boiterie Des Bovins [en ligne]. 2025. [Consulté le 30 janvier 2025]. Disponible à l'adresse : <https://www.boiteries-des-bovins.fr/reconnaitre-et-gerer-les-lesions/>

Duvauchelle Waché A. & Relun A., 2021. Grille de notation des lésions podales selon leur sévérité. IDELE. [en ligne]. 16 mars 2021. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : <https://idele.fr/detail-article/grille-de-notation-des-lesions-podales-selon-leur-severite-1>

Fiedler A., Kröger C., Grimm K., Höfler R., Nüske S., Maierl J. & Stock KF., 2019. Axial horn fissures – a holistic approach. 20th International Symposium and 12th International Conference on Lameness in Ruminants. Tokyo, Japan, pp. 153-156.

Fortineau O. & Guatteo R., 2009. Impact de l'alimentation sur la santé des pieds des bovins. Bulletin des GTV, 50, 59-63. [Consulté le 03 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://www2.sngtv.org/article_pdf/22689/

Franck A., Cocquyt G., Simoens P. & De Belie N., 2006. Biomechanical Properties of Bovine Claw Horn. Biosyst Eng. 2006;93(4):459-467. doi:10.1016/J.BIOSYSTEMSENG.2006.01.007

Galmiche M., 2018. Description des lésions podales des bovins laitiers suite au parage fonctionnel et identification de facteurs de risque métaboliques et alimentaires. Thèse de doctorat vétérinaire. Oniris; 2018. 124 p.

Geniatest, 2024. La sélection Montbéliarde – janvier 2024. [Consulté le 11 novembre 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.geniatest.com/assets/files/GENIASSELECT_MO/web-compressed-GEN%27IASSELECT-MONTBELIARDE-janvier-2024.pdf

Greenough PR, 2007. Bovine Laminitis and Lameness. A Hands-on Approach. 1ère édition. Saunders Elsevier, 311p. doi :10.1016/B978-0-7020-2780-2.X5001-0.

Griffiths BE., Barden M., Anagnostopoulos A., Bedford C., Higgins H., Psifidi A., Banos G. & Oikonomou G., 2024. A prospective cohort study examining the association of claw anatomy and sole temperature with the development of claw horn disruption lesions in dairy cattle. J Dairy Sci. 2024;107(4):2483-2498. doi:10.3168/jds.2023-23965

Guatteo R., 2022. Pathologie de l'appareil locomoteur des ruminants, Polycopié d'enseignement ONIRIS, UE N281, 91 pp.

Guatteo R., Lamandé M. & Wache A., 2017. Nécrose de la pince : causes possibles et perspectives de traitement. Synthèse Elevage. [en ligne] 20 juin 2017. [Consulté le 17 août

2025]. Disponible à l'adresse : https://www.syntheseeelevage.com/media/necrose_de_la_pince_raphael_guatteo_027235800_1150_20062017.pdf

ICAR, 2015. Atlas ICAR Santé des onglons. ICAR [en ligne]. Juin 2015. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : <https://www.icar.org/Guidelines/07-Atlas-Claw-Health-Atlas.pdf>

ICAR, 2022. Section 7 : Functional traits. Guidelines for Claw Health Traits in Bovine. ICAR Guidelines, version May 2022. Disponible à l'adresse : <https://www.icar.org/Guidelines/07.4-Functional-traits-Claw-Health-Traits.pdf>

Karamaev S., Cumshewa N., Valitov K. & Karamaeva A., 2004. Biophysical qualities of the hoof horn and its influence on cows productive longevity. E3S Web of Conferences 175, 03021 (2020). Disponible à l'adresse : <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017503021>

Kofler J., Suntinger M., Mayerhofer M., Linke K., Maurer L., Hund A., Fiedler A., Duda J. & Egger-Danner C., 2022. Benchmarking based on regularly recorder claw health data of Austrian dairy cattle for implementation in the cattle data network (RDV). Animals. 2022. 12(7), 808; <https://doi.org/10.3390/ani12070808>

Kremer PV., Nueske S., Scholz AM. & Foerstery M., 2007. Comparison of claw health and milk yield in dairy cows on elastic or concrete flooring. J Dairy Sci. 2007;90(10):4603-4611. doi:10.3168/jds.2006-549

Larson L., Tomlinson D., Branine M., Mülling C., Döpfer D. & Edwards T., 2014. Cattle Lameness : Identification, Prevention and Control of Claw Lesions. Zinpro Corporation. 75pp.

Lensink J. & Leruste H., 2006. *L'observation du troupeau bovin*. Schémas de l'anatomie du pied de bovin. Schémas disponibles à l'adresse (site Boiterie Des Bovins) : <https://www.boiteries-des-bovins.fr/anatomie-externe-du-pied/>

Montbéliarde Association, 2021. Type racial et code race : Quelles différences ? [en ligne]. 10 mai 2021. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : <https://www.montbeliarde.org/type-racial-et-code-race-queelles-diff%C3%A9rences-en.html?year=2012>

Mülling CKM., Bragulla HH., Reese S., Budras KD. & Steinberg W., 2001. How Structures in Bovine Hoof Epidermis are Influenced by Nutritional Factors. Anatomia, Histologia, Embryologia. 2001. Vol. 28, n° 2, pp. 103-108.

Nocek JE., 1997. Bovine Acidosis: Implications on Lamnitis. Journal of Dairy Science. 1997;80:1005-28 ; [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76026-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76026-0)

Nouri M. & Helan JA., 2012. Clinical and Gross Pathologic Findings of Complicated Vertical Fissures with Digital Dermatitis in a Dairy Herd. Vet Res Forum. 2012 ; 3 (4) 291-5. www.vrfuuir.com

Nuss K., 2022. Sole Ulcer, in: Comparative Veterinary Anatomy. Elsevier, pp. 1169-1180. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-91015-6.00105-9>

Olechnowicz J. & Jaśkowski JM., 2011. Reasons for culling, culling due to lameness and economic losses in dairy cows. *Med Weter.* 67, 618-621.

Prompt J. & Faradji D., 2023. La génétique pour améliorer la santé des bovins – 1. La sélection génomique de la résistance aux lésions du pied. IDELE. [en ligne]. 22 mars 2023. [Consulté le 10 août 2025]. Disponible à l'adresse : <https://idele.fr/detail-article/replay-la-genetique-pour-ameliorer-la-sante-des-bovins>

Rajala-Schultz PJ. & Gröhn YT., 1999. Culling of dairy cows. Part I. Effects of diseases on culling in Finnish Ayrshire cows. *Prev. Vet. Med.* 41, 195-208. [https://doi.org/10.1016/S0167-5877\(99\)00046-X](https://doi.org/10.1016/S0167-5877(99)00046-X)

Randall LV., Green MJ., Chagunda MGG., Mason C., Archer SC., Green LE. & Huxley JN., 2015. Low body condition predisposes cattle to lameness: An 8-year study of one dairy herd. *J Dairy Sci.* 2015;98(6):3766-3777. doi:10.3168/jds.2014-8863

Relun A., Bareille N., Gervais F., Mounier L. & Guatteo R, 2017. Les relations entre confort du logement et boiteries en troupeau bovin laitier. *Le Nouv Prat Vétérinaire élevages santé.* 2017;9(36):42-50. doi:10.1051/npvelsa/36042

Rucker RB., Konosen T., Clegg M., Mitchell A., Rucker B., Uriuhare J. & Keen C., 1998. Copper, lysyl oxydase, and extracellular matrix protein cross-linking. *Am. J. Clin. Nutr.* 1998;67:996-1002. DOI:[10.1093/ajcn/67.5.996S](https://doi.org/10.1093/ajcn/67.5.996S)

Shearer JK., Van Amstel SR. & Gonzalez A., 2005. *Manual of Foot Care in Cattle. 1ère édition.* Fort Atkinson, Wisconsin : W.D. Hoard and Sons Company, 2005. Google Books-ID : BvFeo6pFnXUC

Solano L., Barkema HW., Mason S., Pajor EA., LeBlanc SJ. & Orsel K., 2016. Prevalence and distribution of foot lesions in dairy cattle in Alberta, Canada. *J Dairy Sci.* 2016;99(8):6828-6841. doi:10.3168/jds.2016-10941

Tarlton JF., Holah DE., Evans KM., Jones S., Pearson GR. & Webster AJF., 2002. Biomechanical and histopathological changes in the support structures of bovine hooves around the time of first calving. *Vet J.* 2002 Mar,163(2) :196-204. doi: 10.1053/tvjl.2001.0651.

Tomlinson DJ., Mülling CH. & Fakler TM., 2004. Invited review: formation of keratins in the bovine claw: roles of hormones, minerals, and vitamins in functional claw integrity. *J. Dairy Sci.* 2004 Apr;87(4):797-809. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(04)73223-3

Toussaint-Raven E., 1999. *Soins des onglons des bovins : Parage fonctionnel.* Alfred, Ontario : Ministère de l'agriculture et de l'alimentation de l'Ontario, 1999. 128p.

Van den Brink K., Santman-Berends I., Harkema L, Scherpenzeel C., Dijkstra E, Bisschop P, Snijders van der Burgwal N., Waldeck H., Dijkstra T, Holwerda M., Spierenburg M., Van den Brom R, 2024. Bluetongue virus serotype 3 in ruminants in the Netherlands: Clinical signs, seroprevalence and pathological findings. *VetRecord.* Aug 2024, Volume 195, Issue 4. Disponible à l'adresse : <https://doi.org/10.1002/vetr.4533>

Vermunt JJ. & Greenough PR., 1995. Structural characteristics of the bovine claw: Horn growth and wear, horn hardness and claw conformation. *Br Vet J.* 1995;151(2):157-180. doi:10.1016/S0007-1935(95)80007-7

Wang B., Yang W., McKittrick J. & Meyers MA., 2016. Keratin: Structure, mechanical properties, occurrence in biological organisms, and efforts at bioinspiration. *Progress in Materials Science.* 2016, Volume 76, p 229-318. Disponible à l'adresse : <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2015.06.001>

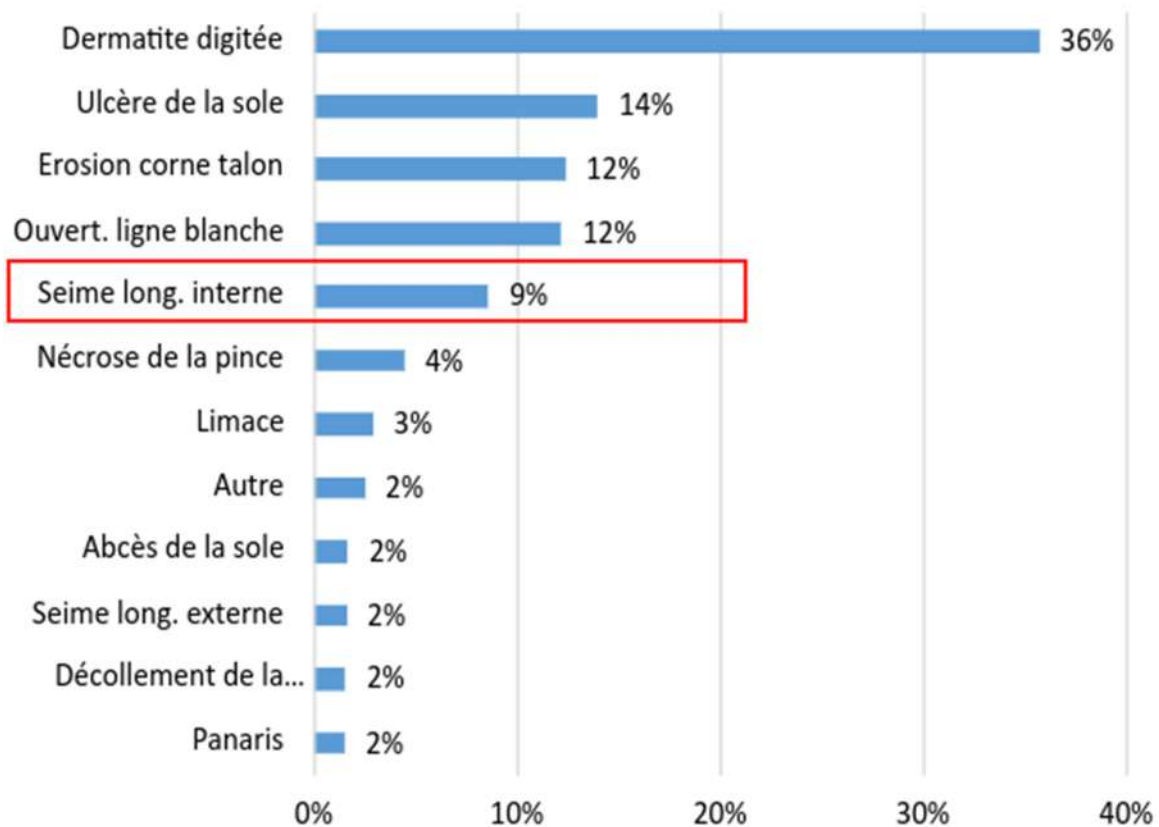
Webster AJF., 2002. Effects of housing practices on the development of foot lesions in dairy heifers in early lactation. *Vet Rec.* 2002;151(1):9-12. doi:10.1136/vr.151.1.9

Annexe 1 : Composition des différents index de synthèse de santé podale en race Montbéliarde (Geniatest 2024)



Annexe 2 :
Notes sur la seime longitudinale interne – Analyses
statistique interne des données de parage GEN’IAtest
(données du rapport du 13/02/2024 mis à jour le
11/06/2025 avec les données de la campagne 2023-2024)

Fréquence parmi les lésions observées lors du parage et
entraînant une boiterie franche (1er juillet 2023 au 30 juin
2024 - 12958 bovins)



Les chiffres correspondent au rapport entre le nombre de **lésions considérées comme sources de boiterie** enregistrées sur la période pour la lésion donnée, sur le nombre total de lésions sources de boiteries enregistrées. Les lésions sources de boiteries sont sélectionnées en fonction de la note de gravité selon le tableau présenté en Annexe 3.

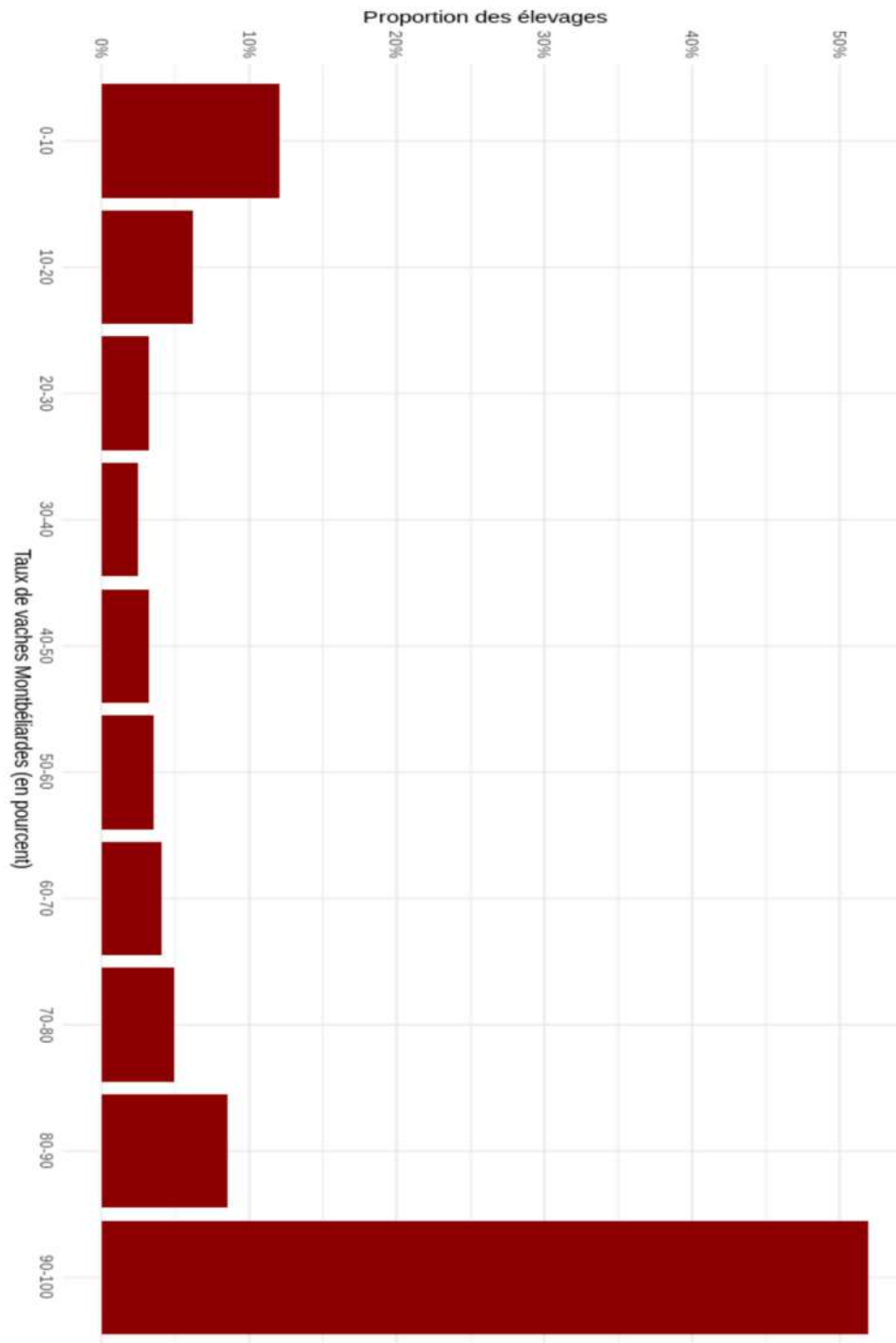
Annexe 3 :
Notes de gravité associées à un fort risque de boiterie
pour chaque lésion enregistrée par GENI'IAtest
(Anaël Cassard, selon des recommandations de Marc
Delacroix (Centre de Formation Agricole de Rennes- Le
Rheu), d'Innoval, et Kofler et al. 2022)

Nom de la lésion	Notes de gravité considérées
Cerise (intégrée aux Ulcères de la sole)	1,2 et 3
Bleime Circonscrite	Aucune
Concavité-cerclage de la muraille	Aucune
Bleime diffuse	Aucune
Rotation de l'onglon	Aucune
Décollement de la corne du talon	3
Plaie interdigitée	3
Seime cerclée	2 et 3
Fracture de la corne	3
Fistule du talon de l'onglon interne	1, 2 et 3
Panaris	1, 2 et 3
Décollement de la sole	3
Seime longitudinale externe	2 et 3
Abcès de la sole	1, 2 et 3
Autres	3
Limace	3
Nécrose de la pince	1, 2 et 3
Seime longitudinale interne	50% des 2 et 100% des 3
Ouverture de la ligne blanche	3
Erosion de la corne du talon	3
Ulcère de la sole	1, 2 et 3
Dermatite digitale	1 et 2

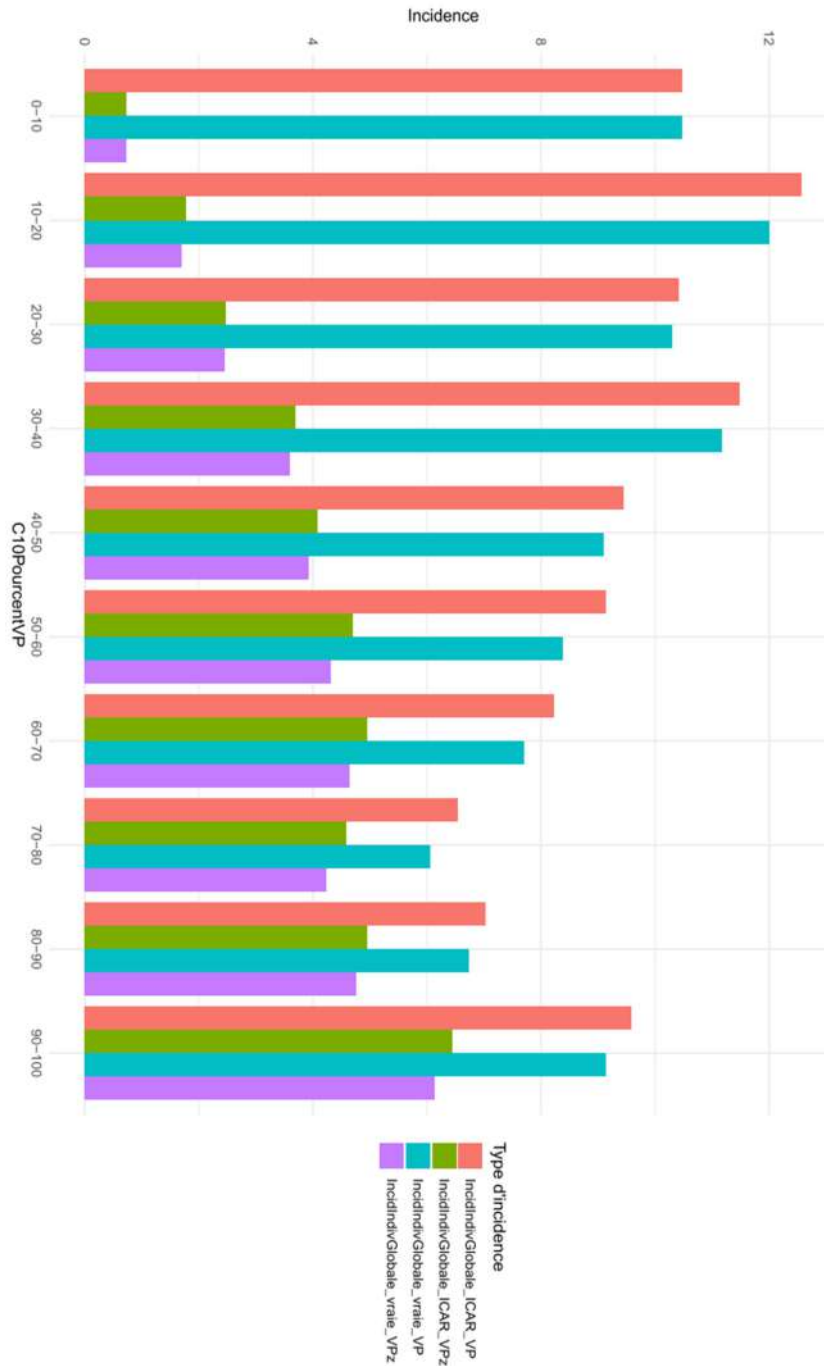
Annexe 4 :
**Critères d'inclusion et effectifs des animaux dans l'étude
de cartographie génétique des animaux atteints de seime
longitudinale interne (SLI) et de leurs contemporains
(selon Aurélien Capitan)**

- 5021 individus issus de la base de données GEN'IAtest selon les critères suivants :
 - Vaches génotypées
 - Primipares
 - Sélectionnées selon le résultat de leur premier parage enregistré
- DONT :
 - 220 Animaux **ATTEINTS**, soit :
 - Présentant un total des notes de SLI sur les 4 pieds ≥ 3 (dont 123 avec une note totale ≥ 4)
 - 4801 Animaux **SAINS**, soit :
 - Appartenant aux mêmes élevages que des Atteints
 - Ces SAINS présentent 405 animaux "**meilleurs contemporains**", c'est-à-dire :
 - Etant parmi les deux animaux sains nés à la date la plus proche d'un ATTEINT de leur élevage

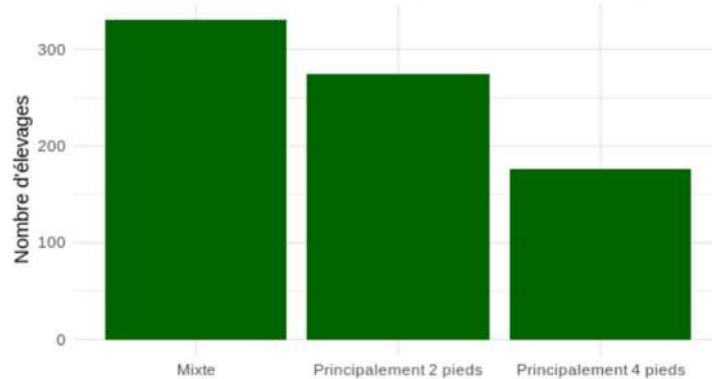
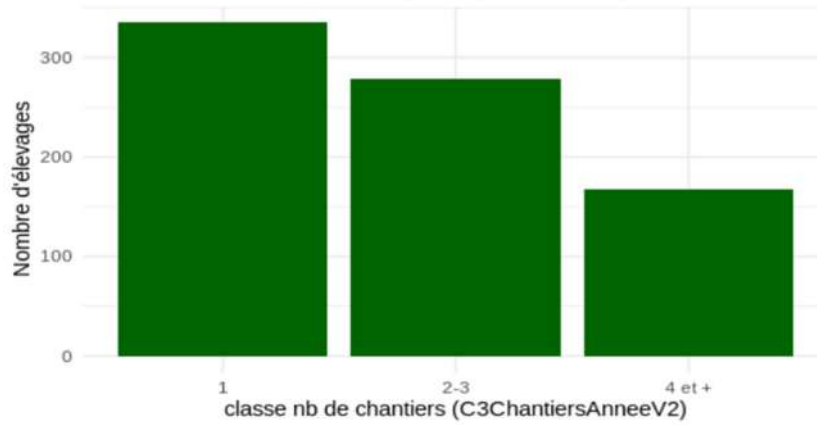
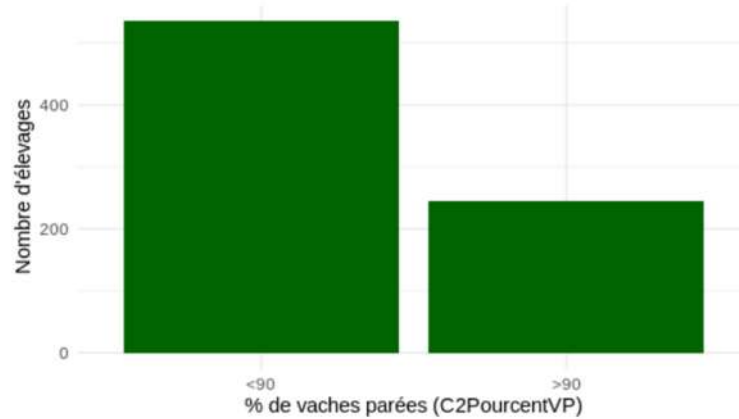
Annexe 5 :
Répartition des 3535 couples élevage-année de la BDD
Umotest selon leur de taux de Montbéliardes (avant tri
sur ce taux)



Annexe 6 :
Répartition des incidences de SLI à l'échelle individuelle
en fonction de sous-population tests définies par le taux
de vaches parées dans l'année ("C10PourcentVP",
définie par classes de 10%) (BDD UMOTEST)



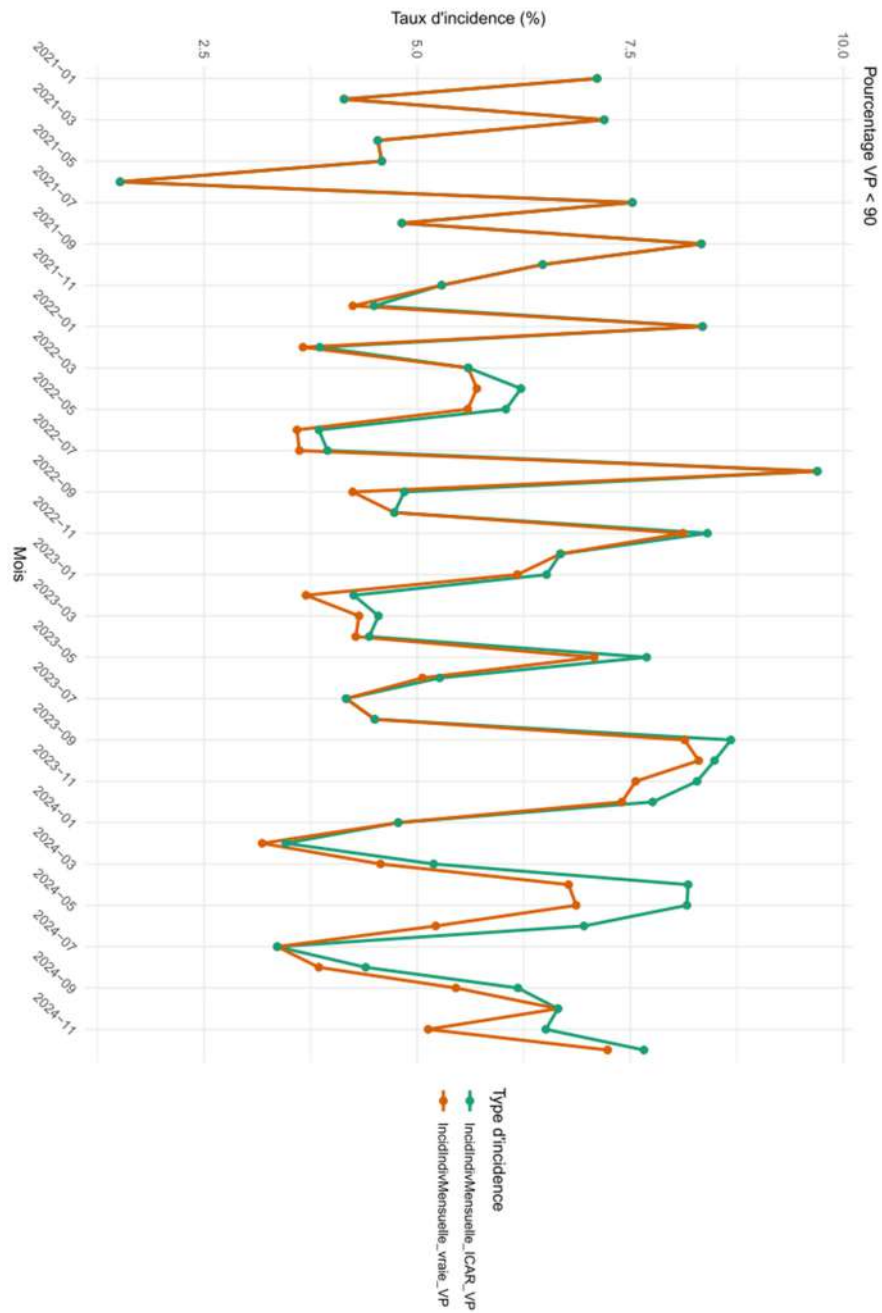
Annexe 7 :
Répartition des 780 couples cheptel-année de la BDD
UMOTEST en fonction des classes catégorisant les 3
variables de description des routines de parage, soit de
haut en bas : pourcentage de vaches parées
(C2PourcentVP), nombre de chantiers par an, et taux de
vaches parées des 4 pieds



Annexe 8 :
Répartition des 714 couples cheptel-année de la BDD
GENIATEST en fonction de leur typologie de routine de
parage (définie par 3 variables)

		>90%			<90%		
Var 1 : Pourcentage Vaches Parées							
Var 2 : Nombre de chantiers dans l'année		<u>1</u>	<u>2 ou 3</u>	<u>4 et +</u>	<u>1</u>	<u>2 ou 3</u>	<u>4 et +</u>
Var 3 : Pourcentage de parages des 4 pieds	Principalement 4 pieds (80-100%)	0	16	8	2	29	13
	Mixte (20-80%)	3	32	15	100	110	58
	Principalement 2 pieds (0-20%)	9	14	23	175	85	22

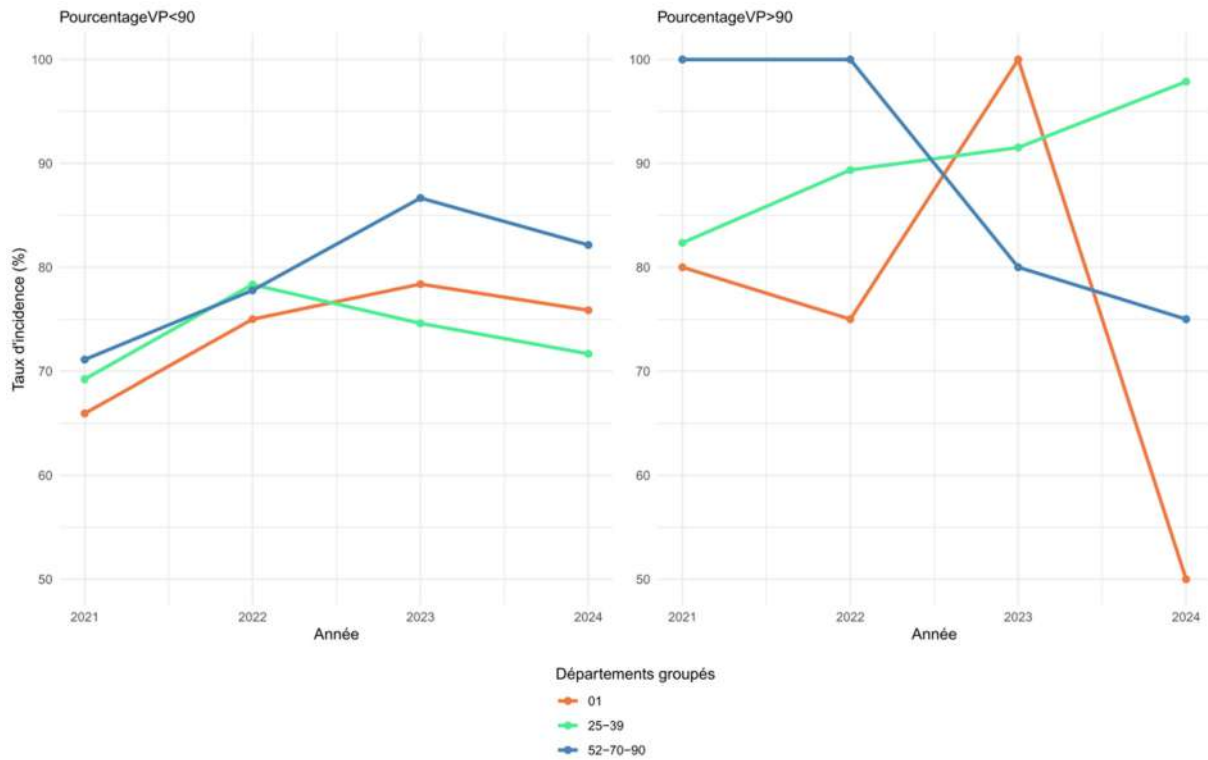
Annexe 9 :
Evolution des incidences mensuelles (ICAR et "vraie") à l'échelle individuelle des SLI de grade ≥ 2 sur la période de janvier 2021-décembre 2024 (Pourcentage VP<90%) (BDD UMOTEST)



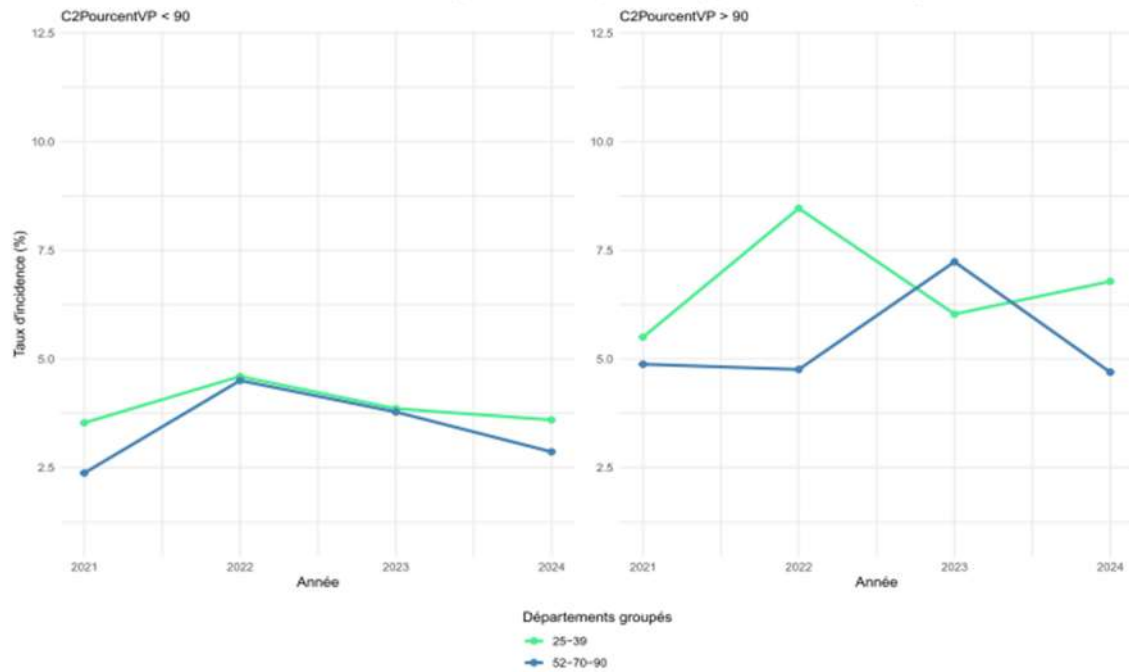
Annexe 10 :
Incidences inter-troupeau annuelles des SLI de grade ≥ 2
en fonction du pourcentage de vaches parées et de
l'année (BDD UMOTEST)

PctVP	Annee	TroupeauxAtteints	TroupeauxTotal	IncidenceInterT
<90	2021	108	157	68.790
<90	2022	101	131	77.099
<90	2023	102	130	78.462
<90	2024	88	117	75.214
>90	2021	44	52	84.615
>90	2022	55	61	90.164
>90	2023	68	75	90.667
>90	2024	53	57	92.982

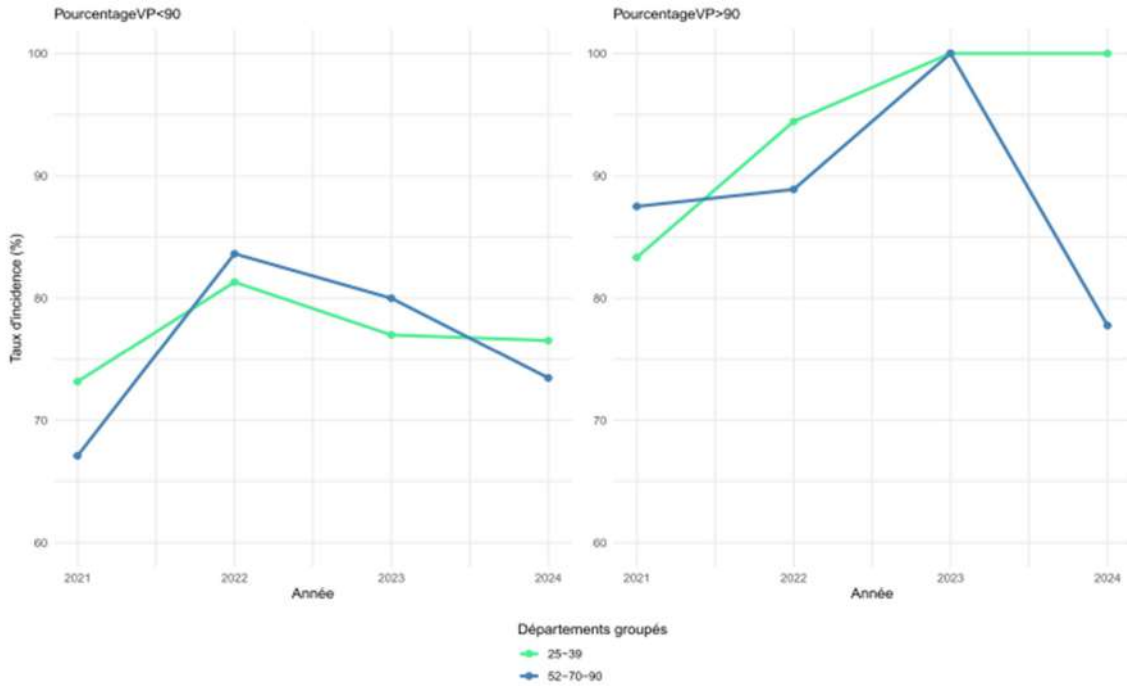
Annexe 11 :
Evolution sur la période 2021-2024 des taux d'incidence
inter-troupeau annuelle des SLI de grade ≥ 2 en fonction
du pourcentage de vaches parées (PourcentageVP) et de
la zone (Départements groupés) (BDD UMOTEST)



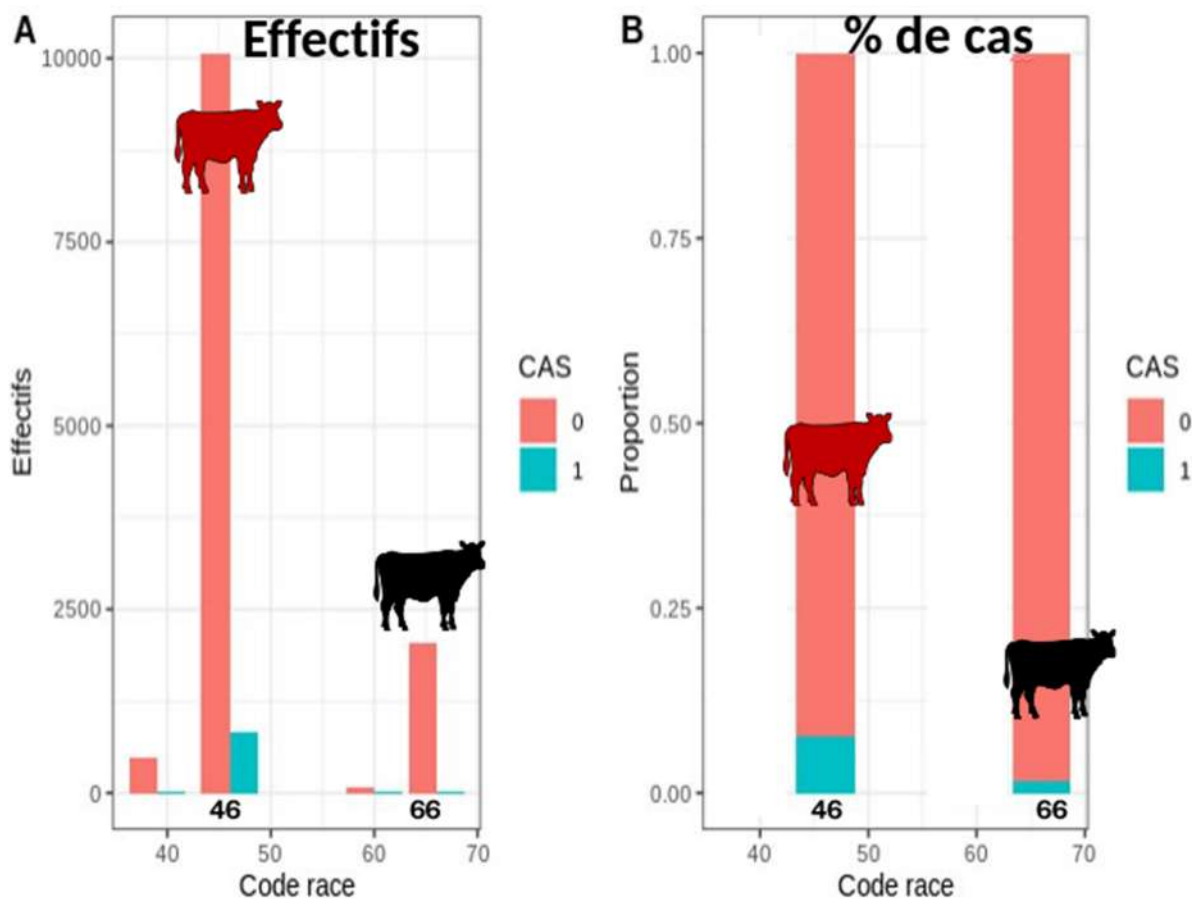
Annexe 12 :
Evolution annuelle (sur la période 2021-2024) du taux d'incidence vraie (parmi les vaches présentes) à l'échelle individuelle de la SLI de grade ≥ 2 en fonction du pourcentage de vaches parées (C2PourcentVP) et de la zone (Départements groupés) (BDD GENIATEST)



Annexe 13 :
Evolution annuelle (sur la période 2021-2024) du taux d'incidence inter-troupeau à l'échelle individuelle de la SLI de grade ≥ 2 en fonction du pourcentage de vaches parées (PourcentageVP) et de la zone (Départements groupés) (BDD GENIATEST)



Annexe 14 :
Répartition des effectifs d'animaux témoins et atteints
(A : en effectifs bruts ; B : en proportion d'animaux de
la race donnée) en fonction de leur code race



Rappel : 39 : animaux croisés sans type racial spécifique

46 : race Montbéliarde

60 : croisés $\frac{3}{4}$ Prim'Holstein

66 : Prim'Holstein

CAS=0 : Animaux sains

CAS=1 : Animaux atteints (de SLI 2 ou 3)

Remarque : les effectifs des races 39 et 60 ont été retirés du diagramme B pour la lisibilité de la comparaison des deux races majoritaires (46 et 66)