

Approches épidémiologiques et statistiques pour la détection des troubles de santé et l'évaluation du bien-être chez les bovins

Aurélien Madouasse – UMR BIOEPAR, Oniris, INRAE

Soutenance d'HDR le 15 juin 2023 9h à Oniris, site de la Chantrerie, Amphithéâtre Godfrain

Mes travaux de recherche portent sur la détection d'évènements relatifs au bien-être et à la santé des bovins et l'identification de leurs déterminants, à des échelles qui vont de l'animal au territoire, via le développement puis l'évaluation de méthodes quantitatives. Mon exposé abordera successivement les recherches que j'ai conduites sur les maladies émergentes et absentes puis sur l'évaluation du bien-être des bovins. Dans chaque partie, les enjeux, les questions abordées, les principaux résultats et les perspectives seront décrits.

Les maladies émergentes sont des maladies qui apparaissent ou réapparaissent dans un pays ou un territoire dans lequel elles étaient absentes. Il est important de les détecter précocement pour en limiter la propagation et les conséquences dans les populations animales et humaines. Il existe un grand nombre d'agents pathogènes pouvant émerger chez les bovins, dont certains sont inconnus. La surveillance syndromique consiste à surveiller en temps réel des indicateurs non-spécifiques. Ce type de surveillance peut permettre de détecter précocement des troubles de santé émergents d'étiologie inconnue. J'ai travaillé sur l'utilisation de données de production laitière et de reproduction collectées dans les élevages laitiers français pour la détection des maladies vectorielles émergentes. Les méthodes ont été développées et évaluées avec des données sérologiques permettant de suivre la propagation de la fièvre catarrhale ovine (FCO) lors de son émergence en France en 2007. L'émergence de la FCO était bien associée à des foyers de productions laitières inférieures à l'attendu. Toutefois, les modèles mettaient aussi en évidence des foyers de productions laitières plus faibles qu'attendues dans des zones non touchées par l'infection. Ces fausses alertes pourraient générer des coûts d'investigation à même de décourager les gestionnaires de santé d'utiliser cette approche. Ceci souligne l'importance la spécificité de la détection pour des évènements rares. Un indicateur basé sur la fréquence des gestations courtes identifié dans le même projet s'est montré assez sensible et plus spécifique lors de l'émergence de la FCO.

Il existe par ailleurs des maladies absentes de certains élevages ou territoires, pour lesquelles les entités indemnes ont intérêt à se prémunir, car une fois introduites les conséquences économiques et sanitaires sont dramatiques. Pour les maladies dites réglementées (tuberculose, fièvre aphteuse...), les modalités de surveillance sont prescrites par les autorités compétentes. Pour d'autres maladies infectieuses majeures, des programmes de surveillance collectifs peuvent exister localement, mais leurs modalités sont variables ce qui complique les échanges d'animaux entre territoires avec des programmes différents. Dans le cadre d'un projet européen, j'ai développé un modèle d'estimation de la probabilité pour un élevage d'être infecté/indemne incorporant des données longitudinales de résultats de tests et des facteurs de risque. Il s'agit d'un modèle de Markov caché qui a été développé et appliqué sur des données françaises collectées dans le cadre d'un programme de maîtrise de l'infection par le virus de la diarrhée virale bovine (BVD). En plus de la prédiction d'infection, le modèle estime les sensibilités et spécificités des tests utilisés ainsi que les probabilités de nouvelle infection et de guérison. L'estimation se fait dans un cadre bayésien avec le logiciel Stan. Le modèle a été intégré dans un package R disponible sur la plateforme GitHub. Dans des collaborations en cours, nous l'utilisons pour évaluer un programme de surveillance de l'infection des exploitations laitières par *Salmonella* au Danemark et par le virus de la BVD en Bretagne.

Le bien-être animal est une préoccupation majeure des acteurs des filières d'élevage et des citoyens. Les développements récents de capteurs et de méthodes d'apprentissage automatique permettent des mesures plus fiables et plus fréquentes pour l'évaluation du bien-être. Les boiteries des bovins sont un modèle pertinent pour l'évaluation de ces outils pour l'étude du bien-être. Les boiteries sont des altérations de la démarche dues à des douleurs souvent causées par des lésions podales. Ces boiteries sont relativement fréquentes en élevage bovin laitier, et leur prévalence sous-estimée par les éleveurs. Lors d'un travail conduit dans 3 élevages des Pays de la Loire, nous avons utilisé des accéléromètres et des GPS placés dans des colliers pour évaluer l'intérêt de ces capteurs pour la détection des boiteries ainsi que les impacts de boiteries sur les comportements des vaches au pâturage. Les vaches boiteuses passaient moins de temps à se déplacer et à s'alimenter. Toutefois, les différences observées entre vaches boiteuses et non-boiteuses ne permettaient pas une détection avec une fiabilité suffisante pour envisager une application de cette méthode de détection en ferme. Dans un projet de thèse qui va démarrer en 2023, nous allons étudier la valeur informative des comportements de lever et de coucher prédits par des accéléromètres pour la détection des boiteries ainsi que l'impact des boiteries sur les interactions sociales entre bovins. Cette thèse s'inscrit dans un grand projet sur l'utilisation des nouvelles technologies pour l'étude du bien-être animal dans un contexte de transition agro-écologique.

Dans les années qui viennent, je souhaite capitaliser sur mon expérience pour continuer à travailler sur l'utilisation de données longitudinales hétérogènes pour la surveillance. Le modèle de Markov caché développé pour quantifier la probabilité d'absence de maladie est ou va être utilisé pour évaluer un programme de surveillance de l'infection par *Salmonella* au Danemark, un programme de surveillance de l'infection par le virus de la BVD en Bretagne et pour estimer la prévalence de différents types de mammites. La thématique capteurs et méthodes pour l'évaluation du bien-être va être poursuivie par une thèse sur l'étude des comportements de lever et de coucher des bovins et des interactions sociales en lien avec les boiteries. Cette thèse s'inscrit dans un projet que j'ai contribué à concevoir et dans lequel je suis responsable d'un *Work Package*. Enfin, une difficulté rencontrée dans mon travail sur la surveillance syndromique est que l'inférence et l'évaluation des systèmes sont compliquées par le fait qu'on peut difficilement envisager les caractéristiques de la prochaine émergence dont l'étiologie n'est pas forcément connue. Une piste d'amélioration serait d'utiliser des modèles mécanistes simulant des émergences aux caractéristiques plausibles pour évaluer des sources de données et des méthodes permettant une détection précoce et spécifique de ces émergences.