

Identification électronique des bovins : traçabilité au service de la sécurité sanitaire des aliments à Madagascar

RAZAFINARIVO Tsirinirina Donnah (PhD)

Docteur en Production Animale (Alimentation et Télédétection)

Département de Recherches Zootechniques, Vétérinaires et Piscicoles (FOFIFA - DRZVP)

Rue Farafaty Ampandrianomby, Antananarivo, Madagascar. BP: 1690

Mobile : +261 34 14 950 14 / +261 34 68 897 13 /

Mail : tsiry.razafinarivo@fofifa.mg / Site : www.fofifa.mg

Résumé

Le bovin constitue l'une des richesses qui font la renommée du peuple malgache, il intervient dans son quotidien que ce soit culturel, social ou économique. Cependant, par faute de traçabilité, plusieurs manques à gagner sont à déplorer dans cette filière, dont l'exportation de viandes vers les marchés européens. Ce document présente le développement d'un système d'identification électronique des bovins afin de maîtriser la traçabilité sanitaire des produits issus d'élevage de bovins pour la sécurité alimentaire. Ce système utilise une puce électronique sous forme de bolus ruminal qui fonctionne par ondes radio de basse fréquence. Pour ce faire, environ 600 bovins de la station du FOFIFA à Kianjasa, Madagascar, ont été identifiés à l'aide des bolus électroniques, puis suivis mensuellement pour déterminer le taux de rétention du système d'identification. Parallèlement, toutes les informations sur chaque animal identifié ont été collectées, au fil du temps, pour être transcrites et centralisées dans la base de données LASER. Cela permet, d'une part, de remonter le produit jusqu'à son élevage d'origine en cas de litige et, d'autre part, de déterminer certains paramètres zootechniques indicateurs de l'élevage. Par exemple, grâce à cet outil, le taux de croissance annuel des troupeaux identifiés a été calculé à environ 30%. Cette donnée nous semble indispensable pour pouvoir estimer l'évolution démographique de l'effectif ainsi que la quantité de viande de bovin à exporter tout en préservant l'effectif actuel du cheptel. Durant les trois premières années du suivi des bovins, l'application des bolus n'a montré aucun incident particulier. Ce système d'identification pourrait obtenir un agrément du comité international sur l'identification des animaux, car un taux de rétention annuel de 100% a été enregistré durant l'étude. De plus, ce dispositif impossible à falsifier va permettre de diminuer considérablement le vol des bovins à Madagascar. Ainsi, la traçabilité, au-delà du lien de confiance établi avec les consommateurs, est un facteur important

de valorisation de la chaîne de valeur et de relance économique de la filière bovine à Madagascar.

Mots-clés : bolus, démographie, LASER, législation, puce, RFID

Abstract :

Cattle constitute one of the riches that make the reputation of the Malagasy people, it intervenes in their daily life whether it is cultural, social or economic. However, due to lack of traceability, several shortfalls are to be deplored in this sector, including the export of meat to European markets. This document presents the development of an electronic identification system for cattle in order to control the health traceability of products from cattle breeding for food safety. This system uses an electronic chip in the form of a ruminal bolus which operates by low frequency radio waves. To do this, approximately 600 cattle from the FOFIFA station in Kianjasoa, Madagascar, were identified using electronic boluses, then monitored monthly to determine the retention rate of the identification system. At the same time, all the information on each animal identified was collected, over time, to be transcribed and centralized in the LASER database. This makes it possible, on the one hand, to trace the product back to its original farm in the event of a dispute and, on the other hand, to determine certain zootechnical parameters indicative of the breeding. For example, thanks to this tool, the annual growth rate of the herds identified was calculated at around 30%. This data seems essential to us in order to be able to estimate the demographic evolution of the workforce as well as the quantity of bovine meat to be exported while preserving the current size of the herd. During the first three years of cattle monitoring, the application of boluses did not show any particular incidents. This identification system could obtain approval from the International Committee on Animal Identification, as an annual retention rate of 100% was recorded during the study. In addition, this device, which cannot be falsified, will considerably reduce the theft of cattle in Madagascar. Thus, traceability, beyond the bond of trust established with consumers, is an important factor in enhancing the value chain and in boosting the economy of the beef industry in Madagascar. .

Keywords: Bolus, demography, LASER, legislation, chip, RFID

Introduction

L'élevage bovin est une activité qui tient une place importante dans la société malgache que ce soit sur le plan culturel, social ou économique. À part d'être un moyen d'épargne important pour les paysans, il apporte également un complément de revenu non-négligeable

pouvant subvenir aux besoins des éleveurs. Cependant, il s'agit actuellement d'une activité contraignante, voire risquée, du fait de l'insécurité qui règne dans le pays. Par ailleurs, les retombées économiques de la filière diminuent considérablement malgré les fortes potentialités exploitables. Sur le plan national, l'élevage bovin assure une grande partie des besoins en protéine animale de la population qui s'élèvent à 1 500 têtes/jour (Rakotondrao, 2016). Sur le plan international, des marchés prometteurs comme ceux de l'Union Européenne (UE) pourraient contribuer de manière significative au développement de l'économie nationale malgache. Avant 1997, Madagascar exportait encore de la viande vers les marchés de l'EU. Cependant, par faute de traçabilité et de non-respect des règles d'abattage, les services vétérinaires de la Commission Européenne ont imposé un embargo aux produits d'origine animale provenant de Madagascar (MAEP UPD, 2004). En effet, la traçabilité des produits animaux jusqu'à l'élevage d'origine est une nouvelle contrainte des systèmes de production mondiaux qui vise à satisfaire les exigences de santé publique et de sécurité alimentaire (Caja G. *et al.*, 2006). Ainsi, pour pouvoir à nouveau être en mesure d'exporter de la viande de bovin, il s'avère indispensable de développer un système d'identification fiable. Peu de travaux de recherche et d'innovation ont été entrepris à Madagascar sur ce sujet. Dans cette optique, une étude a été effectuée par le Département de Recherches Zootechniques Vétérinaires et Piscicoles du FOFIFA au niveau de la station de Kianjao (Moyen Ouest de Madagascar), sur la possibilité de remplacer ou de compléter la boucle d'identification classique des animaux par un bolus d'identification électronique. Ce système est couplé à une base de données centralisée permettant de disposer des informations détaillées et instantanées sur animaux identifiés.

Matériel et méthodes

Généralité

Au sens étymologique, le mot « traçabilité » est lié à la « trace » qui, au sens figuratif, est une « marque laissée par un événement ». La « traçabilité » s'agit donc d'une démarche qui consiste à donner la possibilité de retrouver la trace des différentes étapes et lieux de vie d'un produit, depuis sa création jusqu'à sa destruction. Ainsi, suite aux différentes crises sanitaires qu'a connues le monde ces dernières années (encéphalopathie spongiforme bovine, fièvre aphteuse, grippe aviaire, mélamine dans la poudre de lait), la traçabilité des aliments s'avère indispensable afin d'empêcher la circulation des denrées pouvant nuire à la santé du consommateur. C'est ainsi que les législateurs et les organismes de normalisation ont mis en place une série de textes réglementaires et normatifs qui incitent à l'adoption de la traçabilité comme un élément indispensable pour la sécurité des denrées alimentaires (Revue rurale de l'UE, 2011). À Madagascar, selon l'arrêté interministériel n°12.880/2007 du 03 août 2007, il est institué sur tout le territoire un système codifié d'identification des bovins, basé sur la fixation d'une boucle préalablement numérotée sur l'oreille gauche de chaque animal. Ce système est accompagné de la délivrance d'une Fiche Individuelle de Bovidés (FIB) qui selon le décret n°2005-503 du 26 juillet 2005, doit comporter le numéro de code de la boucle d'oreille et tous les

renseignements concernant chaque bovin (SLC-MINEL, 2012). Le FIB doit accompagner l'animal tout au long de ses déplacements et porter la mention des propriétaires successifs jusqu'à l'abattage. Ces dispositifs ont été installés notamment pour assurer la traçabilité des produits de l'élevage de façon à pouvoir remonter le produit jusqu'à son origine. Cependant, ce système présente plusieurs inconvénients comme la possibilité de falsification et le détachement de la boucle qui, selon les recommandations de l'ICAR (*International Committee for Animal Recording*) en 2005, le taux de rétention annuel des dispositifs d'identification animale doit être supérieur à 98% pour obtenir l'agrément. Par ailleurs, le système actuel ne remplit pas le cahier des charges de l'EU (Décret Européen n°2005-1557) malgré la mise en place du protocole 7 relatif à la viande bovine de la « Convention de Lomé » (Les agricultures du Sud et l'OMC, 2000). En effet, en tant que membre de l'ACP, Madagascar bénéficierait de ce protocole qui donne un accès privilégié au marché européen pour un quota d'exportation d'environ 7 500 tonnes de viande par année civile. Par ailleurs, depuis 1997, les services vétérinaires de la Commission Européenne imposent un embargo aux produits d'origine animale provenant de Madagascar et donc à l'agrément d'exportation vers l'UE. L'absence d'identification des bovins et donc leur non-certification (traçabilité) est la principale raison de cet embargo. Par ailleurs, une amélioration de la fiabilité du système l'identification individuelle, considérée comme un point critique de la chaîne de traçabilité animale (Caja *et al.*, 2000, McKean, 2001), doit être effectuée pour pouvoir à nouveau exporter la viande provenant de Madagascar.

Mise en place d'un système d'identification électronique

Le premier élément de base du schéma de traçabilité des animaux vivants et de leurs produits (viande, lait, peau, etc.) est le dispositif d'identification permanente. Pour tester ce nouveau système, la boucle d'identification sera complétée par une puce électronique (e-ID). Pour ce faire, dans le cadre du projet ECLIPSE (2017), environ 600 bovins de la station de Kianjasoa ont été identifiés individuellement à l'aide d'une boucle auriculaire couplée d'une puce électronique sous forme de bolus ruminal. Ces deux dispositifs disposent du même numéro d'identification dont, la boucle pour une identification visuelle et la puce pour une identification électronique. Ce système d'identification électronique utilise un transpondeur passif RFID (*Radio Frequency Identification*) qui fonctionne par ondes radio de basse fréquence (134,2 kHz). L'identification électronique permettrait d'améliorer sensiblement les systèmes de traçabilité (Norme ISO 11784 et ISO 11785), en éliminant les erreurs liées à la transcription manuelle des données. Afin d'assurer la rétention de ce dispositif dans le rumen du bovin, le système est enveloppé d'un matériau de densité élevée sous forme de bolus, ne faisant pas obstacle aux émissions électromagnétiques et résistant aux conditions digestives du rumen. Ces bolus sont présentés sous forme de tube de 6,5 cm de long, 2,0 cm de diamètre et pesant 72 grammes. Ils ont été fournis par l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA) dans le cadre du projet MAG 5024. Les caractéristiques physiques des bolus standard fabriqués en céramique composé

d'alumine et utilisés pour l'identification des bovins (Ribó *et al.*, 2003) ont fait l'objet d'un brevet déposé par l'UE (The European Community *et al.*, 1998). Son application par voie orale est simple et sans danger pour les animaux. Le bolus va d'abord se loger dans le rumen jusqu'au moment où la rumination devient effective, puis il migre et se retrouve préférentiellement dans le réseau. Du fait de l'immaturité du système digestif des jeunes ruminants, et de la présence de la gouttière œsophagienne qui fait communiquer directement la bouche à l'abomasum, des tests de rétention seront effectués pour déterminer l'âge et le poids idéal pour l'introduction du bolus électronique. Un lecteur portable (DATA MARS) a été utilisé pour la lecture des numéros uniques contenus dans les transpondeurs. Ainsi, les bovins avec la puce électronique ont été scannés mensuellement durant les cinq années du projet, à l'aide de ce lecteur pour déterminer le taux de rétention du bolus et d'autres critères liés au fonctionnement du système électronique. Lors de l'abattage, le bolus est récupéré facilement dans le réticulum. Après la récupération, les bolus doivent être détruits pour éviter toute réutilisation ultérieure de ce dispositif (SLC-MINEL, 2012)



Figure 1 : Introduction du bolus électronique dans le rumen du bovin

Utilisation d'un logiciel de gestion de troupeau

Le deuxième et troisième élément de base du schéma de traçabilité sont : (i) un registre des activités et des mouvements des animaux et (ii) une base de données centralisées sur ces mêmes animaux. Ces deux points critiques peuvent être assurés par la base de données LASER (Logiciel d'Aide aux Suivi d'Elevage des Ruminants). LASER (Juanès et Lancelot, 1999) est un outil qui permet la gestion et l'analyse informatisée de données pour un suivi de troupeaux dans lesquels les données zootechniques sont collectées à l'échelle de l'animal. Il permet donc une gestion automatisée des registres animaux et de leurs produits (Caja *et al.*, 2000, Fallon, 2001). LASER résulte d'une série de travaux conceptuels dont les premiers ont été effectués au nord de la Côte d'Ivoire dans les années 1970 (Poivey *et al.*, 1981). La version actuelle « LASER2 », utilisée dans cette étude, a été écrite en Visual Basics © et utilise une base de données relationnelle au format Access ©. L'outil peut donc gérer un grand volume de données de différentes natures : démographie (reproduction, mortalité, exploitation, etc.), production en

viande et en lait, pathologies (symptômes, sérologies, etc.), insémination artificielle, et toute sorte d'interventions zootechniques sur les animaux. Cet outil a été conçu de façon à pouvoir être utilisé par des techniciens d'élevage sans une connaissance informatique particulière.

Pour la première inscription, les informations inscrites sur chaque FIB des bovins, relatives à l'article cinq sur l'identification des bovins à Madagascar (SLC-MINEL, 2012), sont transcrites dans la base de données LASER. Ces données concernent : (i) le numéro d'identification, (ii) le sexe, (iii) la race, (iv) la date de naissance, (v) la couleur de la robe, (vi) les signes distinctifs, (vii) le propriétaire avec nom et l'adresse, (viii) la date d'entrée, (ix) le code éleveur, (x) le district et la commune, (xi) les dates de vaccination, (xii) le type de vaccins et le lot de vaccins, et (xiii) le nom et qualité du vaccinateur. Pour la suite, cette base de données est alimentée régulièrement suivant la venue des différents événements tels que le changement de propriétaire, les changements des signes particuliers distinctifs, les maladies et traitements sanitaires, les mises-bas, les changements alimentaires (pâturage et complémentation), les mortalités. Ainsi, à chaque introduction du numéro d'identification d'un animal dans la base de données LASER, ce dernier affiche toutes les informations recueillies sur l'animal. Suivant la méthodologie Laser-Decomp (Lesnoff et al., 2007) pour le calcul des paramètres démographiques des troupeaux à partir de la base de données, LASER permet d'effectuer des analyses et/ou des requêtes en cas de besoin (Le suivi LASER., 2017)

Résultats et discussion

Taux de rétention des bolus électroniques

Durant les cinq années d'expérimentation, l'application des bolus n'a pas montré d'effets défavorables sur l'ingestion ni sur la digestion des aliments comme cité par Caja *et al.* (1999) et Ghirardi *et al.* (2006). Ce dispositif n'a également aucun effet négatif sur le développement et l'histologie de la paroi du rumen-réseau (Garín *et al.*, 2003), et sur les performances zootechniques et la santé des jeunes et adulte (Razafinarivo *et al.*, 2018, Ghirardi *et al.*, 2006). Jusqu'à présent, tout semble montrer que les bolus sont efficacement retenus, lorsqu'ils ont les caractéristiques requises (Capote *et al.*, 2005). En effet, le taux de rétention annuel du bolus est de 100% (600/600) contre 92% (553/600) pour la boucle. Selon Fallon (2001), pour avoir une bonne rétention, la densité du bolus doit être supérieure à 3 g/cm³. Étant donné que le volume de notre bolus est de 20,4 cm³, il correspond bien à la loi de réponse selon le poids et le volume du bolus décrite par Fallon (Figure 2). Cependant, pour éviter d'éventuelles obstructions pouvant être causées par la taille du bolus et assurer la maturité affective du tube digestif des veaux (4 à 8 mois) avant son introduction, nous avons jugé judicieux de n'introduire le bolus que si l'animal atteint un poids minimal de 100 kg.

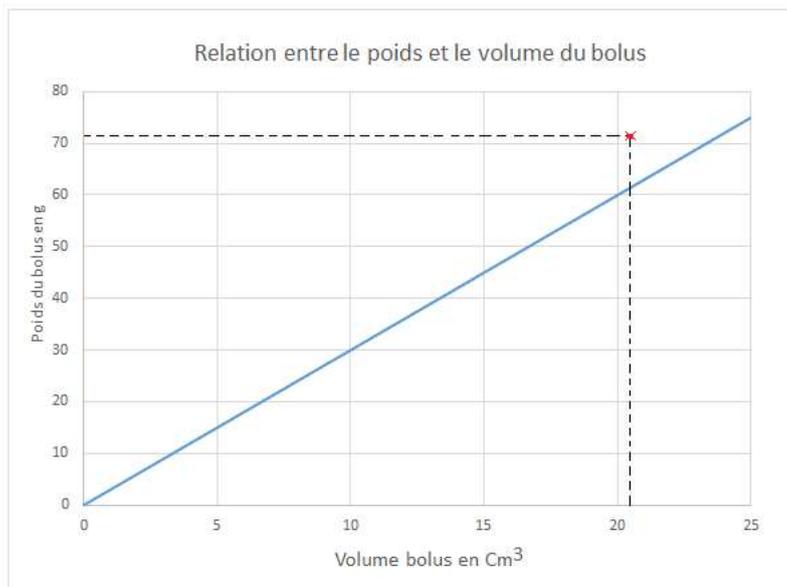


Figure 2 : Relation entre poids et volume du bolus (Razafinarivo et al., 2020)

Mécanisme

Le développement des étiquettes électroniques RFID dans le monde de l'industrie a favorisé la miniaturisation de l'électronique et c'est maintenant le monde de l'élevage qui bénéficie de ces avancées. Le transpondeur est constitué d'un émetteur-récepteur passif, c'est à dire sans source propre d'alimentation électrique. Le récepteur transforme le champ magnétique émis par le lecteur en courant électrique et alimente l'émetteur, qui en retour transmet le contenu de sa mémoire qui est le numéro d'identification de l'animal. Par ailleurs, ce dispositif ne nécessite pas de batterie et a une durée de vie quasi-illimitée (sauf casse). Ainsi, il pourra assurer une traçabilité effective des bovins à Madagascar qui ont une durée de vie qui peut aller jusqu'à 16 ans. Cependant, les RFID passifs ont l'inconvénient de limiter la distance de lecture entre le transpondeur et le lecteur qui est d'environ 20 cm. Dans ce système, Il faut également s'assurer de l'absence de pièces métalliques ou d'une autre puce RFID dans l'environnement du lecteur, car cela perturbe ou inhibe la lecture du transpondeur. L'utilisation de transpondeurs basses fréquences (134,2 kHz) sont également indispensables pour une meilleure pénétration dans les différents tissus qui constituent le corps de l'animal (Edmond *et al.*, 2017). Une fois que le numéro d'identification de l'animal est transcrit dans la base de données LASER, toutes les informations concernant l'animal seront affichées et pourront être exploitées selon les besoins. Ces informations enregistrées permettent de disposer d'une connaissance détaillée immédiate ou subséquente, pour assurer l'analyse, la prise de décision, le contrôle, etc. Avec ces informations, il sera possible, par exemple, de traiter une entité ou un lot d'entités en cas de danger, de manière préventive ou curative.

Pour son application, la législation en vigueur sur l'identification des bovins à Madagascar basée sur l'utilisation de boucle auriculaire, doit être légèrement adaptée, comme pour l'article onze (SLC-MINEL, 2012) : *les convoyeurs de troupeaux sont tenus de présenter les documents*

d'accompagnement tels que le cahier de contrôle ou le livre journal afférents à la circulation des bœufs à toute réquisition des éléments des forces de l'ordre qui peuvent exercer des contrôles tout au long des itinéraires officiels. Dorénavant, cette activité pourra être remplacée par une simple lecture des informations contenues dans la puce d'identification des animaux. De même pour l'article neuf (SLC-MINEL, 2012) : les responsables de l'inspection sanitaire de l'abattoir ou de la tuerie sont chargés de la récupération des fiches individuelles des animaux abattus et de leur conservation pour une durée minimale de cinq années calendaires. Cela serait remplacé par la récupération et la destruction du bolus électronique, puis par une mise à jour de la base de données. Cependant, il est à noter qu'à partir de ce point, un nouveau système de traçabilité doit être mis en place pour pouvoir étiqueter la viande (Le cluster, 2013). De ce fait, l'étiquetage doit garder le même numéro d'identification de l'animal et doit être dressé suivant les informations de la base de données avec la mention : (i) du lieu de naissance, d'élevage et d'abattage, (ii) de la catégorie de l'animal, et (iii) du numéro d'agrément de l'abattoir et le lieu de découpe (Bornschein et al., 2018).

Autres applications

L'identification électronique est une clé qui permet d'entrevoir une multitude d'applications avec chacune un but et un utilisateur différent. Il est donc souhaitable que tous les utilisateurs puissent utiliser le même transpondeur embarqué sur un animal. À l'inverse, les lecteurs RFID peuvent être compatibles à différent type de puce électronique. Dans cette étude, notre lecture a permis de lire les bolus provenant de l'industrie *Data Mars* (Europe), des micro-puces de *Texas instrument* (Etats-Unis) et des nano-puce de *Fijan technologie* (Asie). Par ailleurs, ces compatibilités et standardisations ouvrent plusieurs horizons sur l'utilisation de cette nouvelle technologie.

D'un côté, ce système d'identification (e-ID) pourrait contribuer de manière significative à la lutte contre l'insécurité causé par les vols de bovins à Madagascar. En effet, le système d'identification joue un rôle important dans le processus, car il fait l'objet principal du blanchiment des bovins volés qui seront remis sur le circuit par une autre identité. Parallèlement, il y aura une diminution considérable des fraudes dans cette filière par la dématérialisation totale des différentes transactions. De plus, les différentes documents nécessaires (cahier de contrôle, FIB, passeport, etc.) à la vente des bovins à Madagascar estimés à environ 60 000 Ar (environ 15 euros) peuvent être remplacées par le bolus électronique (2 euros). Par ailleurs, mis à part les premiers charges d'investissements pour son application, ce système d'identification est rentable économiquement, et présente la possibilité d'être infalsifiable (Fallon, 2001).

D'autre côté, avant de pouvoir exporter la viande bovine provenant de Madagascar, des prérequis doivent être mis en place localement pour pouvoir préserver l'effectif actuel du cheptel. Cette préservation assurera les besoins nationaux, mais également stabilisera le prix sur le marché local. Avec la méthodologie Laser-Decomp, basée sur une alimentation systématique de

la base de données, il a été possible de calculer certains indicateurs descriptifs de l'élevage tels que l'âge de la vache à la première mise bas, le taux de mises-bas, le taux de mortalité etc. (Figure 3).

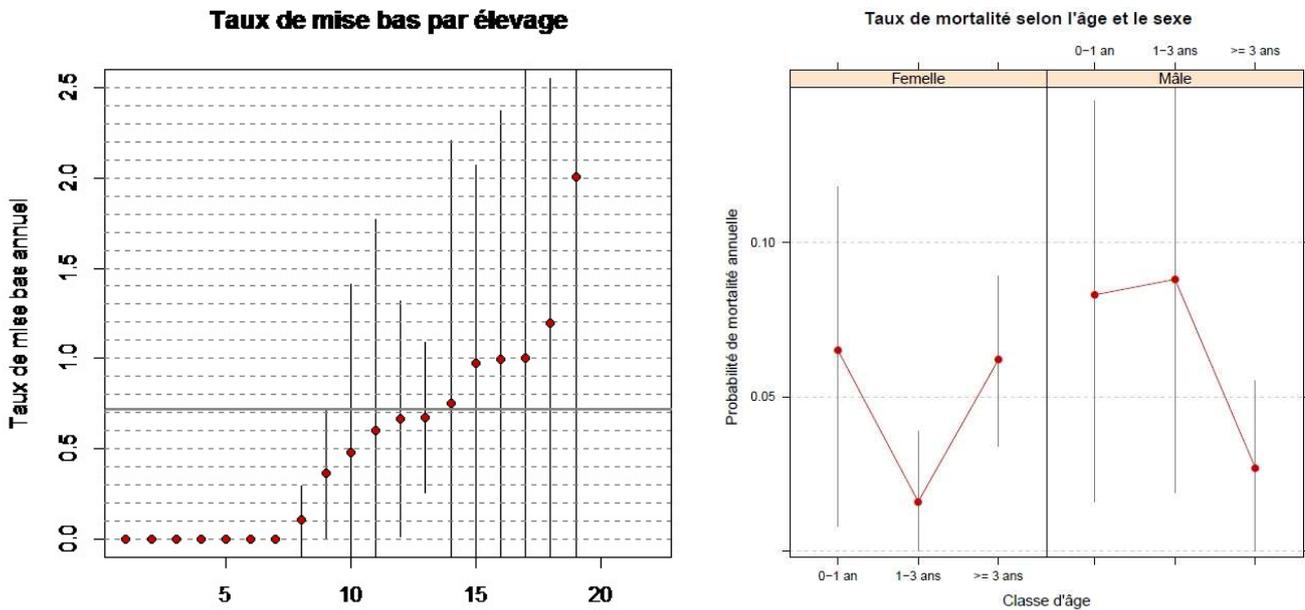


Figure 3 : Taux de mise-bas et de mortalité des bovins dans la zone d'étude

La détermination du taux de mortalité et de mise-bas amène à une projection sur l'évolution du nombre de cheptels. Le premier graphique de la Figure 3 indique que le taux de mise-bas annuel est de 0,71 soit environ deux veaux tous les trois ans avec un pic à 3,56 ans de l'âge de la femelle au premier vêlage. Le second graphique de la Figure 3 indique une probabilité de mortalité annuelle de 0,06, avec un pic de mortalité élevé (0,09) chez les mâles ayant un âge compris entre 1 et 3 ans. Subséquemment, s'il y a autant de femelles que de mâles dans le cheptel, le taux de croissance annuelle dans notre zone d'étude est estimé à environ 20%. Par ailleurs, avec un protocole de rapportage systématique (Laser-Decomp) des vétérinaires mandataires et/ou des officiers de police judiciaire dans les différentes zones d'élevage à Madagascar (SLC-MINEL, 2012), le même scénario pourra être effectué sur le plan national. Ces informations pourront être exploitées pour déterminer le nombre de bovins (viande) exportable, sans pour autant mettre en péril l'effectif total du cheptel.

Conclusion

La traçabilité des bovins jusqu'à l'élevage d'origine revêt d'une importance considérable pour les consommateurs et les producteurs. Dans le secteur agroalimentaire, elle est devenue actuellement une composante de la garantie de la sécurité des aliments. Ainsi, le manque de cette traçabilité est la raison principale de l'embargo de l'exportation des viandes provenant de

Madagascar par l'Union européenne. Pour y remédier, il a été jugé indispensable d'améliorer le système d'identification des animaux qui est la base de la traçabilité. Cette étude suggère la mise en place d'un système d'identification électronique des bovins par l'utilisation de bolus ruminal. Ce système d'identification individuelle (e-ID) permet d'une part d'envisager dès à présent de nouvelles applications techniques qui sont les éléments d'un véritable élevage de précision, et d'autre part d'améliorer sensiblement les systèmes de traçabilité, en éliminant les erreurs liées à la transcription manuelle des données. Cette technologie devrait trouver un écho favorable auprès des éleveurs à Madagascar par sa contribution à la diminution de l'insécurité qui règne dans cette filière, mais également à la réduction des impositions indispensables à la transaction des animaux. Cependant, cette étude est loin d'être exhaustive, ainsi, plusieurs perspectives sont à envisager comme la mise aux normes des abattoirs nationaux pour la continuité de la traçabilité jusqu'à l'étiquetage de la viande. Une mise en place d'un protocole de gestion sanitaire bien définie constituée d'un système de surveillance et de vigilance face aux différentes maladies animales est aussi envisageable. Enfin, il s'avère indispensable de mettre en place un système de contrôle de l'ensemble, pour un audit externe, qui constitue le quatrième et dernier élément de base du schéma de traçabilité des produits d'origine animale.

Références bibliographiques

Bornschein M., Dötzer B., Toni Epp., Christof Friemel C., Gerber N., Hadorn R., Speck D., Stoffers H., Suter M., 2018. Guide pour l'étiquetage de la viande, des préparations de viande, des produits à base de viande et des produits de la pêche. Denrées alimentaires Agroscope Transfer | N° 215 / Juin 2018.

Caja G., Ghirardi J.J., Hernández-Jover M., Milán M.J., BOCQUIER F., 2006. Utilisation des bolus électroniques pour la traçabilité des ruminants : état de la technique, mise en place et évaluation en ovins et bovins, Université Autonome de Barcelona - 08193 Bellaterra – Espagne, Agro Montpellier-INRA-Cirad, UMR ERRC, 2 Place Viala -34060 Montpellier Cedex 1 – France.

Caja G., Conill C., Nehring R. and Ribo O., 1999. *Comp. Elec. Agric.*, 24, 45-63 Ghirardi J., 2006. Doctoral Thesis, UAB, Bellatera (Barcelona). 150 p.

Capote, J., D. Martín, N. Castro, E. Muñoz, J. Lozano, S. Carné, J. J. Ghirardi, and G. Caja. 2005. Retención de bolos ruminales para identificación electrónica en distintas razas de cabras españolas. *ITEA Prod. Animal* 26(vol. extra):297–299.

Carné, S., Ghirardi, J.J., Caja, G. 2005. *ITEA Prod. Animal*, vol. extra 26, 297-299. Drouet M. et Raviart H., 2016, Tous sur le bolus ruminal, Vétalis technologies Fallon, R. J. 2001. The

development and use of electronic ruminal boluses as a vehicle for bovine identification. Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epizoot. 20:480–490.

Fallon R. J., and Rogers P. A. M., 2011. Evaluation of Rumen Boluses as a Method of Electronic Animal Identification. Irish Journal of Agricultural and Food Research, Vol. 40, No. 2 (Dec., 2001), pp.161-168.

Garín, D., Caja, G., Bocquier, F. 2003. J. Anim. Sci., 81, 879- 884 Garín, D., G. Caja, and C. Conill. 2005. Performance and effects of small ruminal boluses for electronic identification of young lambs. Livest. Prod. Sci. 92:47– 58.

Ghirardi J.J., Caja G., Garín D., Hernández-Jover M., Ribó O., Casellas J., 2006. b. J. Anim. Sci., 84, 2865-2872 Ghirardi J.J., Caja G., Flores C., Garín D., Hernández- Jover M., Bocquier F. 2006 c. J. Anim. Sci., 84, in press ICAR, 2005. Guidelines approved by the General Assambly held in Sousse, Tunisia, June 2004, International Committee for Animal Recording, Rome, Italy.

ICAR, 2005. Guidelines approved by the General Assambly held in Sousse, Tunisia, June 2004, International Committee for Animal Recording, Rome, Italy.

Juanès X., and Lancelot R., 1999. LASER : Logiciel d'aide au suivi d'élevages de ruminants . Montpellier, France: CIRAD

Le cluster, 2013. Traçabilité de la viande en abattoirs, https://www.myrfidsolution.com/etudes_de_cas/tracabilite-de-la-viande-en-abattoirs/

Le suivi LASER 2017. Suivi des Ruminants de la Station de Recherches Zootechniques et Fourragères de Kianjasoa par la Méthode LASER (Logiciel d'Aide au Suivi d'Élevage des Ruminants), Projet ECLIPS, ARChE Net network, CIRAD. (sur appuis techniques et matériels d'identification électronique du projet MAG 5.024 – AIEA) Vidéo. <https://www.youtube.com/watch?v=ih44GQ5OfRQ&t=1s>

Les agricultures du Sud et l'OMC, 2000. De la Convention de Lomé à l'Accord de Cotonou, – FICHE 11

Lesnoff, M. , Lancelot, R., Moulin, C.H., 2007. Calcul des taux démographiques dans les cheptels de ruminants domestiques tropicaux : approche en temps discret. Livre numérique aux Editions Quae, Montpellier, 72 p. <http://www.quae.com/livre/?GCOI=27380100209160>

MAEP UPDR – OCEAN CONSULTAN, 2004. Filière Bovins à viande, Filières de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche, et Actions du Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche Page 3 de 14. Fiche n° 201

McKean J.D. 2001. Rev. sci. tech. Off. int. Epiz., 20, 363-371

Rakotondravao., 2009. Rapport national sur l'état des ressources génétiques animales. Madagascar ; L'état des ressources zoogénétiques dans le monde.

Razafinarivo T.D., Michelle R.L.M., Rasoanomenjanahary A., Rakotomalala S., Rakotomanana O.R., Ralambomanana N., Rasambainarivo J.H., Vuattoux J., Janelle J., Juanes X., Salgado P., Tillard E., 2018. Performances générales des zébus malagasy de la région Bongolava, <https://agritrop.cirad.fr/589896/1/Razafinarivo%20et%20a%202018.pdf>

Pinna, W., Sedda, P., Moniello, G., Ribó, O. 2005. Small Rum. Res., in press (disponible on-line) The European Commission, Caja, G., Vilaseca, J.F., Korn, C. 1998. PCT Pub. No. WO98/01025. January 15.

Razafinarivo T.D., Michelle R.L.M., Rasoanomenjanahary A., Rakotomalala S., Rakotomanana O.R., Ralambomanana N., Rasambainarivo J.H., Vuattoux J., Janelle J., Juanes X., Salgado P., Tillard E., 2018, Performances générales des zébus malagasy de la région Bongolava, Poster <https://agritrop.cirad.fr/589896/1/Razafinarivo%20et%20a%202018.pdf>

Razafinarivo T.D., Hevidrazana J.L., Rasoanomenjanahary A., Razananoro E., Rakotonaivo J.Y., Raliniaina M., 2020. Détermination des paramètres affectant le taux de rétention du bolus électronique pour la géo-localisation des bovins à Madagascar, Ministère de l'agriculture de l'élevage et de la pêche, <https://www.dp-spad.org/content/download/4750/35130/version/1/file/Rapport+sur+proposition+de+recherche+Puce+DGE.pdf>

Revue rurale de l'UE, 2011. La qualité des produits agricoles: un facteur clé pour le succès des zones rurales de l'UE, Réseau européen et suivi de la politique de développement rural, direction générale de l'agriculture et du développement rural, Commission européenne. Edition 2011, N° 8

SLC-MINEL, 2012. Textes normatifs régissant le secteur élevage, Ministère de l'élevage Madagascar, 192 pages.