

# Sommaire / Contents

## SYSTÈMES D'ÉLEVAGE ET FILIÈRES LIVESTOCK FARMING SYSTEMS AND VALUE CHAINS

**131-141** Caractérisation de la diversité et de la durabilité des exploitations laitières familiales au Vietnam : étude de cas en zone périurbaine de Hanoï. *Characterizing dairy farm diversity and sustainability in Vietnam: Case study in suburban Hanoi.* Pham Duy Khanh, Duteurtre G., Cournot S., Messad S., Dedieu B., Hostiou N. (en français)

## PRODUCTIONS ANIMALES ET PRODUITS ANIMAUX ANIMAL PRODUCTION AND ANIMAL PRODUCTS

**143-153** Lait de vache trait dans les petites exploitations familiales du Sahel semi-aride : des rendements faibles mais de grande valeur ! *Milk offtake of cows in smallholder farms of semiarid Sahel: low yields with high value!* Hiernaux P., Adamou K., Zezza A., Ayantunde A.A., Federighi G. (in English)

## SANTÉ ANIMALE ET ÉPIDÉMIOLOGIE ANIMAL HEALTH AND EPIDEMIOLOGY

**155-159** Séroprévalence de la fièvre Q chez les bovins de la région de Bejaïa (Algérie). *Seroprevalence of Q fever in cows in Bejaia area (Algeria).* Agag S., Kaidi R., Khelef D. (en français)

**161-166** Prévalence et facteurs de risque de la theilériose tropicale, et séquençage de l'agent pathogène causal *Theileria annulata*, dans la région de Sétif (Algérie), avant et après la période d'infestation par les tiques. *Prevalence and risk factors of tropical theileriosis, and sequencing of Theileria annulata, the causative pathogen, in Setif region (Algeria) before and after tick season.* Ayadi O., Rjeibi M.R., Benchikh Elfegoun M.C., Gharbi M. (in English)

**167-171** Facteurs de risque des pathologies génitales du post-partum chez les vaches de race croisée Holstein x Lai Sind dans les élevages familiaux de Ho Chi Minh Ville au Vietnam. *Risk factors of postpartum genital diseases in Holstein x Lai Sind crossbred cows in smallholdings, Ho Chi Minh City, Vietnam.* Nguyen-Kien Cuong, Hanzen C. (in English)

ISSN 1951-6711

Publication du  
Centre de coopération internationale  
en recherche agronomique pour le développement  
<http://revues.cirad.fr/index.php/REMVT>  
<http://www.cirad.fr/>

Directeur de la publication / *Publication Director:*  
Michel Eddi, PDG / *President & CEO*

Rédacteurs en chef / *Editors-in-Chief:*  
Gilles Balança, Denis Bastianelli, Frédéric Stachurski

Rédacteurs associés / *Associate Editors:*  
Guillaume Duteurtre, Bernard Faye, Flavie Goutard,  
Vincent Porphyre

Coordinatrice d'édition / *Publishing Coordinator:*  
Marie-Cécile Maraval

Traductrices/*Translators:*  
Marie-Cécile Maraval (anglais),  
Suzanne Osorio-da Cruz (espagnol)

Webmestre/*Webmaster:* Christian Sahut

Maquettiste/*Layout:* Alter ego communication, Aniane, France

### COMITÉ SCIENTIFIQUE / *SCIENTIFIC ADVISORY BOARD*

Hassane Adakal (NER), Nicolas Antoine-Moussiaux (BEL),  
Michel Doreau (FRA), Mohammed El Khasmi (MAR),  
Philippe Lescoat (FRA), Hamani Marichatou (NER),  
Ayao Missohou (SEN),  
Harentsoaniana Rasamoelina-Andriamanivo (MDG),  
Jeremiah Saliki (USA, CMR), Jeevantee Sunita Santchum (MUS),  
Hakim Senoussi (DZA), Taher Srairi (MAR),  
Hussaini Tukur (NGA), Jean Zoundi (BFA, FRA)



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Cirad, Montpellier, juin 2017



# Caractérisation de la diversité et de la durabilité des exploitations laitières familiales au Vietnam : étude de cas en zone périurbaine de Hanoï

Duy Khanh Pham<sup>1\*</sup> Guillaume Duteurtre<sup>2</sup> Sylvie Cournut<sup>3</sup>  
Samir Messad<sup>2</sup> Benoît Dedieu<sup>4</sup> Nathalie Hostiou<sup>5</sup>

## Mots-clés

Exploitation laitière, diversification, intensification, typologie, Viêt Nam

Submitted: 2 May 2016

Accepted: 17 January 2017

Published: 27 June 2017

DOI: 10.19182/remvt.31198

## Résumé

Au Vietnam, les politiques publiques tendent à soutenir le développement des exploitations laitières de grande taille familiales (> 30 vaches) ou industrielles (> 500 vaches). Cependant, malgré un essor récent de ces grandes fermes, les exploitations familiales de très petite taille continuent à jouer un rôle important dans la production nationale de lait. Pour contribuer à la réflexion sur les modèles de fermes à promouvoir, notre étude propose de caractériser la diversité des exploitations laitières présentes dans le district de Ba Vi en zone périurbaine de Hanoi et d'évaluer leur durabilité. Au total 160 exploitations laitières ont été sélectionnées pour représenter la diversité des fermes présentes dans la zone. Des informations ont été recueillies lors d'entretiens directifs avec les éleveurs sur les divers types de capitaux disponibles sur l'exploitation, sur les pratiques d'élevage et de commercialisation du lait, et sur leurs performances économiques, environnementales et sociales. Une analyse factorielle multiple, suivie d'une classification ascendante hiérarchique ont permis de réaliser une typologie des exploitations. En plus d'une ferme industrielle présente dans le district, cinq types d'exploitations laitières familiales ont été identifiés, qui se différencient surtout par le nombre et le type d'activités agricoles et non-agricoles, la taille du troupeau laitier, et l'intensification de la production laitière. Les indicateurs de performances des exploitations spécialisées ont révélé une rentabilité économique plus élevée que dans les exploitations plus diversifiées. Cependant, les exploitations mixtes avaient également des atouts sur les plans économique (souplesse d'adaptation), environnemental (autonomie fourragère) et social (emploi, charge de travail), qui étaient liés à la diversité de leurs activités agricoles et non-agricoles. Si les politiques publiques tendent à soutenir le développement des fermes spécialisées et des grandes fermes, les programmes d'appui doivent également concerner les petites exploitations associant activités agricoles et non-agricoles, car elles ont aussi un rôle majeur à jouer dans le développement durable de la production laitière nationale.

■ Pour citer cet article : Pham Duy Khanh, Duteurtre G., Cournut S., Messad S., Dedieu B., Hostiou N., 2016. Characterizing dairy farm diversity and sustainability in Vietnam: Case study in suburban Hanoi. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 69 (4): 131-141, doi: 10.19182/remvt.31198

## ■ INTRODUCTION

Dans un contexte international marqué par l'augmentation de la spécialisation et de l'intensification de la production du lait, le Vietnam est questionné sur la durabilité de son tissu productif laitier qui s'appuie essentiellement sur des exploitations familiales (Hemme et Otte, 2010). Le Vietnam est un pays agricole en transition, avec une population de 89,7 millions d'habitants dont 68 % vivent dans les zones rurales (OECD, 2015). L'agriculture joue un rôle important dans le revenu des ménages. En effet, la production agricole se base encore largement sur des petites exploitations familiales qui représentent 9,6 millions de ménages en 2011 avec 0,8 hectare en moyenne (GSO, 2014). Le secteur de l'élevage occupe une place importante dans le développement agricole, en participant pour 24,6 % du produit intérieur brut agricole.

1. Rudec-Ipsard, 16 Thuy Khue, Tay Ho, Hanoï, Vietnam.
2. Cirad, UMR Selmel, Montpellier, France.
3. VetAgroSup, UMR 1273 Métafort - VetAgro Sup, Lempdes, France.
4. INRA, Saint Genès Champanelle, France.
5. INRA, UMR 1273, Métafort, Lempdes, France.

\* Auteur pour la correspondance

Tél. : 04 73 98 29 15 ; email : kxanh.rudec@gmail.com



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

La production laitière s'est développée de manière significative à partir des années 2000, contrairement à l'élevage de porcs et de volailles qui constitue une activité ancienne (Duteurtre et al., 2015a). Comme dans la plupart des pays d'Asie du Sud-Est, au Vietnam la consommation de lait est restée longtemps très faible mais elle connaît depuis plusieurs années une croissance rapide du fait de l'augmentation de la population urbaine et des changements des modes de consommation (Beghin, 2006). Pour répondre à cette demande, le gouvernement a initié au début des années 2000 un Programme national de développement laitier. De 2001 à 2013, la production laitière a connu un taux de croissance extrêmement élevé, avec une augmentation des troupeaux de 13,4 % par an et une croissance de la production de 17 % par an (OECD, 2015). Cette croissance s'est appuyée sur l'essor de la production familiale. Sur les 20 000 exploitations laitières présentes à la fin des années 2000, 90 % avaient moins de cinq bovins (Hemme et Otte, 2010) mais produisaient 95 % de la production laitière (Duteurtre et al., 2015a).

Cependant, la croissance de l'offre en lait, essentiellement basée sur la production laitière familiale, n'a pas permis de répondre à l'essor de la demande en produits laitiers (lait upérisé à haute température [UHT], yaourts) et les importations ont continué de croître. La production laitière nationale actuelle ne satisfait que 30 % de la demande du pays (Nguyen Mai Huong et al., 2016) qui doit importer chaque année plus de 100 000 tonnes de lait en poudre, notamment de Nouvelle-Zélande, des Etats-Unis, des Pays-Bas, de France et d'Allemagne (Agroinfo, 2014). Afin de réduire le poids des importations en produits laitiers, les politiques publiques nationales soutiennent depuis 2008 le développement des exploitations laitières de grande taille, qu'elles soient familiales (plus de 30 vaches) ou industrielles (plus de 500 vaches). Les nouvelles politiques laitières visent aussi à favoriser l'intensification et la spécialisation laitière des exploitations, alors que celles-ci reposent traditionnellement sur une combinaison d'activités agricoles et/ou non-agricoles (Suzuki et al., 2006). Ainsi se développent au Vietnam de grandes, voire de très grandes exploitations, mises sur pied avec des capitaux privés, souvent à partir d'anciennes fermes d'Etat, et bénéficiant d'appuis des politiques publiques. Depuis 2005, plus d'une dizaine de fermes de plusieurs milliers de têtes ont été mises sur pied, avec comme objectif affiché de réduire la part des importations. En 2016, ces immenses fermes représentaient déjà 21 % du cheptel laitier national, soit un effectif d'environ 53 000 vaches laitières (Duteurtre et al., 2015b ; Nguyen Mai Huong et al., 2016).

Les exploitations familiales laitières continuent cependant à jouer un rôle très important pour le développement du secteur laitier au Vietnam (Duteurtre et al., 2015a). Dans ce contexte économique favorable à la production laitière, les modèles d'exploitations laitières familiales se diversifient, certaines exploitations s'agrandissent et se spécialisent alors que d'autres maintiennent une diversité d'activités agricoles et non-agricoles sur de petites surfaces.

Mais comment accompagner ce renouveau dans l'élevage pour qu'il soit durable, et quelles formes d'élevage privilégier ? La durabilité de l'élevage est un enjeu pour le Vietnam comme pour de nombreux pays du Sud (Ness et al., 2007). Des études montrent par exemple que les grandes exploitations et les fermes spécialisées auraient des impacts négatifs pour l'environnement (pollution) et seraient plus vulnérables aux fluctuations des prix (Steinfeld et al., 2010). Les petites fermes pourraient être considérées comme plus durables sur le plan environnemental et social (Gura, 2008). Cependant, elles auraient également des contraintes telles que les charges de travail élevées ou encore les difficultés d'accès au marché, car elles restent peu équipées (tank à lait) (Gura, 2008 ; Hostiou et al., 2012).

Pour contribuer à la réflexion sur les modèles de fermes laitières à promouvoir, il est nécessaire de mieux connaître la diversité de ces exploitations laitières familiales et d'évaluer leur durabilité. Cet

article a eu pour objectif de décrire la diversité et d'évaluer la durabilité sociale, environnementale et économique d'exploitations laitières familiales dans un district périurbain de Hanoï où la production laitière est en pleine croissance. La discussion porte sur les modèles d'exploitations laitières à appuyer ainsi que les mesures à mettre en place pour favoriser le développement de la production laitière.

## ■ MATERIEL ET METHODES

### *Zone d'étude*

Au Vietnam, l'élevage laitier se développe essentiellement en zone périurbaine des grandes villes (Ho Chi Minh, Hanoï), comme dans le cas du district de Ba Vi qui se situe à 50 kilomètres de l'important marché de consommation de Hanoï (figure 1). Outre l'élevage laitier, le district de Ba Vi se caractérise par la diversité des activités agricoles (thé, patate douce, certains fruits et la poule de colline [*gà ri*]), touristiques (hôtels, etc.) ainsi que le développement des activités industrielles.

Le nombre de bovins laitiers et d'exploitations laitières ont fortement augmenté en passant de moins de 300 têtes en 1998 à plus de 7600 en 2014 (Duteurtre et al., 2015a), et de quelques dizaines d'exploitations en 1998 à 1407 en 2012. La production laitière est d'environ 20 000 tonnes par an, soit 55 000 litres par jour. Il existe une diversité de réseaux de collecte du lait à Ba Vi. La plupart des éleveurs vendent leur lait à des centres de collecte qui approvisionnent IDP, la principale laiterie industrielle. Les éleveurs et les centres de collectes sont liés par des contrats avec cette industrie laitière privée. Ce réseau concerne environ 1000 familles, soit près de 85 % de la production de lait. Parmi celles-ci, les éleveurs localisés sur les terres de l'ancienne ferme d'Etat, actuellement Centre de recherche en élevage de Ba Vi (soit environ 200 familles), vendent leur lait à IDP par l'intermédiaire des centres de collectes du centre de recherche. Les autres centres de collecte sont privés.

Les enquêtes auprès d'éleveurs laitiers ont été réalisées dans les trois principales communes ayant développé la production laitière à Ba Vi (Tan Linh, Van Hoa, Yen Bai), qui représentent plus de 70 % de la production laitière totale du district (figure 2). Ces trois communes ont également été choisies par les politiques publiques pour investir et développer l'élevage laitier dans le programme d'aménagement de Hanoï. Elles présentent également une diversité en matière d'origine ethnique de la population (l'ethnie majoritaire Kinh, et l'ethnie Muong originaire de la zone), et en termes de formes d'accès au foncier : certaines exploitations possèdent des titres fonciers individuels, tandis que les exploitations laitières situées sur les terres du centre de recherche ne possèdent pas de titre foncier (Duteurtre et al., 2015a).

### *Echantillon des exploitations enquêtées*

Au total 160 exploitations laitières dans ces trois communes ont été sélectionnées pour conduire les entretiens, soit 10 % des exploitations laitières de la zone. Afin de couvrir la diversité des exploitations laitières sur ces trois communes, deux principaux critères de sélection ont été retenus : a) la taille du cheptel laitier (petite avec moins de 5 bovins laitiers, moyenne avec 5 à 10 bovins laitiers, grande avec plus de 10 bovins laitiers) car elle donne une indication sur les capacités de production des fermes, et b) la diversité des activités agricoles et non-agricoles dans les exploitations (exploitations spécialisées dans la production laitière, lait + activité agricole, lait + activité agricole + activité non-agricole). Une ferme laitière industrielle de grande dimension mise en place par IDP a également été enquêtée, même s'il s'agit d'une exception vis-à-vis des autres exploitations familiales. L'objectif était de connaître son fonctionnement ainsi que ses performances en terme de durabilité. Les données utilisées dans la typologie des exploitations ainsi que dans l'analyse de durabilité sont basées sur l'année 2013.

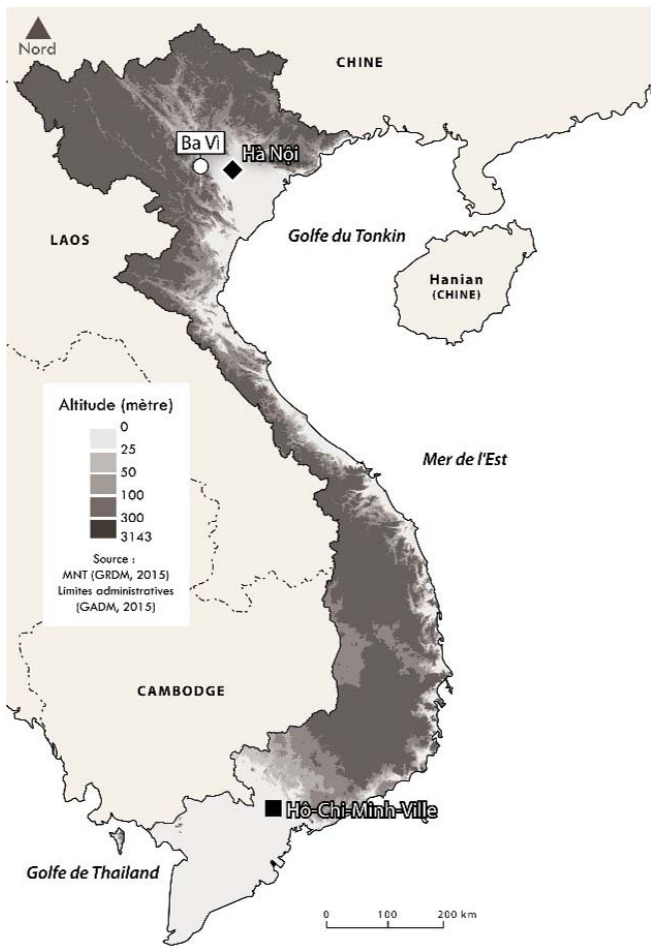


Figure 1 : localisation du district de Ba Vi au Vietnam. (Carte : J.-D. Cesaro)

### Recueil des données

Les entretiens ont été réalisés à l'aide d'un questionnaire directif. Les questions ont porté sur les capitaux disponibles sur l'exploitation, parce que la diversité des exploitations agricoles se base sur les ressources et les objectifs des agriculteurs, en référence au cadre d'analyse des moyens d'existence durables (Carney et al., 1999 ; Bosc et al., 2014), sur le fonctionnement technique de l'élevage (pratiques d'alimentation, de reproduction, de traite, et de commercialisation), et sur les performances économiques, environnementales et sociales de l'exploitation. Les critères à renseigner pour chaque thème (capitaux, fonctionnement technique et performances) ont été choisis en fonction d'une synthèse de la littérature sur la durabilité des systèmes d'élevage (Vilain et al., 2008 ; Lebacqz et al., 2013 ; Chand et al., 2015 ; Salas-Reyes et al., 2015) et des discussions avec les experts locaux (Lopez-Ridaura et al., 2002). Comme peu d'exploitants disposaient de comptes bancaires pour la gestion de leur trésorerie, nous avons choisi le revenu brut (ou produit brut d'exploitation) comme indicateur du capital financier car il rend compte du volume de trésorerie disponible sur l'exploitation. Toutes les données sont présentées en dollars US (1 \$ = 21 000 dôngs vietnamiens au moment de l'enquête).

### Analyse des données

Afin de décrire la diversité des exploitations familiales, une analyse des données recueillies lors des entretiens a été réalisée en plusieurs étapes. Dans la première, des variables ont été construites pour décrire les exploitations d'après leur dotation en capitaux (Chambers et al., 1992) et le fonctionnement de l'atelier laitier (tableau I). Des variables

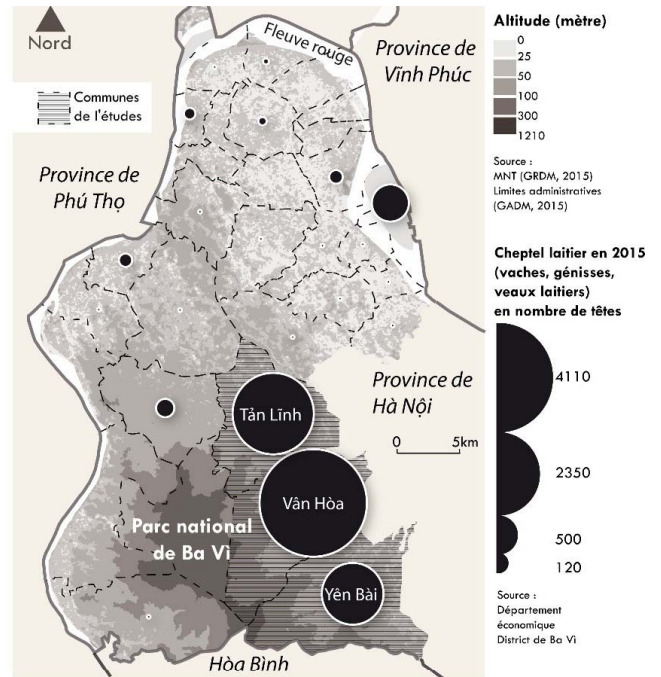


Figure 2 : localisation du cheptel laitier dans le district de Ba Vi au Vietnam en 2015. (Carte : J.-D. Cesaro)

Tableau I

Variables utilisées pour décrire les dotations en capitaux et le fonctionnement technique des exploitations laitières enquêtées dans le district de Ba Vi au Vietnam (2013)

Thèmes (nb. variables)	Variables actives
Capital naturel (2)	Surface totale (ha) Surface en fourrages/SAU <sup>1</sup> (%)
Capital physique (3)	Machine à traire (oui/non) Générateur électrique (oui/non) Nb. bovins laitiers (vaches et génisses)
Capital humain (6)	Ancienneté de la production laitière (ans) Groupe ethnique (Kinh/Muong) Nb. personnes dans la famille (personnes) Nb. travailleurs sur l'élevage laitier (travailleurs) Heures de travail réalisées par les femmes (%) Niveau d'éducation du chef d'exploitation (primaire/college/lycée/université)
Capital social (2)	Type de débouché pour la vente du lait et relation avec l'acheteur Activités non-agricoles (oui/non)
Capital financier (3)	Revenu total issu d'activités agricoles et non-agricoles = revenu brut = produit brut d'exploitation (\$/an) Revenu total issu d'activités agricoles et non-agricoles / travailleur familial (\$/an) Revenu des activités agricoles par SAU (\$/ha)
Fonctionnement de l'atelier laitier (1)	Autonomie fourragère (oui/non)

<sup>1</sup> Surface agricole utile

supplémentaires ont également été utilisées dans l'analyse : production laitière (L/an) et surface fourragère (ha / vache laitière). L'évaluation de la durabilité des exploitations a reposé sur l'analyse des trois facettes de la durabilité (économique, sociale, environnementale) pour l'atelier laitier (tableau II). Les variables de durabilité ont été sélectionnées à partir de la bibliographie et de réunions entre experts.

Pour l'analyse de la durabilité économique de l'atelier laitier, nous avons mobilisé trois variables décrivant la marge brute par exploitation, la marge brute par surface fourragère et la marge brute par travailleur (tableau II), en nous appuyant sur la bibliographie (Brossier et al., 2003) et sur des réunions entre experts. La marge brute correspond à la somme des revenus laitiers, desquels ont été soustraites les charges opérationnelles (hors travail familial). Les revenus laitiers incluent les ventes de lait, d'animaux et de fumier. Les charges opérationnelles (hors travail familial) incluent le coût des aliments, des produits et services vétérinaires, et du travail salarié. Elles n'incluent pas les charges de structure (accès à la terre, bâtiments, achats d'animaux, de machine à traire, de biogaz). Deux autres variables ont été retenues : nombre d'activités générant des revenus sur l'exploitation et part du revenu du lait sur le revenu total de l'exploitation. Ces variables permettent de rendre compte du niveau de diversification des activités et donc des capacités d'adaptation des ménages à des variations du prix du lait qui ont été marquantes dans le district de Ba Vi ces dernières années (tableau II).

Pour la dimension sociale de la durabilité, trois variables rendant compte du temps de travail dans l'atelier laitier (tableau II) ont été retenues car les charges de travail sont une contrainte au développement durable de la production laitière dans ces exploitations (Hostiou et al., 2012). Pour la durabilité environnementale, deux variables (tableau II) ont été mobilisées pour mesurer l'impact des cultures fourragères sur la pollution des sols et de l'eau du fait de l'utilisation d'herbicides et d'engrais par les éleveurs.

Dans une deuxième étape, une analyse multivariée a été réalisée pour construire une typologie d'exploitations. Elle a consisté en une analyse factorielle multiple (AFM ; Escofier et Pagès, 1994) sur les six groupes de variables actives décrivant les capitaux et le fonctionnement de l'atelier lait (tableau I), suivie d'une classification ascendante hiérarchique (CAH). La CAH a été réalisée à partir des principaux facteurs issus de l'AFM sur les critères regroupés par thème décrivant les exploitations laitières (tableau I). L'AFM permet, grâce à une pondération propre à chaque groupe de variables, de mieux rendre compte de leur hétérogénéité dans la description de la diversité des

exploitations. L'analyse statistique a été réalisée avec ade4 (Dray et al., 2007) et le logiciel de statistique R (R Core Team, 2016).

Ensuite, une représentation avec un graphe radar a été retenue pour représenter et comparer les profils de durabilité des différents types d'exploitations laitières (Lairez et al., 2015). Nous avons utilisé une échelle linéaire de 10 points pour représenter la valeur de chaque variable. La valeur des variables a varié de l'indice 1 (minimum dans l'échantillon) à l'indice 10 (maximum). L'exploitation de grande taille (appartenant à la laiterie privée IDP) a été analysée à part : ses caractéristiques ont été présentées en lien avec la description des types et de la durabilité réalisée pour les exploitations familiales de l'échantillon.

## ■ RESULTATS

### Présentation de l'échantillon

Les caractéristiques générales des 160 exploitations laitières enquêtées à Ba Vi sont présentées dans le tableau III. En moyenne les exploitations ont une surface de 0,84 hectare et possèdent 3,4 vaches pour une production laitière annuelle de 13 600 litres. La production laitière est une activité relativement récente ayant débuté en moyenne

Tableau III

Caractéristiques générales des exploitations laitières (n = 160) enquêtées dans le district de Ba Vi au Vietnam (2013)

Variables	Minimum	Moyenne	Maximum
Surface totale (ha)	0,24	0,84	6
Nb. bovins laitiers (vaches et génisses)	1	6	25
Nb. vaches laitières (traites et tarées)	1	3,4	16
Début de la production laitière (année)	1986	2004	2013
Nb. personnes dans la famille	2	4	13
Main d'œuvre familiale (nb. travailleurs sur la ferme)	1	2,4	5
Production laitière totale vendue (L)	3 000	13 600	55 000

Tableau II

Variables de performances utilisées pour analyser la durabilité de l'atelier laitier des exploitations laitières enquêtées dans le district de Ba Vi au Vietnam (2013)

Thèmes (nb. variables)	Variables
Performances économiques (5)	Marge brute totale de l'atelier laitier par exploitation par an (\$/exploitation/an)
	Marge brute totale de l'atelier laitier par travailleur familial sur l'atelier laitier et par an (\$/travailleur/an)
	Marge brute totale de l'atelier laitier par ha de surface fourragère par an (\$/ha/an)
	Nb. activités générant des revenus sur l'exploitation
	Part du revenu du lait sur le revenu total de l'exploitation (%)
Performances environnementales (2)	Montant total des achats d'herbicides pour la surface fourragère (\$/ha/an)
	Montant total des achats d'engrais (NPK) <sup>1</sup> pour la surface fourragère (\$/ha/an)
Performances sociales (3)	Temps de travail total de l'atelier laitier par exploitation et par an (h/exploitation/an)
	Temps de travail total de l'atelier laitier par travailleur sur l'atelier laitier et par an (h/travailleur/an)
	Temps de travail total de l'atelier laitier par bovin laitier et par an (h / bovin laitier / an)

<sup>1</sup> Azote, phosphore, potassium

en 2004. La main d'œuvre comprend en moyenne 2,4 travailleurs familiaux par ferme. Ces moyennes cachent évidemment d'importantes disparités dans les dotations en capitaux et dans les performances de production.

Au moment de l'enquête, les pratiques de conduite du troupeau laitier présentaient un certain nombre de points communs entre les fermes. Elles reposaient sur un modèle technique intensif en travail et en terre, avec une distribution à l'auge de fourrages cultivés sur l'exploitation (herbe à éléphant [*Pennisetum purpureum*] et maïs) et de concentrés achetés, l'élevage de vaches métisses toutes issues de croisement avec la race Holstein, et la pratique généralisée de l'insémination artificielle. La diversité des pratiques d'élevage observées reposait surtout sur l'autonomie fourragère et sur les modes de commercialisation du lait, variables retenues pour la typologie (tableau I). Les variables décrivant les pratiques d'élevage n'ont pas été retenues comme discriminantes dans la typologie, celle-ci étant construite sur les cinq capitaux.

### Caractérisation de la diversité des exploitations laitières

La typologie a permis d'identifier cinq types d'exploitations laitières (tableaux IV et V ; encadré 1) dont trois étaient des exploitations avec une surface agricole moyenne (environ un hectare), et deux avaient une petite surface agricole (environ un demi-hectare). Parmi les exploitations avec une surface agricole moyenne les trois types décrits ci-après ont été distingués (tableau IV).

Les exploitations du type 1 associent une diversité d'activités agricoles (riz, porcs, volailles) et non-agricoles (entre autres commerce, emploi), avec plus de six activités en moyenne. La part des terres dédiées à la culture des fourrages pour alimenter les vaches laitières est la plus faible de l'échantillon (70 %), laissant ainsi une place relativement importante aux cultures vivrières. La production de lait est récente et peu développée : le cheptel est de petite taille (3,8 bovins laitiers), il n'y a pas d'équipement (ni machine à traire ni générateur électrique) et le volume produit est l'un des plus faibles de l'échantillon. Ces exploitations sont autonomes en fourrages pour alimenter les vaches toute l'année avec une surface fourragère par vache laitière la plus élevée de l'échantillon. Le lait est vendu exclusivement à l'industrie laitière privée de la province (IDP). Dans ces familles d'origine Muong et de grande taille, le nombre de personnes impliquées dans l'activité laitière est le plus grand de l'échantillon (2,9), avec une contribution importante des femmes.

Les exploitations du type 2 (encadré 1) reposent sur plusieurs activités agricoles (4,3 en moyenne) dont le lait, d'autres élevages (porcs) et des cultures comme le riz, le manioc, le maïs. En revanche, elles n'ont pas d'activités non-agricoles. L'élevage laitier comprend un troupeau de grande taille (8,2 têtes) et un atelier bien équipé (générateur

électrique, machine à traire). La quasi-totalité de la surface est cultivée en fourrages. Cependant, ces exploitations ne sont pas autonomes en fourrages en hiver : à cette saison, les éleveurs doivent acheter divers types de fourrages et de sous-produits agricoles, ainsi que du maïs ensilé produit localement pour faire de l'ensilage. Les éleveurs sont d'origine Kinh. En moyenne, deux personnes travaillent sur l'atelier laitier, avec une faible contribution des femmes.

Les exploitations du type 3 (encadré 1) se caractérisent par une diversité encore plus importante des activités agricoles élevage et cultures (5,7 en moyenne). Le troupeau laitier est de taille moyenne par rapport à l'échantillon (5,7 bovins par exploitation) et 80 % de la surface est cultivée en fourrages. La plupart des exploitants sont d'origine Muong. Le nombre de travailleurs impliqués dans l'atelier laitier est élevé par rapport à l'échantillon (2,6 en moyenne). Les éleveurs vendent exclusivement leur lait à IDP.

Parmi les exploitations avec une petite surface agricole (environ un demi-hectare), on distingue deux types (types 4 et 5 ; tableau IV ; encadré 1). Les exploitations du type 4 sont très proches du type 2 mais elles ont deux fois moins de terres et d'animaux laitiers (3,9 en moyenne) et sont moins bien équipées. Elles sont pour la plupart localisées sur le centre de recherche (figure 3). Les ménages sont investis dans un grand nombre d'activités agricoles et non-agricoles (5,1 en moyenne). Une seule personne s'occupe de l'élevage laitier, sans machine à traire ni générateur. Ces exploitations ont recours à plusieurs modes de commercialisation du lait (boutiques et centre de recherche de Ba Vi). Ces éleveurs sont d'origine Kinh et ont un niveau d'éducation élevé par rapport à l'échantillon.

Dans les exploitations du type 5 il n'y a pas d'activité non-agricole et peu de diversité des activités agricoles. Le cheptel est de grande taille avec en moyenne 7,3 bovins laitiers. La surface fourragère par vache est la plus faible de l'échantillon (0,19 ha/vache) et les exploitations ne sont pas autonomes en fourrages pour alimenter les vaches toute l'année. Elles doivent donc recourir à des achats d'aliments. Ces exploitations se caractérisent par des ménages de petite taille par rapport aux autres groupes (3,8 personnes par famille en moyenne). Deux personnes s'occupent de la production laitière en bénéficiant d'équipements (machine à traire, générateur). Ces éleveurs sont d'origine Kinh. Ils sont tous installés sur le centre de recherche et bénéficient à ce titre de l'appui technique qu'il fournit (figure 3). Ils ont recours à plusieurs modes de commercialisation du lait (boutiques et centre de recherche de Ba Vi).

Enfin, le dernier type d'exploitation est composé d'une seule ferme présente sur le district de Ba Vi : la ferme laitière industrielle mise en place par la laiterie privée IDP. Cette exploitation est spécialisée dans la production de lait et de génisses. Elle est de très grande dimension

**Encadré 1**

- Type 1 : exploitations mixtes pluriactives peu intensives avec un petit troupeau laitier
- Type 2 : exploitations de polyculture-élevage intensives, avec un troupeau laitier relativement grand
- Type 3 : exploitations de polyculture-élevage moyennement intensives avec un troupeau laitier de taille moyenne
- Type 4 : petites exploitations pluriactives peu intensives avec un petit troupeau laitier
- Type 5 : exploitations spécialisées en lait et intensives, avec un troupeau laitier relativement grand

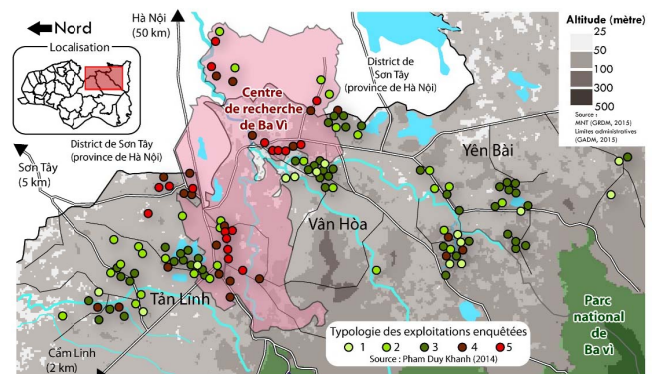


Figure 3 : localisation des cinq types d'exploitations laitières enquêtées dans le district de Ba Vi au Vietnam. (Carte : J.-D. Cesaro)

Tableau IV

Caractéristiques des cinq types d'exploitations (expl) laitières et de la ferme industrielle enquêtées dans le district de Ba Vi au Vietnam (2013) (moyenne ± écart-type)

Variables	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Ferme industrielle	
	Exploitation avec une surface agricole moyenne (≈ 1 ha)			Exploitation avec une petite surface agricole (≈ ½ ha)		Très grande exploitation	
Pourcentage de l'échantillon	10 % (15 expl)	22 % (35 expl)	33 % (53 expl)	19 % (31 expl)	16 % (25 expl)	1 expl	
Capital naturel	Surface totale (ha)	0,9 ± 0,3	1 ± 0,45	0,9 ± 0,42	0,5 ± 0,25	0,6 ± 0,30	15
	Pourcentage de la surface en fourrages / SAU <sup>1</sup>	70 %	90 %	80 %	70 %	80 %	60 %
Capital physique	Machine à traire	Non	Oui	+/-	Non	Oui	Oui
	Générateur électrique	Non	Oui	+/-	Non	Oui	Oui
	Nb. bovins laitiers (vaches et génisses)	3,8 ± 1,5	8,2 ± 4,0	5,7 ± 2,0	3,9 ± 1,6	7,3 ± 3,8	184
	Dont vaches laitières adultes	1,9	4,7	3,3	2,2	4,3	96
Capital humain	Ancienneté de la production laitière	6,5 ± 4,6	9,2 ± 5,2	7,5 ± 4,4	8,2 ± 5,2	14,6 ± 5,6	2012
	Groupe ethnique	Muong	Kinh	Muong	+/-	Kinh	Kinh
	Nb. personnes dans la famille	5,5 ± 1,6	4,4 ± 1,0	4,8 ± 1,2	4,0 ± 1,1	3,8 ± 1,1	0
	Nb. travailleurs sur l'élevage laitier	2,9 ± 0,7	2,2 ± 0,6	2,6 ± 0,8	1,7 ± 0,8	2,1 ± 0,5	14
	Pourcentage des heures de travail réalisées par les femmes	> 50 %	< 50 %	+/-	+/-	+/-	/
	Niveau d'éducation	+/-	+/-	+/-	Lycée	+/-	/
Capital social	Type de débouché pour la vente du lait et relation avec l'acheteur	Laiterie privée	+/-	Laiterie privée	Centre de recherche + boutiques privées	Centre de recherche + boutiques privées	Laiterie privée
	Activités non-agricoles	Oui	Non	+/-	Oui	Non	Non
Capital financier	Revenu brut total issu d'activités agricoles et non-agricoles (\$/an)	11 500 ± 4 950	17 000 ± 6 900	16 400 ± 9 380	9 500 ± 4 420	13 550 ± 6 350	210 000
	Revenu des activités agricoles par SAU (\$/ha)	12 500 ± 8 800	19 500 ± 9 150	18 500 ± 12 100	21 500 ± 17 850	23 000 ± 12 800	14 000
	Revenu brut total de toutes activités (agricoles + non-agricoles) / travailleur familial (\$/an)	3 150 ± 2 660	5 800 ± 3 060	5 150 ± 3 255	3 400 ± 1 595	4 850 ± 2 145	15 000 \$ / travailleur (100 % salariés)
Fonctionnement de l'atelier laitier	Autonomie fourragère	Oui	Non	Oui	Non	Non	non
Variables supplémentaires	Production laitière (L lait / an)	8 733 ± 4 697,5	18 229 ± 5 956,1	12 774 ± 5 272,0	8 645 ± 3 834,5	16 160 ± 8 168,4	300 000
	Surface fourragère / vache laitière (ha/vache)	0,41 ± 0,21	0,29 ± 0,1	0,24 ± 0,12	0,21 ± 0,12	0,19 ± 0,11	0,16
	Nb. litres de lait / ha de surface fourragère	17 000 ± 18 000	24 000 ± 11 000	19 000 ± 9 000	28 000 ± 24 000	28 000 ± 14 000	20 000

<sup>1</sup> Surface agricole utile



par rapport aux autres exploitations de l'échantillon, avec une surface de 15 hectares en fourrages et 184 bovins laitiers Holstein (dont 96 vaches laitières) pour une production annuelle de 300 tonnes de lait vendu en totalité à la laiterie IDP. L'exploitation est équipée de tracteurs, d'une salle de traite et d'un distributeur de concentré. La main d'œuvre salariée se compose de 12 salariés permanents, d'un vétérinaire, d'une comptable et d'un directeur de la ferme. Créée en 2012, elle est l'une des fermes les plus récentes de l'échantillon.

### Durabilité des exploitations laitières

Cette première approche de l'évaluation de la durabilité des exploitations résulte de l'analyse conjointe des performances économiques, environnementales et sociales. Avant d'étudier ces trois dimensions de manière intégrée, les performances des fermes pour chacune de ces dimensions ont été examinées (figure 4 ; tableau V).

Les performances économiques des exploitations doivent d'abord être abordées au niveau de l'atelier laitier. La marge brute de l'atelier laitier est plus élevée dans les exploitations les plus intensives (types 2 et 5) puisque celles-ci possèdent un troupeau laitier plus important et un meilleur niveau d'équipement. Elles dégagent une marge brute par exploitation comprise en moyenne entre 6400 et 7600 \$/an. Les fermes les plus intensives et les mieux équipées (types 2 et 5) dégagent également les marges brutes par travailleur et par unité de surface

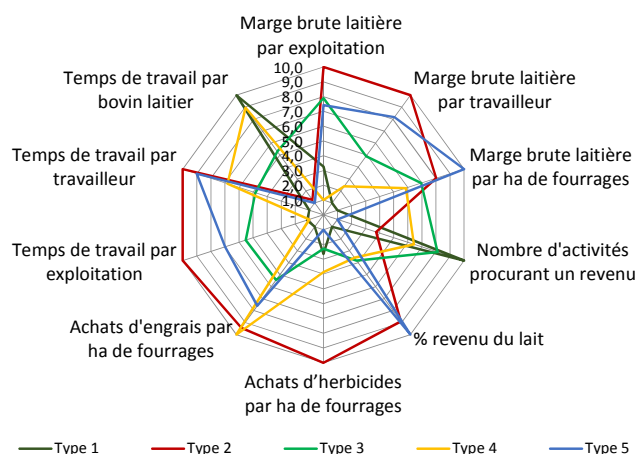


Figure 4 : résultats d'analyse des performances économique, environnementale et sociale des exploitations laitières du district de Ba Vi au Vietnam en 2013.

fourragère les plus élevées. Pour ces deux types, les marges brutes par travailleur sont en moyenne de 3500 à 4000 \$/travailleur/an, et les marges brutes par hectare sont de l'ordre de 9200 à 10 000 \$/ha/an. Il est intéressant de noter que parmi ces deux types d'exploitations

Tableau V

Résultats de durabilité des exploitations laitières enquêtées dans le district de Ba Vi au Vietnam selon les variables associées aux trois types de performances (2013)

Thèmes (nb. variables)	Variables	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Ferme industrielle
Performances économiques (5)	Marge brute totale de l'atelier laitier par exploitation et par an (\$)	4 452	7 559	6 587	3 413	6 370	76 710
	Marge brute totale de l'atelier laitier par travailleur familial sur l'atelier laitier et par an (\$/travailleur/an)	1 347	3 939	2 474	1 748	3 410	Gérant : une part des 76 710 \$/an Salaires des ouvriers : 1 800 Salaires des employés qualifiés : 3 600
	Marge brute totale de l'atelier laitier par ha de surface fourragère par an (\$/ha/an)	6 228	9 153	8 710	8 258	9 980	5 114
	Nombre de revenus de l'exploitation	3,5	2,2	3,1	2,8	1,6	1,0
	Part du revenu du lait sur le revenu brut total de l'exploitation (%)	55,0	85,8	66,0	65,0	90,0	100,0
Performances environnementales (2)	Montant total des achats d'herbicides pour la surface fourragère (\$/ha/an)	32,5	48,5	31,8	35,2	29,0	70,0
	Montant total des achats d'engrais (NPK) <sup>1</sup> pour la surface fourragère (\$/ha/an)	121,5	200,5	163,1	205,7	183,2	300,0
Performances sociales (3)	Temps de travail total de l'atelier laitier par exploitation et par an (h/exploitation/an)	2 239	3 462	2 844	2 219	3 046	31 200
	Temps de travail total de l'atelier laitier par travailleur sur l'atelier laitier et par an (h/travailleur/an)	763	1 554	1 100	1 274	1 467	2 400
	Temps de travail total de l'atelier laitier par bovin laitier et par an (h / bovin laitier / an)	589	422	499	569	417	169

<sup>1</sup> Azote, phosphore, potassium

les plus rentables, on trouve des exploitations de type 2 ainsi que des exploitations spécialisées (type 5). Cependant, les exploitations de polyculture-élevage de type 2, à l'instar des exploitations mixtes et/ou pluriactives moins intensives (types 1, 3 et 4), sont moins vulnérables économiquement à des aléas sur les prix du lait en raison de leur capacité à compenser des baisses de revenu laitier par d'autres activités agricoles et/ou non-agricoles. Au contraire, la spécialisation des exploitations les plus intensives (type 2) peut rendre ces exploitations plus fragiles face à des variations du prix du lait. La part de la production laitière dans le revenu global des exploitations les moins intensives est en effet inférieure à 65 % (tableau V ; figure 4).

La grande ferme industrielle (IDP) se différencie fortement des autres fermes par ses performances économiques. En raison de la taille de son cheptel et de l'importance de ses équipements, elle dégage une marge brute laitière environ 10 à 20 fois supérieure à celle des exploitations familiales. Par ailleurs, la productivité du travail de la ferme IDP est très supérieure à celle des autres fermes : elle possède 13 vaches par travailleur alors que les fermes familiales élèvent en moyenne 2,3 vaches par travailleur (tableau III). La productivité de la grande ferme est de 21 428 litres par travailleur et par an, alors qu'elle est de 5666 litres par travailleur dans les petites exploitations. Cette productivité du travail se traduit sur la marge brute par travailleur. Pour les ouvriers qui perçoivent un salaire de 1800 \$/an, le revenu par travailleur est comparable à la marge brute laitière des fermes les moins intensives. Pour les employés qualifiés (vétérinaire et comptable) qui sont payés 3600 \$/an, le salaire est équivalent à la marge brute par travailleur des fermes les plus intensives. Mais pour le gérant, la marge brute par travailleur est beaucoup plus élevée. Il est en effet rémunéré sur une partie de la marge brute laitière totale (76 000 \$/an), l'autre partie étant redistribuée aux actionnaires sous forme de rémunération du capital de l'exploitation.

Ces performances montrent l'intérêt économique de ce type de fermes mécanisées dans lesquelles la productivité du travail est élevée. Cependant, la ferme IDP présente une productivité par hectare assez faible par rapport aux petites exploitations. Elle dégage une marge brute de seulement 6900 \$/ha/an, ce qui s'explique par ses faibles performances fourragères (productivité de 20 000 litres de lait / ha/an). Par ailleurs, comme pour les exploitations spécialisées de type 5, ce modèle de grande ferme industrielle spécialisée apparaît plus vulnérable à des baisses du prix du lait.

Les performances économiques doivent aussi être évaluées d'un point de vue global, c'est-à-dire en prenant en compte les revenus issus des activités non-laitières. En effet, les exploitations diversifiées (types 1, 3 et 4) bénéficient, en plus du revenu laitier, de revenus complémentaires agricoles et non-agricoles. Ces revenus complémentaires représentent entre 35 % et 45 % du revenu d'exploitation et proviennent en moyenne de trois types d'activités différentes (cultures, élevage de monogastriques ou activités non-agricoles). Ainsi, les exploitations percevant les revenus les plus élevés ne sont pas forcément celles qui génèrent le revenu laitier le plus élevé. En l'occurrence, les exploitations de type 3 génèrent un revenu brut total du ménage de 16 400 \$/an, ce qui est très proche du revenu brut généré par les exploitations de type 2 et supérieur au revenu brut des exploitations de type 5 (tableau IV). Pourtant, la marge brute laitière de ces exploitations de type 3 est bien inférieure à celle des types 2 et 3 (tableau V). Ces différences illustrent l'importance de la pluriactivité dans la durabilité économique des exploitations.

En ce qui concerne la composante environnementale de la durabilité, les exploitations des types 2, 4 et 5 utilisent plus d'engrais (azote, phosphore, potassium) (figure 4 ; tableau V). Cependant, c'est surtout la ferme IDP qui utilise le plus d'intrants : elle consomme environ deux fois plus d'engrais et d'herbicides que les petites fermes. En outre, les exploitations peu ou moyennement intensives (types 1 et 3)

sont autonomes en fourrages et présentent donc des performances environnementales intéressantes dans un contexte très contraint en ressources fourragères.

Du point de vue social, l'enquête souligne les différences en termes de charge de travail. Ces charges par travailleur sont plus élevées dans les exploitations ayant les plus grands cheptels (types 2 et 5). Cependant, le recours à des équipements (machine à traire et générateur) permet de réduire le temps de travail par bovin dans ces exploitations par rapport aux autres types où le travail est réalisé manuellement. Dans la ferme industrielle, le temps de travail sur l'atelier laitier des ouvriers est deux fois plus élevé que celui des exploitants familiaux, en raison du statut de salarié de ces employés qui travaillent huit heures par jour, sept jours sur sept, et 50 semaines par an. Dans les exploitations familiales, le temps de travail est comptabilisé uniquement pour l'atelier laitier. Or ces agriculteurs consacrent également une partie de leur temps aux autres activités d'élevage (porcs, volailles), agricoles (riz ou autres), voire non-agricoles.

## ■ DISCUSSION

### *Facteurs locaux expliquant la diversité des exploitations laitières*

Cette étude a permis d'identifier cinq types d'exploitations laitières familiales. Ces types se différencient par leur capital physique, humain, social, naturel et financier, ainsi que par leurs performances économiques, environnementales et financières. Cette étude montre que le lait joue un rôle important dans les exploitations laitières à Ba Vi car il contribue à la valorisation financière du travail des familles. Le lait assure un revenu par hectare élevé et régulier à ces éleveurs, leur permettant de subvenir aux besoins de leur famille ainsi que d'investir dans leur exploitation (par exemple en achetant de nouveaux animaux). Par ailleurs, même si la production laitière est récente et si le modèle technique adopté par les éleveurs semble relativement homogène, les pratiques d'élevage ainsi que les performances techniques sont loin d'être identiques entre tous les éleveurs. Des suivis d'élevage pourraient ainsi être conduits pour rendre compte de la diversité, au sein de chaque groupe, des pratiques et des performances techniques, afin d'identifier des leviers d'amélioration utiles aux éleveurs (Hostiou et al., 2012).

Des facteurs historiques et sociaux expliquent en partie les différences identifiées en termes de dotation en capitaux entre les types. Pour la majorité de ces familles, le lait est une activité parmi d'autres. Seul le type 5 (exploitations spécialisées en lait et intensives, avec un troupeau laitier relativement grand) et la ferme industrielle sont spécialisés dans la production laitière. Les autres associent le lait à d'autres activités agricoles (porcs, volailles, cultures) et/ou non-agricoles (salarial, commerce). La pluriactivité est pratiquée dans les types ayant un cheptel de plus petite taille (types 1 et 4 ; encadré 1) car elle est source d'emploi et de revenus pour ces familles, et elle est favorisée par la proximité de la capitale Hanoï, dont les activités industrielles et touristique sont porteuses d'opportunités économiques (Duteurtre et al., 2015a).

Le lieu d'implantation des exploitations est également un facteur explicatif des différences observées. Les exploitations du type 5 sont localisées sur les terres du Centre de recherche en élevage de Ba Vi. Ces éleveurs sont souvent des ex-ouvriers de l'ancienne ferme d'Etat laitière, ayant reçu en fermage des terres et des animaux après la fermeture de cette ferme au début des années 1990. La grande taille des troupeaux observée aujourd'hui s'explique par cette histoire particulière.

L'ethnie est également un facteur expliquant les disparités entre les différents types d'exploitations. Ainsi, les fermes possédant les plus petits troupeaux appartiennent à des Muong qui pratiquent une

agriculture plus traditionnelle, donc plus diversifiée et moins intensive, alors que les plus grandes exploitations sont gérées par des Kinh. Ces disparités ethniques dans le savoir-faire et la dotation en capital se retrouvent dans d'autres contextes au Vietnam (Van de Walle et Gunewardena, 2001).

Cette étude n'aborde pas spécifiquement les évolutions futures des exploitations laitières familiales mais elle soulève certaines perspectives. Si le modèle de ferme industrielle de grande taille se développe actuellement dans différentes régions du Vietnam (Nguyen Mai Huong et al., 2016), il ne constitue pas une perspective envisageable pour les fermes familiales. En effet, ce modèle de grande ferme industrielle nécessite des investissements importants en équipement et en cheptel, un accès à une emprise foncière significative, et des compétences en gestion. En l'occurrence, la ferme IDP, installée sur les terres de l'ancienne ferme d'État de Ba Vi, a bénéficié d'un partenariat étroit avec le centre de recherche. Des économies d'échelle sont aussi envisageables dans l'agriculture familiale, mais elles passent par des modèles d'organisation différents et par des solutions techniques spécifiques. Le développement de coopératives ou d'unions de producteurs pourrait par exemple permettre aux éleveurs familiaux d'accéder à des équipements collectifs afin d'améliorer la productivité du travail. L'amélioration des techniques fourragères, la pratique de l'ensilage, la mécanisation de la traite ou l'amélioration des revenus non-agricoles au sein de la famille pourraient aussi renforcer les capacités des petites fermes à se maintenir.

### **Types d'exploitations laitières plus durables que d'autres ?**

Cette étude permet de comparer certains aspects de la durabilité des cinq types d'exploitations laitières familiales et de la grande ferme industrielle identifiés à Ba Vi. Nos résultats permettent d'abord d'identifier les atouts et faiblesses de chacun des types. Ainsi, les marges brutes de l'atelier laitier des exploitations les plus intensives avec de grands troupeaux laitiers (types 2 et 5 ; encadré 1) sont meilleures que celles des autres types. Toutefois les exploitations pluriactives et de polyculture-élevage, qu'elles aient une grande surface agricole (types 1 et 3) ou non (type 4), sont capables de compenser une éventuelle baisse du prix du lait grâce à la présence de multiples activités (Udo et al., 2011). Elles sont donc plus flexibles.

De plus, ces exploitations pluriactives ont des performances environnementales plus intéressantes. D'une part, certaines utilisent moins d'engrais et d'herbicides que les exploitations les plus intensives (type 2 et ferme IDP) et seraient donc potentiellement moins polluantes. Les résultats ont souligné les impacts potentiels négatifs de l'élevage industriel sur la qualité des sols et de l'eau, liés à la gestion intensive des fourrages sur cette grande ferme laitière. Il conviendrait évidemment de confirmer cela par des analyses environnementales plus poussées. D'autre part, certaines sont autonomes en fourrages. Enfin, les interactions positives entre cultures et élevage limitent la pollution locale car les effluents d'élevage sont valorisés sur les parcelles cultivées (Herrero et al., 2010). Du point de vue social, l'efficacité du travail (nombre d'heures par bovin par an) est meilleure dans les types 2 et 5 grâce aux équipements (machine à traire, générateur électrique), mais leurs charges de travail sont plus élevées.

Cette étude ne permet pas de conclure qu'un type d'exploitation est plus durable que d'autres. Aucun type d'exploitation n'est meilleur que les autres pour l'ensemble des dimensions de la durabilité. Nos résultats montrent plutôt qu'il existe plusieurs compromis possibles entre revenus financiers, flexibilité de l'exploitation, impact environnemental et impact social, et qu'il est difficile d'arbitrer entre ces compromis.

Par ailleurs, les indicateurs utilisés dans cette étude pour évaluer la durabilité des exploitations laitières sont exprimés essentiellement à

l'échelle de la ferme. Or, la durabilité des exploitations laitières est aussi fortement impactée par les liens à la filière, et aux autres acteurs et activités du territoire (Napoléone et al., 2015). Ainsi, cette étude pourrait être complétée par des travaux visant à évaluer des indicateurs de durabilité prenant en compte les interactions entre l'exploitation, la filière et le territoire (Vilain et al., 2008 ; Lebacqz et al., 2013).

### **Quels modèles laitiers et quelles capacités à accroître les volumes produits ?**

La stratégie nationale de développement de l'élevage au Vietnam vise à développer l'élevage laitier sur la base du modèle des grandes exploitations laitières intensives. Les types 2 et 5, et surtout la ferme IDP, constituent les modèles d'exploitations laitières dont le développement est encouragé. Cependant, notre étude montre que les fermes avec de petits cheptels (types 1, 3 et 4) ont également un rôle à jouer dans le développement de la production laitière nationale : elles sont moins vulnérables aux fluctuations du prix du lait du fait d'un revenu basé sur une diversité d'activités agricoles et/ou non-agricoles, et leurs performances environnementales et sociales sont plus intéressantes. Ainsi, les performances économiques des exploitations agricoles ne devraient pas être le seul indicateur à prendre en compte dans les politiques nationales, dès lors que l'on chercherait à promouvoir un développement durable de l'élevage au Vietnam. Par exemple, les exploitations du type 5 localisées sur les terres du centre de recherche ne possèdent pas de certificat de droit d'usage de leurs terres, ce qui ne leur permet pas d'emprunter de l'argent auprès de banques, comme le requiert la législation vietnamienne.

Ces résultats nous amènent à proposer quelques pistes pour accompagner le développement de l'activité laitière au Vietnam. Des mesures pourraient être mises en place pour maintenir un tissu d'exploitations laitières diverses quant à leur taille, l'utilisation de la main d'œuvre et les combinaisons d'activités agricoles et non-agricoles. En effet, les voies d'accroissement des volumes de lait produits sont à adapter à chaque type d'exploitation. Les fermes de polyculture-élevage et pluriactives (types 1 et 4) pourraient accroître la quantité de lait produite par l'augmentation du cheptel et l'investissement dans des équipements (machine à traire), et donc par l'accès à des prêts à faible taux d'intérêt. L'augmentation de la production est plus difficile pour le type 3 à cause du foncier limité et de faibles capacités financières. Les exploitations intensives avec de grands troupeaux laitiers (types 2 et 5) peuvent difficilement accroître les volumes produits par l'augmentation du cheptel, mais elles le pourraient par l'amélioration génétique des vaches et l'augmentation du rendement en fourrages. La charge de travail est une contrainte dans les exploitations avec de petits cheptels pour accroître les volumes de lait en raison du faible niveau de mécanisation de la traite ou encore de l'affouragement, ces travaux se faisant essentiellement manuellement (Hostiou et al., 2012). Pour les exploitations avec de petits cheptels et/ou avec de faibles capacités financières, il faudrait pouvoir développer une mécanisation en commun, comme cela est également envisagé dans d'autres pays du Sud (Chand et al., 2015). L'organisation en coopératives ou en groupes d'intérêts plus informels pourrait se révéler pertinente, mais du fait de l'histoire du collectivisme dans ce pays des modalités politiques et sociales sont à prendre en compte.

### **CONCLUSION**

Cette étude caractérise la diversité et la durabilité des exploitations laitières au Vietnam, dans un contexte où les politiques publiques privilégient l'accroissement de la taille des cheptels, la spécialisation et l'intensification des exploitations, afin d'augmenter rapidement les volumes produits. Si des exploitations laitières spécialisées de grande taille se développent, la production repose également sur des exploitations mixtes d'agriculture-élevage et sur des ménages ruraux

pluriactifs. Les exploitations de grande taille et les fermes les plus intensives présentent des performances économiques (marge brute totale de l'atelier laitier) plus élevées que celles des exploitations de plus petite taille et diversifiées. Cependant, les exploitations avec de petits cheptels ont également des atouts sur le plan économique (vulnérabilité moindre à des fluctuations du prix du lait par exemple), environnemental (complémentarités agriculture-élevage, autonomie fourragère, utilisation moindre d'engrais) et social (emploi rural) et présentent donc un intérêt pour le développement durable de la

production laitière nationale. Le développement de la production laitière à Ba Vi, et d'une manière générale au Vietnam, pourrait reposer sur le maintien de cette diversité d'exploitations avec la mise en place de mesures qui traiteraient différemment, pour chaque type d'exploitation, des problèmes d'accès à la main d'œuvre, à la mécanisation, au crédit ou encore au foncier. Ces résultats pourraient être discutés avec des décideurs politiques locaux et nationaux afin d'éclairer les trajectoires de développement de l'élevage laitier dans les régions laitières du Vietnam.

## REFERENCES

- Agroinfo, 2014. Rapport de la filière laitière, 51 p.
- Beghin J.C., 2006. Evolving dairy markets in Asia: Recent findings and implications. *Food Policy*, **31**: 195-200, doi: 10.1016/j.foodpol.2006.03.001
- Bosc P.M., Sourisseau J.M., Bonnal P., Gasselin P., Valette E., Belieres J.F., Friedmann H., 2014. Diversité des agricultures familiales, exister, se transformer, devenir. Quae, Versailles, France, 308 p.
- Brossier J., Marshall E., Chia E., Petit M., 2003. Gestion de l'exploitation agricole familiale. Éléments théoriques et méthodologiques. Educagri, Dijon, France, 220 p.
- Carney D., Drinkwater M., Rusinow T., Neeffjes K., Wanmali S., Singh N., 1999. Livelihoods approaches compared. A brief comparison of the livelihoods approaches of the UK Department for International Development (DFID). CARE, Oxfam, UN Development Programme, London, UK
- Chambers R., Conway G., 1992. Sustainable rural livelihoods: practical concepts for the 21st Century. Institute of Development Studies, Brighton, UK (Discussion Paper 296)
- Chand P., Sirohi S., Sirohi S.K., 2015. Development and application of an integrated sustainability index for small-holder dairy farms in Rajasthan, India. *Ecol Indic*, **56**: 23-30, doi: 10.1016/j.ecolind.2015.03.020
- Dray S., Dufour A.B., Chessel D., 2007. The ade4 package-II: Two-table and K-table methods. *R News*, **7**: 47-52
- Duteurtre G., Cesaro J.D., Nguyen Mai Huong, Pham Duy Khanh, Nguyen Ngoc Luan, 2015b. The TH dairy company (Vietnam): Is such a large-scale investment sustainable? Report of a visit conducted in Nghĩa Dân District on 2 July 2015. Cirad, Rudec, Hanoi, Vietnam, 17 p. (Revalter Working Paper) [www.futurelivestock.net/index.php?language=1&module=document&catelid=1290](http://www.futurelivestock.net/index.php?language=1&module=document&catelid=1290)
- Duteurtre G., Faye B., 2009. L'élevage, richesse des pauvres. Stratégies d'éleveurs et organisations sociales face aux risques dans les pays du Sud. Quae, Versailles, France, 288 p.
- Duteurtre G., Pham Duy Khanh, Cesaro J.C., 2015a. Bassin laitier de Ba Vi : un territoire d'élevage façonné par les politiques publiques, entre modèle industriel et soutien à la paysannerie. In : Voies lactées. Dynamique des bassins laitiers entre globalisation et territorialisation (éds Napoléone M., Corniaux C., Leclerc B.). Cardère, Paris, France, 67-88
- Escofier B., Pages J., 1994. Multiple factor analysis (AFMULT package). *Comput. Stat. Data Anal.*, **18**: 121-140
- GSO, 2014. Results of the 2011 Rural, agricultural and fishery census, General Statistical Office, Hanoi, [www.gso.gov.vn/default\\_en.aspx?tabid=477&ItemID=13399](http://www.gso.gov.vn/default_en.aspx?tabid=477&ItemID=13399) (accessed 3 March 2016)
- Gura S., 2008. Industrial livestock production and its impact on smallholders in developing countries. Consultancy report to the League for Pastoral Peoples and Endogenous Livestock Development, [www.pastoralpeoples.org](http://www.pastoralpeoples.org) (accessed 23 Feb. 2016)
- Hemme T., Otte J., 2010. Status and prospects for smallholder milk production. A global perspective. FAO, Rome, Italy, 186 p.
- Herrero M., Thornton P.K., Notenbaert A.M., Wood S., Msangi S., Freeman H.A., Bossio D., et al., 2010. Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. *Science*, **327**: 822-825, doi: 10.1126/science.1183725
- Hostiou N., Pham Duy Khanh, Duteurtre G., Vu Trong Binh, Dedieu B., 2012. Relationships between work organisation and size of dairy farms: a case study based in Vietnam. *Trop. Anim. Health Prod.*, **44**: 1709-1716, doi: 10.1007/s11250-012-0128-y
- Lairez J., Feschet P., Aubin J., Bockstaller C., Bouvarel I., 2015. Agriculture et développement durable. Guide pour l'évaluation multicritère. Quae, Versailles, France, 232 p.
- Lebacqz T., Baret P.V., Stilmant D., 2013. Sustainability indicators for livestock farming. A review. *Agro Sustain. Dev.*, **33**: 311-327, doi: 10.1007/s13593-012-0121-x
- López-Ridaura S., Masera O., Astier M., 2002. Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. The MESMIS framework. *Ecol. Indic.*, **2**: 135-148, doi: 10.1016/S1470-160X(02)00043-2
- Napoléone M., Corniaux C., Leclerc B., éds, 2015. Voies lactées. Dynamiques des bassins laitiers entre globalisation et territorialisation. Cardère, Avignon, France, 313 p.
- Ness B., Urbel-Piirsalu E., Anderberg S., Olsson L., 2007. Categorising tools for sustainability assessment. *Ecol. Econ.*, **60**: 498-508, doi: 10.1016/j.ecolecon.2006.07.023
- Nguyen Mai Huong, Duteurtre G., Pham Duy Khanh, Hoang V.Q., Cesaro J.C., 2016. Hướng đi nào bền vững cho phát triển chăn nuôi bò sữa ở Việt Nam: sản xuất nông hộ hay đầu tư qui mô lớn? Tạp chí Khoa học và Công nghệ chăn nuôi, Viện chăn nuôi Quốc gia, Số. **61**: 12-21. (Quels sont les modèles durables pour l'élevage laitier du Vietnam : l'exploitation laitière familiale ou le méga ferme ? Revues des scientifiques et de la technologie de l'élevage - Institut national d'élevage du Vietnam)
- OECD, 2015. Agricultural Policies in Viet Nam 2015. Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris, France
- Salas-Reyes I.B., Arriaga-Jordan C.M., Rebollar-Rebollar S., Garcia-Martinez A., Albarran-Portillo B., 2015. Assessment of the sustainability of dual-purpose farms by the IDEA method in the subtropical area of central Mexico. *Trop. Anim. Health Prod.*, **47**: 1187-1194, doi: 10.1007/s11250-015-0846-z
- Steinfeld H., Mooney H.A., Schneider F., Neville L.E., Eds, 2010. Livestock in a changing landscape, Vol. 1, Drivers, consequences and responses. Island Press, Washington DC, USA, 416 p.
- Suzuki K., Kanameda M., Ogawa T., Nguyen T.T.D., Dang T.T.S., Luu Q.H., Pfeiffer D.U., 2006. Productivity and socio-economic profile of dairy cattle farmers amongst rural smallholder communities in northern Vietnam. *Livest. Sci.*, **101**: 242-250, doi: dx.doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.11.015
- Udo H.M.J., Aklilu H.A., Phong L.T., Bosma R.H., Budisatria I.G.S., Patil B.R., Samdup T., Bebe B.O., 2011. Impact of intensification of different types of livestock production in smallholder crop-livestock systems. *Livest. Sci.*, **139**: 22-29, doi: dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2011.03.020
- Van de Walle D., Gunewardena D., 2001. Sources of ethnic inequality in Viet Nam. *J. Dev. Econ.*, **65**: 177-207
- Vilain L., Girardin P., Mouchet C., Viaux P., Zahm F., 2008. La méthode IDEA, indicateurs de durabilité des exploitations agricoles : guide d'utilisation, vers. 3. Educagri, Dijon, France, [www.idea.chlorofil.fr/](http://www.idea.chlorofil.fr/) (consulté 30 mars 2014)

## Summary

**Pham Duy Khanh, Duteurtre G., Cournut S., Messad S., Dedieu B., Hostiou N.** Characterizing dairy farm diversity and sustainability in Vietnam: Case study in suburban Hanoi

In Vietnam, public policies tend to support the development of large (> 30 cows) or industrial (> 500 cows) dairy farms. However, despite the recent expansion of these large farms, very small family farms still play a major role in national milk production. To contribute to the discussion on the models of farms worth promoting, we aimed to characterize the diversity of dairy farms in the district of Ba Vi in suburban Hanoi, and to assess their sustainability. In total 160 dairy farms were selected to represent the diversity of farms in the area. Directional interviews were conducted with farmers on the various types of capital available on the farm, on livestock-husbandry and milk-marketing practices, and on farm economic, environmental and social performances. A multiple factor analysis, followed by hierarchical clustering enabled us to establish a farm typology. An industrial farm and five types of family dairy farms were identified in the district, mainly differentiated by the number and type of agricultural and non-agricultural activities, the dairy-herd size, and milk production intensification. The performance indicators of the specialized farms revealed higher economic profitability than in more diversified farms. However, mixed farms also had economic (adaptive flexibility), environmental (fodder autonomy) and social (employment, workload) assets that were related to the diversity of their agricultural and non-agricultural activities. Although policies tend to support the development of specialized farms and large farms, support programs must also include small farms with agricultural and non-agricultural activities, as they also play an essential role in the sustainable development of national dairy production.

**Keywords:** dairy farm, diversification, intensification, typology, Viet Nam

## Resumen

**Pham Duy Khanh, Duteurtre G., Cournut S., Messad S., Dedieu B., Hostiou N.** Caracterización de la diversidad y sostenibilidad de fincas lecheras en Vietnam: Estudio de un caso en los suburbios de Hanoi

En Vietnam, las políticas públicas tienden a respaldar el desarrollo de fincas lecheras grandes (> 30 vacas) o industriales (> 500 vacas). Sin embargo, a pesar de la reciente expansión de estas fincas grandes, fincas familiares muy pequeñas todavía ocupan un papel mayor en la producción doméstica de leche. Con el fin de aportar a la discusión sobre los modelos de fincas que vale la pena promover, pretendemos caracterizar la diversidad de las fincas lecheras en el distrito de Ba Vi en los suburbios de Hanoi y asesorar su sostenibilidad. Se seleccionaron 160 fincas lecheras para representar la diversidad de fincas en el área. Se condujeron entrevistas direccionales con los finqueros sobre los diversos tipos de capital accesible en la finca, sobre las prácticas de cría-ganadería y mercadeo de la leche y sobre los rendimientos económico, ambiental y social de la finca. Un análisis multifactorial, seguido de un clustering jerárquico nos permitió establecer una tipología de las fincas. Se identificaron un tipo de finca industrial y cinco tipos de fincas lecheras familiares en el distrito, principalmente diferenciadas por el número y tipo de actividades agrícolas y no agrícolas, el tamaño del hato lechero y la intensificación en la producción de leche. Los indicadores de rendimiento de las fincas especializadas revelaron una rentabilidad más alta que en las fincas más diversificadas. Sin embargo, las fincas mixtas también presentaron valores económicos (flexibilidad adaptable), ambientales (autonomía de forraje) y sociales (empleo, carga de trabajo), que estaban relacionados con la diversidad de sus actividades agrícolas y no agrícolas. A pesar de que las políticas tienden a apoyar el desarrollo de fincas especializadas y fincas grandes, los programas de apoyo deben también incluir fincas pequeñas, con actividades agrícolas y no agrícolas, ya que ellas juegan un rol esencial en el desarrollo sostenible de la producción lechera nacional.

**Palabras clave:** granja lechera, diversificación, intensificación, tipología, Vietnam



# Milk offtake of cows in smallholder farms of semiarid Sahel: low yields with high value!

Pierre Hiernaux<sup>1\*</sup> Kalilou Adamou<sup>2</sup> Alberto Zezza<sup>3</sup>  
Augustine A. Ayantunde<sup>4</sup> Giovanni Federighi<sup>5</sup>

## Keywords

Cattle, milk products, milking, farm income, agropastoral system, Sahel, Niger

Submitted: 20 December 2016

Accepted: 10 March 2017

Published: 27 June 2017

DOI: 10.19182/remvt.31199

## Summary

The cow milk offtake of 300 agropastoral smallholdings was measured every fortnight over a year in semiarid Sahel, in Dantiandou district in Niger. The numbers of cows – adults, lactating and actually milked in the morning and/or evening – were systematically recorded, as well as information on grazing management, cow feed supplementation, milk consumption and processing, and sale of dairy products. In addition, the reproduction careers of the 334 cows were documented by retrospective survey. The mean daily milk offtake per cow per milking was  $0.82 \pm 0.45$  L. It was not significantly different between morning and evening milkings, between seasons, and between farms. However, the total milk offtake per farm, whose annual average was  $507 \pm 362$  L, varied considerably according to the season and the farm. On average, they were higher in the recently settled Fulani camps ( $624 \pm 377$  L) than in Djerma village farms ( $352 \pm 275$  L). The larger cow population in the camps ( $7.1 \pm 5.3$  vs  $4.3 \pm 4.0$ ) mainly caused this difference, although their proportion of lactating cows was lower (57%) than in village herds (73%). The results showed that better management by camp agropastoralists with less frequent milkings, more frequent use of night grazing, transhumance, and regular use of feed supplementation helped improve cow fattening and reproductive performances. Despite these low milk yields, the monetary value of the milk offtake accounted for 16% of farm and off-farm incomes in camp households, and 7% in village households. Dairy products were largely consumed by the family: 78% in camps and 84% in villages.

■ To quote this article: Hiernaux P., Adamou K., Zezza A., Ayantunde A.A., Federighi G., 2016. Milk off-take of cows in smallholder farms of semiarid Sahel: low yields with high value! *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 69 (4): 143-153, doi: 10.19182/remvt.31199

## ■ INTRODUCTION

Rock engravings in the Aïr and Ifoghas mounts convey evidence of cows milked in West Africa 8000 years ago (Dupuy, 2010). Yet, in present days, the milk offtake and total production in pastoral and agropastoral systems in the Sahel remain poorly documented (Nicholson, 1984; Bocoum et al., 2013) with most of the quantitative information still unpublished, confined to technical reports or academic works. These reports are often incomplete or suffering from weaknesses: the milk offtake is not always clearly distinguished from the total milk production (Ndione et al., 2014); or it is assessed at the herd level with no information on the number of adult cows, lactating cows and milked cows, as not all lactating cows are effectively milked (Coulibaly, 2008). Moreover, the milk offtake is often assessed by recall surveys (Boukary et al., 2007; Zezza et al., 2014). When it is physically measured, it is carried out on a small number of cows (Schaffer, 1994; Baoua, 1994; Rath, 1999; Coulibaly, 2008)

1. Géosciences Environnement Toulouse, 14 avenue E. Belin, 31400 Toulouse, Cedex, France.

2. ILRI, ICRISAT Research Centre, Niamey, Niger.

3. Development Research Group, The World Bank, Washington, USA.

4. ILRI, Ouagadougou, Burkina Faso.

5. Università di Roma 'Tor Vergata', Italia.

\* Corresponding author

Email: pierre.hiernaux2@orange.fr



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

and on a short period (Baoua, 1994; Sanogo, 2011). Otherwise, databases exist but the data have been collected in research stations where breeding practices are not representative of the agropastoral farming system (Achard and Chanono, 1995; Kane, 1996; Diop et al., 2009; Ndione et al., 2014). In spite of these limitations, reported yields are consistently low compared to that of dairy units in temperate regions.

However, there is a production gap in the literature between cows whose mean total daily milk yield during lactation ranges between 1 and 3 L with 0.3 to 2.0 L milk offtake, and cows whose mean total daily milk yield ranges between 3 and 12 L with 2 to 6 L milk offtake. Moreover, the duration of the lactation and the period during which cows are milked vary largely between cattle herds, affecting overall production. Several authors report the following lactation lengths for zebu cows in Sahel: 150–180 days (d) (Denis, 1971), 246 ± 129 d (Wagenaar et al., 1986), 254 ± 16 d (Anonym, 1977), 278 ± 5 d (Achard and Chanono, 1995), 295 ± 16 d (Colin de Verdière, 1995), and 350–430 d (Rath, 1999). For comparison, Agyemang et al. (1991) report 420 d for Ndama taurine cows in a subhumid area. Resumption of milk production during the wet season, which had decreased during the previous dry season, is also observed (Bonfiglioli, 1981; Wagenaar et al., 1986; Colin de Verdière, 1995). Milking can be carried out year round (Resse et al., 1992; Colin de Verdière, 1995) or seasonally (Diop et al., 2009), and is selective in most cases, i.e. not all lactating cows are milked (Okantah, 1992; Corniaux et al., 2001; Coulibaly, 2008).

The overall objective of the study was to evaluate alternative methods based on a recall survey administered to village and camp households owning cows, and to compare them to a 12-month physical monitoring and recording of the milk offtake. The results of the survey evaluation have been published (Zezza et al., 2014). This paper reports the results of the monitoring of 300 agropastoral farms sampled in the district of Dantiandou in Western Niger. The aim was to characterize the cow milk offtake, processing, consumption and sale by the farm households. A systematic comparison was made between the sedentary crop-livestock farms of Zarma villages and the camp farms of recently settled Fulani agropastoralists (Hiernaux and Turner, 2002). The two social groups share the same lands and cattle breeds (Bororo and a few Djeli) but differ in the access rights to land, the number of cattle managed and livestock breeding experience (Turner et al., 2011). The parts of milk consumed or sold fresh as sour milk and as ghee butter were assessed, and the incomes generated were compared between the two farm types and in relation with the total farm and off-farm household revenues.

The results on the cattle milk offtake, processing, consumption and sale in the district of Dantiandou in Niger were then compared to the literature on the milk offtake in pastoral and agropastoral systems in the dry tropics of West Africa, including works carried out in research stations. The objective of these comparisons was to rank the milk offtake performance of the agropastoral system of Dantiandou district with other milk offtake data collected within the region in order to develop the diagnostic and expand the domain application.

## ■ MATERIALS AND METHODS

### *Dantiandou rural district*

Dantiandou district extends over 846 square kilometers and the small town of Dantiandou is located 80 kilometers to the east of Niamey, capital of Niger. The district harbors 35,918 inhabitants (about 42/km<sup>2</sup>) in 5340 households living in 45 villages, according to the 2008 census (unpubl. data). The climate is typical of that of semiarid monsoonal tropics with an average annual rainfall of 497 ± 88 mm at Banizoumbou (1990–2015) between June and October, in all 35 ± 6 rainy days, most of which because of convective storms (Panthou et

al., 2014). Rainfall during the study period was contrasted with little (414.6 mm) and ill-distributed rainfall (35% of rains needed for herbage growth) in 2011, and higher than average (564.6 mm) and well-distributed rainfall (73% of rain needed for herbage growth) in 2012 (Supplementary Material [Suppl. Mat.] I). Consequently, fodder yields in fallows (612 kg.ha<sup>-1</sup>) and rangelands (109 kg.ha<sup>-1</sup>), as well as millet stalk (1626 kg.ha<sup>-1</sup>) and weed (443 kg.ha<sup>-1</sup>) yields were below average in 2011 (Hiernaux et al., 2009). In 2012, better rains resulted in higher yields in fallows (1307 kg.ha<sup>-1</sup>) and rangelands (418 kg.ha<sup>-1</sup>), but not in millet stalks (856 kg.ha<sup>-1</sup>) and weeds (235 kg.ha<sup>-1</sup>), because of repeated locust ravages on seedlings. Monthly mean minimum temperatures ranged between 15.9°C in January and 27.4°C in May, and maximum temperatures between 32.1°C in August and 40.9°C in April (Sivakumar et al., 1993).

The district entirely lies within the Iullemeden sedimentary basin dominated by tertiary sandstones capped by a thick Eocene ferricrete (Grimaud et al., 2014) forming a plateau. The plateau had been eroded during the humid periods of the Quaternary in a web of shallow valleys that were largely infilled with sand deposits during the arid periods of that era. Soils are either very shallow on the plateau, or deep, sandy and poorly fertile in the valleys (Turner and Hiernaux, 2015). Poor soil fertility and restricted access to water in the dry season explain the long history of the low population density that only increased steadily since the 1950s (Guengant et al., 2002). The prevailing smallholder farming system is based on millet staple, with cowpea and sorrel as associated crops, and pastoral rearing of a few zebu cattle, sheep, goats, donkeys and poultry (Osbaht, 2001).

### *Crop-livestock smallholder farm sampling*

The milk offtake of cows of 300 smallholder farms was monitored over a year, from 15 April 2012 to 15 March 2013. Samples were collected from 25 of the 45 villages in Dantiandou rural district. The farm households were selected randomly from the population census provided they managed at least one lactating cow and the family head agreed with the monitoring protocol. There were four refusals among farmers contacted for the study. Rearing at least one lactating cow biased the sample in favor of camp families (57%), mostly Fulani, to the detriment of Zarma village families (43%). Both communities cohabit in the district with their particular culture and history, as well as type of dwelling either sedentary in the villages for the Zarma majority, or in familial camps a few kilometers away from the villages for the Fulani minority. Zarma families accounted for 85.6% of the population administratively registered at Dantiandou, and Fulani families accounted for 14.4%. However, a number of Fulani residents have kept their administrative registration in their village of origin, often in neighboring districts in Dallol Bosso, so that the actual population count is closer to 25% of Fulani. Indeed, the Fulani, as transhumant pastoralists, used to visit seasonally the district with their herds. They settled in camps during the 1970s, associating staple millet crop to pastoral activities (Hiernaux and Turner, 2002).

### *Monitoring the milk offtake and herd*

The milk offtake was measured in each farm once every fortnight, with morning and evening milking when applicable. At each milking, following the local practice of pouring the milk from each cow in a common pot, the total milk offtake of the herd was poured in transparent plastic pots used for measurement. The herder marked the level reached by the milk on the outer part of the pots. To assess the milk volume, the research assistant weighed (to the gram) the empty plastic pots, then filled them with water up to the mark on the pots. In the largest herds several pots were needed. In addition the research assistant updated with the herder the number of i) adult cows present in the herd, ii) lactating cows depending on three categories (< 3,



3–12, > 12 months after parturition), and iii) cows milked on that morning and that evening.

### ***Herding and feeding management of lactating cows***

The research assistants systematically recorded the herd management and feed supplementation information upon each visit. It included the location and time recording of herd watering, and day and night grazing in the last 24 hours. Feed supplements distributed to the herd during the last 24 hours were listed and each quantity was estimated. The number of cows that benefited from feed supplementation was also noted.

### ***Herd demography and reproduction parameters***

Information on the sex and age class composition of the cattle, sheep and goats managed by each family was collected at the end of the milk offtake monitoring in March 2013. The mean rates of the herd offtake (slaughter, sale, gift handed out) and intake (purchase, gift received), mortality (death and losses), prolificacy, and sex ratio at birth observed in village and camp herds were documented based on a recall survey carried out over five years for cattle, two for sheep and goats, on a subsample of 166 herds.

#### ***Cow reproduction parameters***

Cow reproduction parameters were crosschecked with a ‘career recall’ type of survey conducted on one cow in each herd, preferably born within the herd so that the manager knew her career well. The duration (in months) of the previous lactation, the interval between the last two calvings, the age of the cow at first calving, its current age, and the number of calvings and abortions in her career were documented in interviews for 334 cows.

#### ***Mean herd composition***

Demographic and reproductive variables calculated for camp and village cattle herds were used to assess the annual rates of herd growth, animal offtake and restocking with the population dynamics model DYNMOD (Lesnoff et al., 2011) assuming a demographic steady state (Table I).

### ***Survey on milk offtake consumption, transformation and marketing***

During each fortnight visit, an interview was conducted with the persons within the family in charge of processing and managing the milk collected the previous week. The relative amounts of the milk offtake consumed fresh or processed as curd milk were recorded. Butter was

also extracted during the process and the number of butterballs (about 5 g) per week was assessed. For each product (fresh milk, curd milk and butter), the relative proportions consumed within the family, given away (including the owner of the cow) or sold were recorded weekly. Dairy products were sold either daily in neighboring villages, or weekly in the rural markets of the district (Dantiandou, Wankama) or its surroundings (Niabéré, Yéda, Kouringol).

### ***Farm family revenues***

The survey was carried out on a subsample of 268 families (156 camps and 112 villages) in March 2013 and thus concerned the previous crop harvest and the previous year’s livestock and off-farm revenues (March 2012 – March 2013) according to farmers’ declarations.

#### ***Incomes from crops***

The family incomes from crop activities were assessed based on the harvest of millet grain, the main staple crop in Dantiandou (de Rouw and Rajot, 2004) of the October 2012 harvest, and expressed in panicle bundles. The amount of grains sold and bought (all crops included) on the market since the 2012 harvest were also included. The answer to the question “How many months will the cereal stock (2012 harvest + grain purchased – sale and consumption) suffice to feed the family” was used to estimate the grain purchase for the next harvest in October 2013. Mean cereal grain values on the market year round were used to estimate yields, sales and purchased cereals as well as future purchases.

#### ***Incomes from livestock***

The incomes from livestock husbandry included incomes from the sale and the increase in cattle, sheep and goats, and from the sale and consumption of cow dairy products. Livestock sale and restocking were estimated by the annual rates of offtake and stock increment with DYNMOD model (Lesnoff et al., 2011), separately for camp and village farms (Table I). These rates were applied to each farm in proportion of the number of cattle, sheep and goats managed. These assessments were then valued in CFA francs (1 € = 656 CFAF) with the annual mean of local market prices for each category of livestock. The incomes from dairy products were estimated from the annual aggregates of fresh milk, sour milk, butter sales, and family consumption, with the weighed mean of the local market price for each commodity.

#### ***Off-farm incomes***

Other sources of incomes included off-farm activities and remittances from activities conducted by family members who emigrated either seasonally or permanently. Off-farm activities were diverse and differed at least in proportions between camp and village families.

**Table I**

Average number of females, males and adults in the cattle, sheep and goat herds of camp and village farms, and annual growth, offtake and restocking rates\* per species and farm type, in semiarid Dantiandou district in Niger

Farm type	Species	Num. females /herd	Num. males /herd	Num. adults /herd	Growth rate (%)	Offtake rate (%)	Restocking rate (%)
Camp (n = 171)	Cattle	11.7	2.1	7.4	5.1	13.8	4.9
	Sheep	8.2	1.9	5.5	14.9	30.4	13.8
	Goat	7.6	1.7	4.7	15.0	34.5	14.0
Village (n = 129)	Cattle	7.3	3.1	6.0	0.2	10.9	4.0
	Sheep	4.2	1.5	3.1	3.0	33.3	2.8
	Goat	3.5	1.5	2.4	2.7	31.3	3.6

\* The rates were calculated with the DYNMOD population dynamic model (Lesnoff et al., 2011) assuming a herd steady state.

Camp families were more involved in activities related to livestock management (waged herder) or trade (conveyer, trade agent). Village families were more engaged in gathering wood, straws, vegetable gardening, and transportation. Both village and camp families declared labor work (for non-governmental organizations), trade, craft and social activities. Off-farm activities and remittances were estimated (in CFAF) based on each farmer's declaration.

■ RESULTS

**Livestock in village and camp farms**

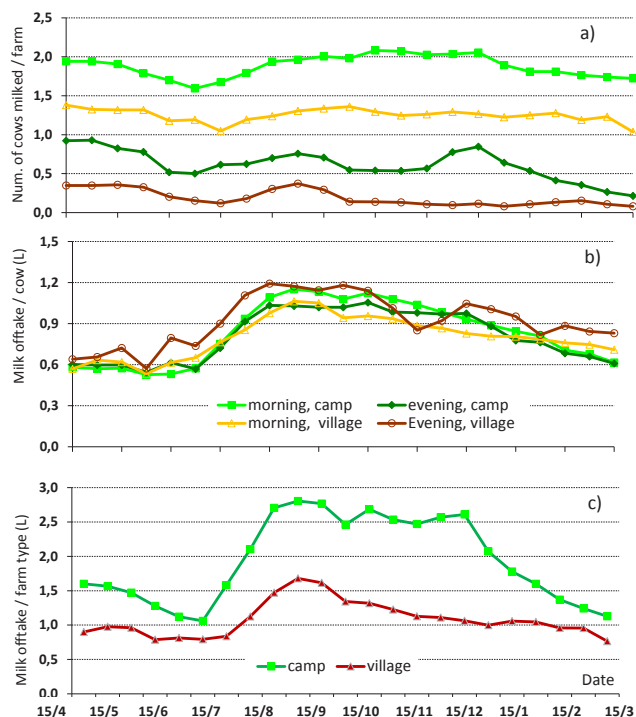
The average herd size was  $9.4 \pm 7.7$  tropical livestock units (1 TLU = 250 kg liveweight) in camps and  $7.2 \pm 5.0$  TLU in villages with small ruminants only accounting for 14.9% and 9.7%, respectively, of the total livestock live weight. Sheep were reared in 73.7% and 76.2% of the camp and village farms, respectively, whereas goats were reared in 75.8% and 60.9% of them. In both farm types the composition of cattle herds, as well as sheep and goat flocks, was largely dominated by adult and young females, which accounted for 79.5% and 82.2% of the cattle numbers in the camps and villages, respectively. This confirmed the farmers' reproductive strategy in spite of the small size of their herds. On average across the study period, camp farms owned larger cattle herds ( $7.1 \pm 5.3$ ) than village farms ( $4.3 \pm 4.0$ ), with  $3.4 \pm 2.5$  versus  $1.7 \pm 1.1$  lactating cows per farm, respectively. Moreover, only some of the lactating females were actually milked: on average  $1.9 \pm 0.8$  in camps versus  $1.2 \pm 0.7$  in villages. Goats and ewes were not milked in villages nor in camps.

**Milk offtake**

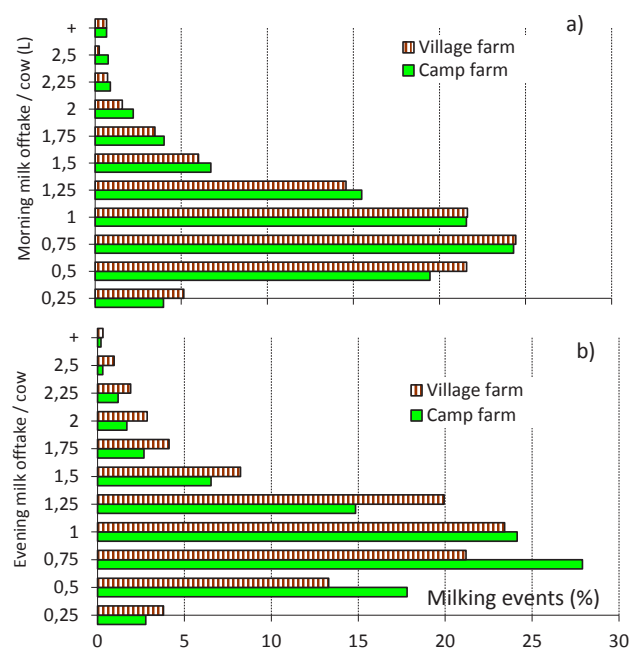
**Milking frequency**

Most of the cows were milked only once a day, either in the morning (96.7% in camps, 98.7% in villages), and/or in the evening (31.3 vs 13.9%). The seasonal variation in the number of cows milked per farm confirmed that there were twice as many cows milked in the morning than in the evening, and their numbers were always higher in the camps than in the villages (Figure 1a). The seasonal pattern of the number of cows milked was low with a slight decrease toward the end of the dry season. On the contrary, in the early wet season, the volume of the milk offtake at each milking doubled and reached a plateau slightly above one liter until October, then progressively decreased during the dry season (Figure 1b). The daily milk offtake per farm was contrasted in camp farms with a plateau above 2.5 L from August to December, and below 1.5 L from March to June (Figure 1c). In August, the daily milk offtake was lower in village farms with a maximum of about 1.5 L, and a progressive decrease with a minimum from March to June lower than 1 L.

The mean volume obtained per cow and per milking did not vary significantly between farm types, between morning and evening milking, or its position along the lactating curve. On average, it remained between  $0.77 \pm 0.32$  L in morning milking in villages, and  $0.83 \pm 0.35$  L in morning milking in camps. However, the frequency distribution of the volume milked either in the morning or in the evening spanned from less than 0.25 L to 3 L per cow (Figure 2). This dissymmetry was very similar between the camps and the villages for morning milking (Figure 2a), and there were slightly more frequently higher volumes in villages for the evening milking (Figure 2b). The milk offtake range per milking was in part explained by the decrease in the volume milked per cow as the number of cows milked increased, at least up to six cows milked which seldom occurred (Figure 3). Higher volumes when milked cows were fewer also contributed to explain the higher offtake in the evening in villages compared to camps (Figure 2b).



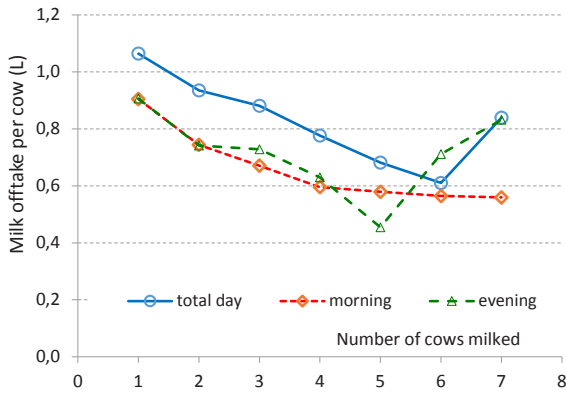
**Figure 1:** Daily milk offtake per fortnight from mid-April 2012 to mid-March 2013 in semiarid Dantiandou district in Niger: a) mean number of cows milked in the morning or the evening in camp or village farms, b) mean milk offtake per cow in the morning or the evening in camp or village farms, c) resulting mean daily milk offtake per either camp or village farm.



**Figure 2:** In semiarid Dantiandou district in Niger, distribution across farms of a) the milk offtake per cow at morning milking, b) the milk offtake per cow at evening milking.

**Daily milk offtake**

Aggregating morning and evening milking, the mean milk offtake per milking day and per farm was  $1.05 \pm 0.44$  L in camps and  $0.83 \pm 0.45$  L in villages because of the larger number of cows milked and the more frequent milking (twice a day). Actually, the mean daily



**Figure 3:** Mean milk offtake per cow milking as a function of the number of cows milked in the herd, in the morning, the evening and for aggregated morning and evening in semiarid Dantiandou district in Niger.

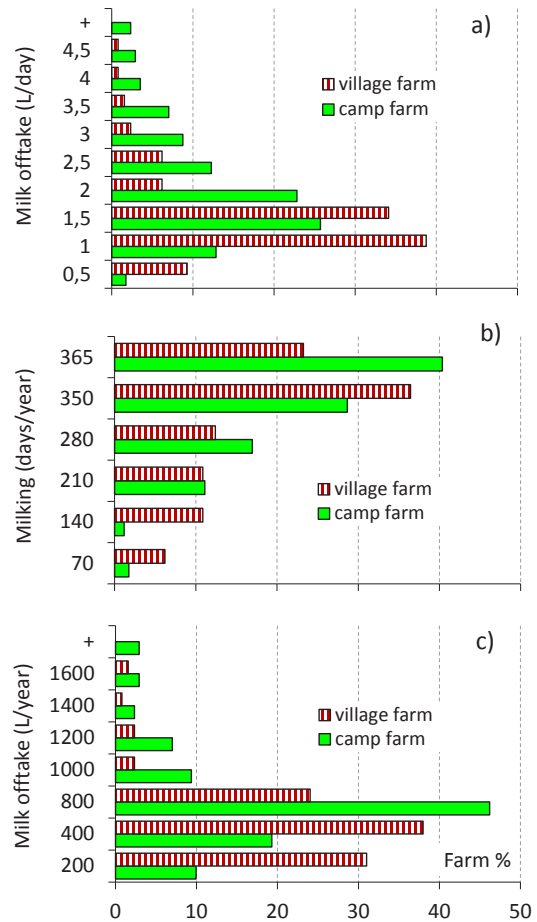
offtake spanned widely within both farm types, from less than 0.5 L to 3.5 L in villages and up to 5 L in camps, following dissymmetric distributions (Figure 4a), with only 12% of villages and 37% of camps milking more than two liters per milking day.

#### Annual milk offtake

When the daily milk offtakes per farm were aggregated over the year the gap between villages and camps widened (Figure 4c) because of the longer milking seasons in camps (Figure 4b). For example, 44.4% of camps and only 33.3% of villages milked cows all year round. The reasons for not milking a cow on a particular day differed between camps and villages. In camps herd transhumance occurred in 7.4% of our annual monitoring, whereas entrustment to another herder occurred in 5.3% of the villages (Suppl. Mat. II). On the other hand, all the other reasons, which related to the cow weakness, drying up, diseases or social constraints, were much more prevalent in villages (17.9%) than in camps (7.5%). The average annual milk offtake per farm was  $624 \pm 377$  L in camps and  $352 \pm 275$  L in villages, with distinct distributions across farms, i.e. 47% of the camp offtake was between 400 and 800 L, whereas 69% the village offtake was less than 400 L (Figure 4c). The annual milk offtake per farm related linearly to the average number of cows milked during the year with a steeper slope in camp farms (Suppl. Mat. III).

#### Milking management

The mean number of adult cows remained close to  $7.2 \pm 0.11$  in camps and  $4.4 \pm 0.15$  in villages throughout the year. However, in camps the proportion of lactating cows among adult cows increased markedly from less than 40% at the end of the 2012 dry season to more than 55% during the wet season, and this level was maintained during the 2013 dry season. In villages the proportion of lactating cows remained close to 40% of adult cows throughout the survey (Figure 5a). The ratio of milked to lactating cows started close to 80% in both farm types in April 2012, late in a harsh dry season. In camps it decreased toward the end of the dry season, then remained at around 50% afterwards, whereas it decreased only to 60% in camps and fluctuated between 70% and 80% afterwards (Figure 5a). On average over a large number of herds, the ratio of lactating to total adult cows decreased with the herd size, more steeply in village herds (Figure 6). The ratio of milked to lactating cows also decreased with the herd size in camps, whereas it remained high between 60% and 80% in villages. Camp and village cattle herds also differed in their composition of lactating cows as a function of time after calving, i.e. cows in early (< 3 months), mid (3–12 months), or late (> 12 months) lactation. The seasonal dynamics were strong in camps with a marked increase



**Figure 4:** Aggregated milk offtake over the year in camp and village farms in semiarid Dantiandou district in Niger. Farm distribution by classes of: a) daily milk offtake per farm, b) duration of the milking period during the year, c) annual milk offtake per farm.

of early lactation in the wet season (Figure 5b) consistent with the concentration of calvings by the end of the dry season. There was a mild increase in early lactation during the wet season in villages, which was otherwise stable.

#### Grazing management and feed supplementation

The herds grazed during daytime for long hours (9–11 h). In addition, 73% of camp and 47% of village herds also grazed ( $2.3 \pm 1.0$  h) at night. The herds shared the same grazing lands, i.e. fallows and poorly productive rangelands during the cropping season, and open to cropland after grain harvest. Most lactating cows were supplemented 80% of the time in camps and 65% of the time in villages. In villages the cows were less frequently (down to 40%) supplemented from July to December, whereas in most camps (75%) the cows remained supplemented during the wet season. Average amounts of feed supplements distributed per cow daily were 0.8 kg in both camps and villages, varying between 0.5 kg in the wet-cool season and 1 kg in the late dry season. A range of feed supplements were distributed, mostly cereal brans, among which 53.4% in camps and 34.7% in villages were bought on the market and imported (wheat bran, cottonseeds).

#### Cow reproduction

The sample of 334 cows selected for the reproduction career survey was characterized by a mean age of  $10.4 \pm 3.1$  years (ranging from 4 to 19), an age at first calving of  $61.8 \pm 12.85$  months and an average of

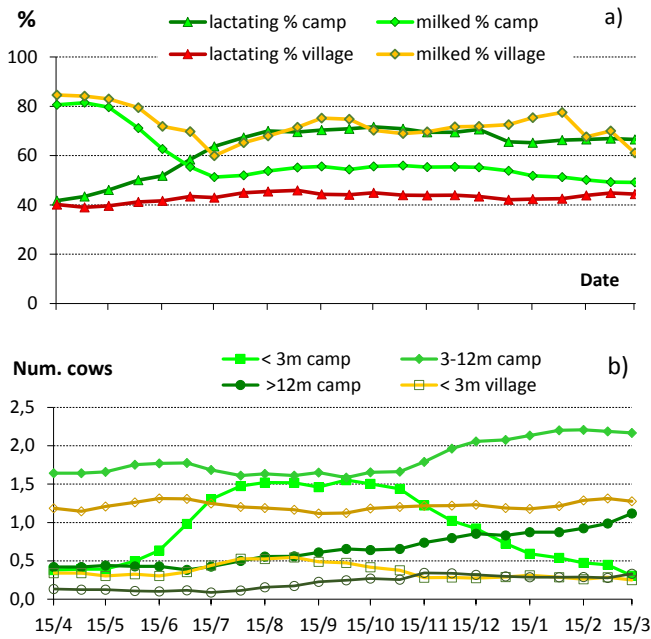


Figure 5: Seasonal dynamics of cow dairy herd means for 171 camp and 129 village farms in semiarid Dantiandou district in Niger; a) ratios of the number of lactating to total adult cows, and ratio of milked to lactating cows; b) number of lactating cows according to their ages (*m* = months) after calving.

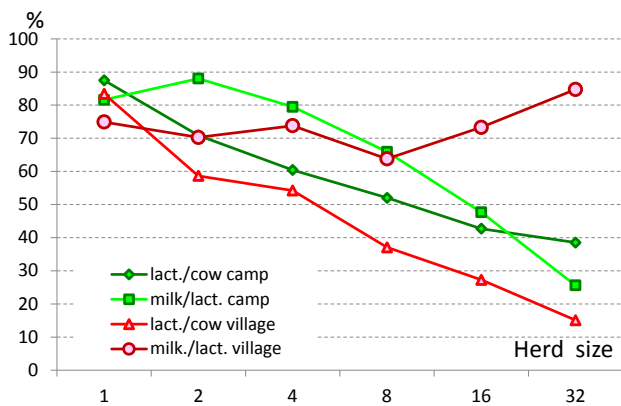


Figure 6: Annual means of the ratio between the number of lactating to total adult cows, and the ratio of milked to lactating cows as functions of the cattle herd size in camp and village dairy herds, in semiarid Dantiandou district in Niger.

3.0 ± 1.4 calvings (ranging from 1 to 9). The prevalence of a low number of parturitions despite a spread in the age distribution was partly explained by the large age range at first calving, which usually topped at 4–5 years but could reach 8 years and more. This contributed to the mediocre regression coefficient ( $r^2 = 0.55$ ) of the linear regression between the number of parturitions and the cow age (Suppl. Mat. IV). From the regression the mean age at first calving was 4.5 years and the interval between consecutive calvings was 35.3 months. The regressions calculated separately for camps and villages were not significantly different.

**Milk processing, consumption and selling**

The farm family, i.e. 78% in camps and 84% in villages, consumed a large part of the milk offtake. The part consumed as fresh milk was only 11% in camps and 5% in villages. Indeed most of the milk was transformed into curd milk and butter and the quantity transformed

increased during the late dry season in both farm types. The families consumed 95% of the butter extracted from milk in village farms versus 75% in camp farms. Thus 25% of the butter and 22% of the curd milk produced in camps were sold and mostly by camp farm women. About half of the dairy products were sold nearly daily in the largest village nearby (within five kilometers); the other half was weekly sold in market places. Depending on the location of the camp, the main markets were Dantiandou, Wankama, Niabéré, Jeda and Kouringol, all within 5–20 kilometers from the camps. The women walked to the markets carrying the dairy products on their heads. In spite of the relative proximity of the large urban market of Niamey and relay dairies at Kollo and Hamdallaye, all 45 kilometers away from Dantiandou, there was no milk collection (using plastic cans and motorbikes) on the farms, but collectors sold back to the dairies a small part of the milk sold on the markets.

**Contribution of dairy products to farm revenues**

The average monetary value of the 2012 millet harvest was around 350,000 CFAF in villages and 200,000 CFAF in camps. Small parts of the grains were sold on the market but farmers also bought grains to meet family consumption (Table II). In spite of the larger yields and lower sales, village farmers purchased during the dry season three times more grain than camp farmers did.

**Income from meat**

The meat component of livestock production consisted in selling animals and restocking the cattle herd and the small ruminant flocks. The monetary value of animal sales was very high compared to restocking because of the relatively high offtake rates (Table I). The average value of animal sales in camps was about twice that of villages for both cattle and small ruminants (Table II).

**Dairy products incomes**

The mean annual incomes from the sale of dairy products (curd milk and butter) were also higher in camps although it varied a lot among farms (Suppl. Mat. V), whereas almost half of the village farms did not sell dairy products. The monetary value of the dairy products consumed within the family was also higher in camp farms but with a similar distribution shape in camp and village farms. In both farm types, the value of the consumption by the family was twice that of the sale of dairy products.

**Supplement feed cost**

The mean cost of feed supplements distributed to the lactating cows was estimated at 75–162 CFAF per cow per day of supplementation, which aggregated over the year at 80,000–120,000 CFAF per farm. These estimates included the monetary value of the feed produced on farm such as millet bran. The daily expenses in feed supplement bought on the market was estimated per cow at 162 CFAF in camps and 76 CFAF in villages, and aggregated annually to 59,342 CFAF per camp and 27,640 CFAF per village. On average over the year the feed supplements bought on the market thus cost about 46% of the value of milk production in each farm type.

**Off-farm incomes**

Only 58% of the camp families had some off-farm activities versus 92% of village families, among which 81% had at least one member involved in seasonal or long-term emigration. Seasonal emigration only concerned 38% of camp families of which only 31% declared a local off-farm activity. The mean financial incomes from off-farm activities and activities carried out during emigration were markedly higher in villages than in camps (Table II). On average only in families practicing at least one off-farm activity the annual declared revenue was about 350,000 CFAF in villages and only about 160,000 CFAF in camps. Similarly, mean annual remittances from emigration averaged

Table II

Monetary value (mean and standard deviation) per farm of the stock and flux of the activities of camp and village farms over a year (2012–2013) in semiarid Dantiandou district in Niger

Economic activity	Stock and flux	Monetary value (CFAF)			
		Camp farm (n = 156)		Village farm (n = 112)	
		Mean	SD	Mean	SD
Crop millet	Grain yield (2012)	195,244	146,172	350,441	310,371
	Sale	30,311	43,024	25,848	70,533
	Purchase	123,992	80,421	248,405	207,858
Cattle (meat)	Sale	276,114	234,667	138,822	127,531
	Restocking	85,754	72,881	56,160	48,903
Sheep and goats (meat)	Sale	127,394	148,800	66,982	74,837
	Restocking	47,095	54,552	5,200	5,890
Cow (dairy)	Sale	52,841	52,841	17,950	32,531
	Family consumption	110,479	54,623	68,996	50,312
	Feed purchase	59,343	57,757	27,641	26,718
Off-farm revenues	Local off-farm activities	50,087	124,452	143,062	341,969
	Migration remittances	76,155	171,052	431,473	510,889

\* The rates were calculated with the DYNMOD population dynamic model (Lesnoff et al., 2011) assuming a herd steady state.

420,000 CFAF in involved villages and only 86,000 CFAF in camps. This disparity in incomes from off-farm activities between the two farm types explained why the total annual income of village families was less bound to the livestock capital than that of camp families (Suppl. Mat. V).

## DISCUSSION

The milk offtake of zebu cows measured over a year from mid-April 2012 to mid-March 2013 in 300 agropastoral farms in the Dantiandou district of Western Niger ranks among the lowest in Sahel according to the literature (Coulomb et al., 1980; Nicholson, 1984; Wagenaar et al., 1986; Sanogo, 2011). Yet the fodder available during the study period was representative of the local conditions. Its supply was low during the first three months, i.e. the late dry season following a poor rainy season (2011), but it became better than average during and after the abundant 2012 rainfall, even if locusts ravaged part of the millet stalks. Even when the milk offtake was reported only to milked cows during the milking season, the daily mean offtake was  $1.05 \pm 0.44$  L in camp farms and  $0.83 \pm 0.45$  L in village farms. This is far below the two liters threshold that separates poor production (Wagenaar et al., 1986; Agyemang et al., 1991; Colin de Verdière, 1995; Baoua, 1994; Ezanno et al., 2005; Coulibaly, 2008; Sanogo, 2011) from satisfactory production (Anonyme, 1977; Achard et Chanono, 1995; Rath, 1999; Vias et al., 2003; Ndione et al., 2014), generally reported in Sahel pastoral and agropastoral systems. The two liters a day threshold was only surpassed in 15% of the 6900 daily measures performed during the project.

These low performances are in line with the controversial reputation of the largely dominant Bororo breed as a milk producer (Thébaud, 1999; Krätli, 2009). Indeed, the dairy performance is often supposed to depend on the species and breed of the cow – taurine, zebu or their

crosses –, and the African zebu performs better than the trypanotolerant taurine species. Fine dairy breeds in the region include Gobra in Senegal (Ndione et al., 2014), Moorish zebu in Mali (Anonym, 1977), Azawak in Niger (Achard and Chanono, 1995), White Fulani in Nigeria (Rege et al., 1993), whereas poor dairy breeds include Djeli and Bororo in Niger, Nigeria and Chad (Krätli, 2009), Macina Fulani (Wagenaar et al., 1986), and Gudali in Nigeria (Blench, 1999). Similarly with taurine species, the Kuri cow has a higher reputation for dairy (Blench, 1999) than the N'dama cow of the subhumid zone (Agyemang et al., 1991; Ezanno et al., 2005), which has in turn a better reputation than the West African Shorthorns (Baoulé, Somba, Kapsiki).

However, the results show that poor nutrition in the dry season impedes the cows to reproduce and produce milk up to their genetic potential as already observed in Sahel (Kane, 1996; Rath, 1999; Coulibaly, 2008; Vias et al., 2003). The high seasonal milk offtake effect observed in all herds, as the milk offtake doubled at the onset of the wet season and gradually decreased during the long dry season, reflects the seasonal nutritional constraint on milk production reported in most Sahel livestock production systems (Wagenaar et al., 1986; Colin de Verdière, 1995; Rath, 1999; Diop et al., 2009). The severity of the feed constraint was confirmed by the high proportion (4.4% in camp herds, 10.9% in village herds) of milking interruption explained by the weakness of the cow or her calf, or by the cow 'refusal' to release milk as reported by the herder (Suppl. Mat. II). The same nutritional constraint partly explained the high frequency of transhumance out of the district (7.4% of camp herds). Transhumance occurs during the wet season when the livestock is not allowed in croplands, but also in the early dry season to take better advantage of millet crop residues accessible for grazing in neighboring Dallol Bosso, and finally in the late dry season searching for remaining forages further south (Turner et al., 2011).

Chronic undernutrition occurred despite cows grazing at least nine hours during the day and also at night, at least during the dry season

for 73% of the camp and 47% of the village herds. The matter is both the quality and quantity of available grazing resources (Fernandez-Rivera et al., 2005). The bulk of the herbaceous layer of fallows and rangelands was made of unpalatable dicotyledons such as *Mitracarpus scaber* and *Sida cordifolia*, and poorly palatable grasses such as *Schizachyrium exile* and *Ctenium elegans* (Hiernaux et al., 2009). The better quality grasses such as *Cenchrus biflorus* and *Brachiaria xantholeuca*, and legumes such as *Zornia glochidiata* and *Alysicarpus ovalifolius* were quickly grazed down, unless they were harvested to be sold as fodder to urban livestock keepers, an increasing practice around Niamey. Moreover, almost all lactating cows were supplemented daily with good nutritive quality feeds dominated by cereal brans. However, the mean amount of supplements was limited to 0.8 kg.d<sup>-1</sup> per cow. By lack of quantification of the grazing intake, we could not analyze fully the links between cow nutrition and milk offtake. However, the larger and more continuous feed supplementation of the camp cows than that of village cows could have contributed to a higher milk offtake and confirmed the determinant role of cow nutrition in milk production, as reported in feeding trials conducted in controlled conditions with various cattle breeds (Anonym, 1977; Reese et al., 1992; Sanogo et al., 2010; Ndione et al., 2014).

The larger milk offtake in camp farms than in village farms was not explained by the offtake at each milking, which was actually slightly larger in village farms, and it was only marginally explained by the more frequent twice-a-day milking in camps. Actually, the milk yield was mostly determined by the number of cows milked and the duration of the milking period over the year. The number of cows milked is constrained by the number of lactating cows in the herd but it is also determined by the herder's decision to milk a cow or to leave the whole milk to the calf (Corniaux et al., 2006). The ratio of the number of cows milked to cows in lactation decreased markedly with the size of the herd in the camps, whereas it remained above 60% in villages regardless of the herd size. In addition, the volume milked per cow tended to decrease with the number of cows milked within a farm. Altogether, the milking rate was higher in villages, which had a smaller number of cows than camps had.

Sparing lactating cows from milking to leave the whole milk to the calves was a common practice of camp herders, at least when they managed more than three lactating cows. The higher competition of the milk offtake with calf nutrition in village herds could have contributed to affect the reproduction parameters of the cows, placing the village herds at the edge of viability for population maintenance (Lesnoff et al., 2012). This type of cow management could also explain the lower proportion of lactating cows among the adult cows observed in villages than in camps, notwithstanding in both farm types the relative number of lactating cows decreased with the size of the herd. In addition to lower milk offtake rates, the grazing management of cattle herds that involved higher seasonal mobility, more frequent night grazing, and larger and more continuous feed supplementation could also have contributed to better reproduction parameters in camp cows. Herd management could also explain the more seasonal pattern of the milk offtake in camp farms, guided by the concentration of calvings toward the end of the dry season, as revealed by the increase in new lactating cows (< 3 months of lactation) milked at the onset of rains, from mid-June to early August.

It is generally admitted that African zebu breeds require the presence and suckling of their calf to release milk. Thereafter, milk production is reported to die out soon after cows lose their calves, and the adoption by the cow of another calf is uncommon and requires devoted treatments (Bonfiglioli, 1981). Moreover, milked zebu cows are known to retain milk so that they can never be fully milked by hand (Coulibaly, 2008). No attempt was made in this survey to assess the milk suckled by the calf, and thus milk production (i.e. milk offtake plus milk suckled by the calf). The milk suckled has sometimes been

assessed by weighing the calf before and after suckling (Rath, 1999), or from the calf growth by using a conversion coefficient that evolves with calf growth (Agyemang et al., 1993).

The rate of milk exploitation (i.e. the ratio of the milk offtake over milk production) is reported to vary during the lactation: the cows are generally not milked the first two weeks after calving in order to leave the colostrum to the calves. Then milking competes with suckling for six months or so, and finally as the calf increasingly grazes, a larger portion of milk production is milked. On average, authors report rates of milk exploitation of 21%–29% (Wagenaar et al., 1986) and 49%–66% (Rath, 1999) in pastoral systems, 50% (Anonym, 1977) in research station, and 57%–68% (Reese et al., 1992) in suburban dairy farms. The rate of milk exploitation in the study most probably ranked among the lowest of these values as only a fraction of lactating cows were effectively milked, and as the mean volume of milk per cow milking did not seem to vary between farm types, morning and evening milking, or depending on its position on the lactating curve.

The part of the dairy products consumed by pastoralist or agropastoralist families is seldom assessed on a large family sample and across seasons and years (Randolph et al., 2007; Bocoum et al., 2013). The few available data suggest high autoconsumption rates, especially for raw and curd milk, to a lesser extent for ghee butter and cheese (54% of offtake according to Schaffer, 1994). The portion of the milk offtake consumed by the farmers' families throughout the year was particularly high in the present study at 78% in camps and 84% in villages, mostly as curd milk and butter.

In spite of the low milk offtake and large autoconsumption, the sale of small volumes of dairy products (Wane et al., 2010) is reported to contribute notably to family revenues (Diop et al., 2009; Pica-Ciamarra et al., 2011). In the present study the monetary value of the milk offtake represented 16% of the agricultural production and off-farm incomes of the camps, and 7% of that of villages. Apart from a comparable contribution of millet yields (19% in camps vs 27% in villages), the revenue portfolios were strikingly different between the two farm types, firstly with a dominant animal production including milk in camps (70% vs only 28% in villages). Secondly, off-farm and emigration, on the contrary, only represented 12% of camp incomes versus 45% of village incomes. In spite of these sharp differences, the aggregate revenues from agricultural production and off-farm activities, including emigration remittances, were linearly related to the family livestock capital. As expected the regression was tighter for camps ( $r^2 = 0.71$ ) than for villages ( $r^2 = 0.37$ ). This relationship with the livestock capital appears much stronger than the relationship between the total farm income and family manpower, with a very poor correlation in camps ( $r^2 = 0.08$ ) as well as in villages ( $r^2 = 0.11$ ) (data not shown). This economic value was reinforced by the social value attached to gender specialization: processing and marketing dairy products are traditionally performed by women who manage their revenue (Dicko et al., 2006). The changes in the trade system with the development of suburban dairies and larger implication of men (Corniaux et al., 2014) remain in infancy in Dantiandou district, in spite of the relative proximity of Niamey (70 km), and recently settled collection dairies at Hamdallaye (30 km) and Kollo (45 km).

The farm family, 68% in camps and 79% in villages, consumed a large part of the monetary value of the dairy products. These high proportions highlight that the main target of the milk offtake in this region is to improve family nutrition, in contrast with suburban dairy systems, which are more market oriented with 68% milk sold in suburban Niamey (Vias et al., 2003). The small share sold on the market still represented 16% (in camps) and 7% (in villages) of the agricultural production sold by the farms, which was largely dominated by livestock sale in both farm types. When off-farm incomes were included with grain and livestock sale incomes, the sold dairy

products still made 9% of the revenues in camps, but only 2% in villages, which economy largely depended on off-farm incomes (18%) and remittances from emigration (52%).

## ■ CONCLUSION

The milk offtake of agropastoral smallholder farms in Southwestern Niger ranks among the least productive in tropical West Africa, at least in relation with the daily offtake by lactating cows. A closer analysis of the year-round monitoring data of the milk offtake in 300 farms highlights differences in production between two cohabiting farm types. The annual milk offtake was higher in the camp farms of recently settled Fulani families ( $624 \pm 377$  kg) than in the village farms of Zarma ( $352 \pm 275$  kg), milking was less frequent in camps to leave more milk to the calves. However, the offtake per milking was similar, and the milking frequency was lesser in camps, who left more milk to the calves. The main reason for the higher milk offtake in camps was the larger size of the herd ( $7.1 \pm 5.3$  vs  $4.3 \pm 4.0$ ). Moreover, because the rate of exploitation of the cows was lesser, they tended to have better reproduction parameters. This led to a higher proportion of lactating females in the herd, which enabled to reduce milking frequency. However, the larger herd size was not the only reason for the better performance of camps. Better cow feeding by providing more frequently night grazing in addition to day grazing (73% vs 47%), larger regional mobility of the herds, and more regular feed supplementation (80% vs 65% days) contributed to enhance cow

condition and thus reproduction parameters that were at the edge of viability in village cattle herds (Hiernaux et al., 2015). The analysis of the milk offtake performance of 300 farms in Southwestern Niger revealed a discrepancy between the livestock production of two cohabiting agropastoral systems. Although both farm types had a common environment and similar milking techniques, the livestock production of camp farms remained reproduction oriented in spite of very modest herd sizes, whereas livestock husbandry in village farms was opportunistic. In both farm types, the dairy products were mainly autoconsumed (78% in camps, 84% in villages). However, the relative share of family income, off-farm included, was substantial in camps (9%), whereas it was minimal in villages (2%).

## Acknowledgments

The authors are grateful to all the persons who took part in the monitoring and surveys in the villages and camps of Dantiandou district, as well as to the local authorities including the district office, for their patience and active participation to the year-round monitoring and repeated surveys. They are also grateful to Moussa Kaka for helping with and vaccinating the cows, and to Oumar Moumouni and Seybou Garba for conducting with great skills the interviews and monitoring milk production. They would also like to thank late Dr Mohamadou Gandah, and his colleagues from the ICRISAT administration office for the efficient logistical support they provided to the field team. This work was supported by the Livestock Innovation in Africa Project, funded by the Bill and Melinda Gates Foundation.

## REFERENCES

- Achard F., Chanono M., 1995. Un système d'élevage performant bien adapté à l'aridité à Toukounous, dans le Sahel nigérien. *Sécheresse*, **2** (6) : 215-222
- Agyemang K., Clifford D., Little D.A., 1993. An assessment of the biological and economic efficiency in conversion of milk to growth in N'Dama calves. *Anim. Prod.*, **56**: 165-170, doi: 10.1017/S0003356100021218
- Agyemang K., Dwinger R.H., Grieve A.S., Bah M.L., 1991. Milk production characteristics and productivity of N'Dama cattle kept under village management in the Gambia. *J. Dairy Sci.*, **74**: 1599-1608, doi: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78322-7
- Anonyme, 1977. Evaluation et comparaison des productivités des races bovines d'Afrique. Les races Maure et Peul à la station du Sahel, Niono, Mali. Institut d'économie rurale, Centre international pour l'élevage en Afrique, Addis-Abeba, Ethiopie, 128 p.
- Baoua I., 1994. Pâturages naturels, comportement alimentaire et productivité des vaches laitières et allaitantes exploitant les parcours naturels de la région de Filingué. Mém. Ing., Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger, 99 p.
- Blench R., 1999. Traditional livestock breeds: geographical distribution and dynamics in relation to the ecology of West Africa. Overseas Development Institute, London, UK, 67 p. (Working Paper; 122)
- Bocoum I., Issa A., Yahaya S., Zezza A., 2013. L'élevage et les conditions de vie des ménages au Niger. Une analyse descriptive de l'enquête sur les conditions de vie des ménages et l'agriculture. World Bank, Washington DC, USA, 97 p.
- Bonfiglioli A.M., 1981. Ngaynaaka : l'élevage selon les Wodaabe du Niger. Ministère du Développement rural, Niamey, Niger, 164 p.
- Boukary A.R., Chaïbou M., Marichatou H., Vias G., 2007. Characterization of dairy production systems and analysis of milk promotion strategies in rural and urban areas in Niger: Case of the urban community of Niamey and rural district of Filingue. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **60** (1-4): 113-120
- Colin de Verdière P., 1995. Etude comparée de trois systèmes agropastoraux dans la région de Filingé, Niger ; les conséquences de la sédentarisation de l'élevage pastoral au Sahel. *Rev. Géogr. Lyon*, **70** (3) : 279-280
- Corniaux C., Duteurtre G., Broutin C., eds, 2014. Filières laitières et développement de l'élevage en Afrique de l'Ouest. L'essor des minilaiteries. Karthala, Paris, 248 p. (Hommes et sociétés)
- Corniaux C., Le Mercier J., Dia A.T., 2001. Cow milk production in the delta of the Senegal River: Real farming diversification within an irrigated system? *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **54** (1): 47-54
- Corniaux C., Vatin F., Faye B., 2006. Gestion du troupeau et droit sur le lait : prise de décision et production laitière au sein des concessions sahéliennes. *Cah. Agric.*, **15** (6) : 515-522, doi: 10.1684/agr.2006.0028
- Coulibaly D., 2008. Changements socio-techniques dans les systèmes de production laitière et commercialisation du lait en zone péri-urbaine de Sikasso, Mali. Thèse, AgroParisTech., Paris, France, 299 p.
- Coulomb J., Serres H., Tacher G., 1980. L'élevage en pays sahéliens. Les techniques vivantes, Presses universitaires de France, Paris, 192 p.
- Denis J.P., 1971. Interval between calvings in Gobra Zebu cattle (Senegalese peulh). *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **24** (4): 635-647
- De Rouw A., Rajot J.L., 2004. Nutrient availability and pearl millet production in Sahelian farming systems based on manuring and fallowing. *Agric. Ecosyst. Environ.*, **104**: 249-262, doi: 10.1016/j.agee.2003.12.019
- Dicko M.S., Djiteye M.A., Sangaré M., 2006. Les systèmes de production animale au Sahel. *Sécheresse*, **17** (1-2) : 83-97
- Diop A.T., Ickowicz A., Diène M., Nzimulinda J.C., 2009. Milk production in the sylvopastoral zone of Senegal: variation factors and local populations' management system. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **62** (1): 39-47
- Dupuy C., 2010. Les apports archéologiques des gravures rupestres de l'Aïr (Niger) et de l'Adrar des Iforas (Mali). *Nouv. Archéol.*, **120-121** : 29-37

- Ezanno P., Ickowicz A., Lancelot R., 2005. Relationships between N'Dama cow body condition score and productive performance under extensive range management in Southern Senegal; calf weight gain milk production, probability of pregnancy and juvenile mortality. *Livest. Prod. Sci.*, **92**: 291-306, doi: 10.1016/j.livprodsci.2004.09.001
- Fernandez-Rivera S., Hiernaux P., Williams T.O., Turner M.D., Schlecht E., Salla A., Ayantunde A.A., Sangare M., 2005. Nutritional constraints to grazing ruminants in the millet-cowpea-livestock farming system of the Sahel. In: Coping with feed scarcity in smallholder livestock systems in developing countries (Eds Ayantunde A.A., Fernandez-Rivera S., McCrabb G.). ILRI, Nairobi, Kenya, 157-182
- Grimaud J.-L., Chardon D., Beauvais A., 2014. Very long-term incision dynamics of big rivers. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **405**: 74-84, doi: 10.1016/j.epsl.2014.08.021
- Guengant J.-P., Banoïn M., Quesnel A., 2002. Dynamique des populations, disponibilité en terres et adaptation des régimes fonciers : le cas du Niger. FAO, Rome, Italie, 155 p.
- Hiernaux P., Ayantunde A.A., Kalilou A., Mougin E., Gérard B., Baup F., Grippa M., Djaby B., 2009. Resilience and productivity trends of crops, fallows and rangelands in Southwest Niger: impact of land use, management and climate changes. *J. Hydrol.*, **375** (1-2): 65-77, doi: 10.1016/j.jhydrol.2009.01.032
- Hiernaux P., Diawara M.O., Kergoat L., Mougin E., 2015. La contrainte fourragère des élevages pastoraux et agropastoraux du Sahel. Adaptations et perspectives. In : Les sociétés rurales face aux changements climatiques et environnementaux en Afrique de l'Ouest (Eds Sultan B., Lalou R., Sanni M.A., Oumarou A., Soumaré M.A.). IRD, Marseille, France, 171-191
- Hiernaux P., Turner M.D., 2002. The influence of farmer and pastoralist management practices on desertification processes in the Sahel. In: Global desertification: do humans cause deserts? (Eds Reynolds J.F., Stafford Smith D.M.). Dahlem University Press, Berlin, Germany, 135-148
- Kane M., 1996. Supplémentation de la paille de riz avec le tourteau de coton dans l'alimentation des vaches laitières. Relation entre l'ingestion cumulée de matière organique digestible et la production animale (lait, viande). Université agronomique, Wageningen, Netherlands, 52 p. (Rapport PSS ; 16)
- Krätili S., 2009. Animal science and the representation of local breeds. Looking into the sources of current characterization of the Bororo zebu. In: Healing the herds (Eds Brown K., Gilfoyle D.). Ohio University Press, Athens, OH, USA, 232-249
- Lesnoff M., Corniaux C., Hiernaux P., 2012. Sensitivity analysis of the recovery dynamics of a cattle population following drought in the Sahel region. *Ecol. Model.*, **232**: 28-39, doi: 10.1016/j.ecolmodel.2012.02.018
- Lesnoff M., Lancelot R., Moulin C.-H., Messad S., Juanès X., Sahut C., 2011. Calculation of demographic parameters in tropical livestock herds – A discrete time approach with LASER animal-based monitoring data. Quae, Montpellier, France, 94 p.
- Ndione F.C., Agbangba E.C., Ndiaye O., Sane I, Diouf A., Diop A.T., 2014. Effects of protein and mineral supplementation on the performance of lactating dairy cows Gobra and crossbreed Guzerat during the dry season in Senegal. *Open J. Anim. Sci.*, **4** (1): 18-22
- Nicholson M.J.L., 1984. Pastoralism and milk production. *ILCA Bull.*, **20**: 23-28
- Okantah S.A., 1992. Partial milking of cattle in smallholder herds on the Accra Plains: some factors affecting daily partial milk yield and milk composition. *Anim. Prod.*, **54**: 15-21, doi: 10.1017/S0003356100020511
- Osbah H., 2001. Livelihood strategies and soil fertility at Fandou Beri, southwestern Niger. Thesis Doc. in Geography, University College London, UK, 414 p.
- Panthou G., Vischel T., Lebel T., 2014. Recent trends in the regime of extreme rainfall in the central Sahel. *Int. J. Climatol.*, doi: 10.1002/joc.3984
- Pica-Ciamarra U., Tasciotti L., Otte J., Zezza A., 2011. Livestock assets, livestock income and rural households. Cross-country evidence from household surveys. FAO, Rome, Italy, 18 p.
- Randolph T.F., Schelling E., Grace D., Nicholson C.F., Leroy J.L., Cole D.C., Demment M.W., Omore A., Zinsstag J., Ruel M., 2007. Role of livestock in human nutrition and health for poverty reduction in developing countries. *J. Anim. Sci.*, **85**: 2788-2800, doi: 10.2527/jas.2007-0467
- Rath T., 1999. Nutrition and productivity of milking cattle on a semi-arid rangeland in West Africa. Verlag Grauer, Stuttgart, Germany, 182 p.
- Reese A.A., Ouologuem B., Traoré B., 1992. Etude des aspects zootechniques de la production laitière autour de Bamako. ILCA, Addis-Abeba, Ethiopie, 53 p.
- Rege J.E.O., von Kaufmann R.R., Mwenya W.N.M., Otchere E.O., Mani R.I., 1993. On-farm performance of Bunaji (White Fulani) cattle 2. Growth, reproductive performance, milk offtake and mortality. *Anim. Sci.*, **57**: 211-220, doi: 10.1017/S0003356100006814
- Sanogo O.M., 2011. Le lait de l'or blanc ? Amélioration de la productivité des exploitations mixtes cultures-élevage à travers une meilleure gestion et alimentation des vaches laitières dans la zone de Koutiala, Mali. Thesis, Wageningen University, Netherlands, 158 p.
- Sanogo O.M., De Ridder N., Van Keulen H., Vétois Y., 2010. Evaluation participative des technologies de supplémentation des vaches laitières en milieu paysan du Mali (Koutiala) *Rev. Can. Etudes Dev.*, **31** (1-2) : 91-106
- Schaffer J., 1994. Economie pastorale dans le Ferlo des forages ; Bouteyni et Widou Thiengoly en 1994. Rapport de recherche. PAF, GTZ, Saint Louis, Sénégal, 67 p.
- Sivakumar M.V.K., Maidoukia A., Stern R.D., 1993. Agroclimatology of West Africa: Niger, 2nd Edn. ICRIAT/DMN, Hyderabad, India, 116 p. (Information Bulletin ; 5)
- Thébaud B., 1999. Gestion de l'espace et crise pastorale au Sahel : étude comparative du Niger oriental et du Yagha burkinabé. Thèse Ehess, Paris, France, 476 p.
- Turner M.D., Ayantunde A.A., Patterson K.P., Patterson E.D., 2011. Livestock transitions and the changing nature of farmer-herder conflict in Sahelian West Africa. *J. Develop. Stud.*, **47** (2): 183-206, doi: 10.1080/00220381003599352
- Turner M.D., Hiernaux P., 2015. The effects of management history and landscape position on inter-field variation in soil fertility and millet yields in southwestern Niger. *Agric. Ecosyst. Environ.*, **211**: 73-83, doi: 10.1016/j.agee.2015.05.010
- Vias F.S.G., Bonfoh B, Diarra A., Naferi A., Faye B., 2003. Les élevages laitiers bovins autour de la communauté urbaine de Niamey: caractéristiques, production, commercialisation et qualité du lait. *Etudes Rech. Sahél.*, **8-9** : 159-165
- Wagenaar K.T., Diallo A., Sayers A.R., 1986. Productivity of transhumant Fulani cattle in the inner Niger delta of Mali. ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, 57 p. (Research report 13)
- Wane A., Ancey V., Touré I., 2010. Pastoralisme et recours aux marchés : cas du Sahel sénégalais (Ferlo). *Cah. Agric.*, **19** (1) : 14-20, doi : 10.1684/agr.2009.0329
- Zeza A., Federighi G., Adamou K., Hiernaux P., 2014. Milking the data: measuring income from milk production in extensive livestock systems. Experimental evidence from Niger. World Bank, 32 p. (Policy Research Working Paper; 7114)



## Résumé

**Hiernaux P., Adamou K., Zezza A., Ayantunde A.A., Federighi G.** Lait de vache trait dans les petites exploitations familiales du Sahel semi-aride : des rendements faibles mais de grande valeur !

Les volumes de lait de vache traits ont été mesurés tous les quinze jours sur une année chez 300 petits exploitants agropastoraux de la zone semi-aride du Sahel, dans la commune de Dantiandou au Niger. Les effectifs de vaches – adultes, en lactation et effectivement traites le matin et/ou le soir – ont été systématiquement enregistrés, ainsi que des informations sur la gestion de la pâture, la supplémentation alimentaire des vaches, et la consommation, la transformation du lait et la vente des produits laitiers. En outre, les carrières de reproduction des 334 vaches ont été documentées par enquête rétrospective. Le volume moyen par jour d'une traite a été de  $0,82 \pm 0,45$  L. Il n'a pas été significativement différent entre la traite du matin et celle du soir, ni entre les saisons, ni entre les élevages. Cependant, les volumes totaux de lait trait par élevage, dont la moyenne annuelle a été de  $507 \pm 362$  L, ont fortement varié en fonction des saisons et des élevages. En moyenne, ils ont été plus élevés dans les élevages des campements peuls récemment sédentarisés ( $624 \pm 377$  L) que dans ceux des élevages villageois djerma ( $352 \pm 275$  L). Cet écart était principalement dû à un effectif de vaches plus important dans les campements ( $7,1 \pm 5,3$  vs  $4,3 \pm 4,0$ ), bien que la proportion de vaches en lactation y ait été plus faible (57 %) que dans les troupeaux villageois (73 %). Les résultats ont montré qu'une meilleure gestion par les agroéleveurs des campements avec des traites moins fréquentes, un recours plus fréquent à la pâture de nuit, à la transhumance et à une supplémentation alimentaire régulière ont contribué à améliorer l'état d'engraissement des vaches et leurs performances reproductives. Malgré ces rendements laitiers modestes, la valeur monétaire du lait trait a représenté 16 % des revenus agricoles et non-agricoles des ménages des campements, et 7 % de ceux des villages. Les produits laitiers étaient largement consacrés à la consommation familiale : 78 % dans les campements et 84 % dans les villages.

**Mots-clés :** bovin, produit laitier, traite, revenu de l'exploitation, système agropastoral, Sahel, Niger

## Resumen

**Hiernaux P., Adamou K., Zezza A., Ayantunde A.A., Federighi G.** Leche de vaca ordeñada en pequeñas granjas familiares de la región semiárida del Sahel: bajos rendimientos pero de alto valor!

Durante un año, se midieron cada dos semanas, los volúmenes de leche de vacas ordeñadas, en 300 pequeños productores agropastoriles en la región semiárida del Sahel, en el distrito de Dantiandou en Níger. El número de las vacas adultas, en lactación, y realmente ordeñadas por la mañana y / o noche fueron sistemáticamente registrados. También lo fueron la información sobre la gestión pastoral, la alimentación suplementaria de las vacas, el consumo y el procesamiento de la leche, así como las ventas de productos lácteos. Además, la vida reproductiva de 334 vacas fue documentada por encuesta retrospectiva. El volumen medio del ordeño fue de  $0,82 \pm 0,45$  L. No es significativamente diferente entre el ordeño de la mañana y de la tarde, tampoco entre temporadas o granjas. Sin embargo, el volumen total de la leche ordeñada por granja cuyo promedio anual es de  $507 \pm 362$  L, varió ampliamente dependiendo de la temporada y de la granja. En promedio, son más altos en los asentamientos recientemente establecidos de los Fulani ( $624 \pm 377$  L) que los de las granjas del pueblo de los Zarma ( $352 \pm 275$  L). Esto se debe principalmente al número de vacas más alto en los asentamientos ( $7,1 \pm 5,3$  frente a  $4,3 \pm 4,0$ ), aunque la proporción de vacas en lactancia será más baja (57%) que en los rebaños del pueblo (73%). Los resultados indican que una mejor gestión en los asentamientos con ordeños menos frecuentes, pastos de noche más frecuentes, trashumancia y suplementación alimentaria más regular ayudan a mejorar la condición corporal de las vacas y su rendimiento reproductivo. A pesar de estas modestas producciones de leche, el valor monetario de la leche ordeñada representa el 16% de los ingresos, que sean agrícolas o no, de las familias que viven en los asentamientos y solo el 7% por las familias que viven en pueblos. Los productos lácteos son dedicados en gran parte al consumo familiar, el 78% en los asentamientos y el 84% en los pueblos.

**Palabras clave:** ganado bovino, producto lácteo, ordeño, renta de la explotación, sistema agropascícola, Sahel, Níger



# Séroprévalence de la fièvre Q chez les bovins de la région de Bejaïa (Algérie)

Salah Agag<sup>\*1</sup> Rachid Kaidi<sup>1</sup> Djamel Khelef<sup>2</sup>

## Mots-clés

Bovin, fièvre q, test ELISA, rétention placentaire, endométrite, infertilité, Algérie

Submitted: 26 October 2016

Accepted: 15 June 2017

Published: 27 June 2017

DOI: 10.19182/remvt.31200

## Résumé

La fièvre Q est une zoonose bactérienne causée par *Coxiella burnetii*, une bactérie intracellulaire stricte, de répartition mondiale. Les ruminants domestiques sont le principal réservoir de la bactérie. L'objectif de cette étude a été de déterminer la séroprévalence de la fièvre Q chez des bovins de la région de Bejaïa, au nord de l'Algérie. Un total de 180 sérums provenant de 50 élevages laitiers a été analysé par la technique Elisa (*enzyme-linked immunosorbent assay*). Dix-neuf sérums provenant de 11 élevages étaient positifs, soit une prévalence individuelle de 10,6 % (intervalle de confiance [IC] à 95 %, 6,1 % à 15,0 %) et une séroprévalence troupeau de 22 % (IC 95 %, 10,5 % à 33,5 %). Une corrélation statistiquement significative a été mise en évidence entre la séropositivité et l'existence d'antécédents de rétention placentaire ( $p = 0,025$ ), de métrites ( $p < 0,001$ ) ou de retour régulier en chaleurs ( $p = 0,026$ ) chez les vaches. La fièvre Q circule donc dans les élevages bovins de cette région. D'autres études sont fortement recommandées afin de mieux comprendre l'épidémiologie de cette maladie.

■ Pour citer cet article : Agag S., Kaidi R., Khelef D., 2016. Seroprevalence of Q fever in cows in Bejaïa area (Algeria). *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **69** (4): 155-159, doi: 10.19182/remvt.31200

## ■ INTRODUCTION

La fièvre Q est une zoonose de répartition mondiale due à *Coxiella burnetii*, une bactérie strictement intracellulaire, qui peut infecter de nombreuses espèces animales (ruminants, chats, oiseaux, arthropodes) mais aussi les humains. Les ruminants domestiques sont considérés comme le principal réservoir pour l'infection humaine (Angelakis et Raoult, 2010). Chez les ruminants, la fièvre Q peut provoquer des avortements, des mortinatalités, la naissance de nouveau-nés chétifs et des mises bas prématurées (Rousset et al., 2009), notamment chez les ovins et les caprins. Chez les bovins, la fièvre Q est, en revanche, fréquemment asymptomatique (Maurin et Raoult, 1999), mais le taux d'avortement peut atteindre 5 % dans les troupeaux naïfs nouvellement infectés (Van den Brom et Vellema, 2009).

Les vaches infectées peuvent toutefois présenter un retour régulier en chaleurs avec infertilité après deux inséminations artificielles ou naturelles (Badinand et al., 2000), des métrites et des mammites (Rodolakis, 2009).

Des études sérologiques menées en Afrique du Nord, à l'aide de la technique Elisa chez les animaux et par immunofluorescence chez l'homme, ont prouvé la circulation de *C. burnetii* dans les populations animales et humaines de cette région. Les séroprévalences chez les ovins allaient de 14 % en Algérie (Khaled et al., 2016) à 57 % au Maroc (Benkirane et al., 2015). Chez les bovins, elles étaient estimées à 16 % en Tunisie (Elandalousi et al., 2015) et à 24 % en Algérie (Abdelhadi et al., 2015). En ce qui concerne l'homme, Lacheheb et Raoult (2009) ont rapporté une séroprévalence de 15,5 % au nord de l'Algérie, et Kaabia et al. (2006) ont quant à eux rapporté une séroprévalence de 8 % parmi les patients présentant un syndrome fébrile en Tunisie. Ces données illustrent l'importance de cette infection, que ce soit chez les humains ou chez les espèces animales. Néanmoins, la fièvre Q a été peu étudiée en Algérie et très peu de données sur la prévalence de cette maladie chez les ruminants domestiques sont disponibles. L'objectif de cette étude a été d'évaluer la situation épidémiologique de la fièvre Q chez les bovins dans la région de Bejaïa, et d'étudier les antécédents pathologiques des vaches et les paramètres d'élevage associés à la séropositivité à l'échelle du troupeau.

1. Laboratoire des biotechnologies liées à la reproduction animale, Institut des sciences vétérinaires, Université de Blida 1, BP 270, route Soumâa, 09000 Blida, Algérie.

2. Ecole nationale supérieure vétérinaire, 16000 Alger, Algérie.

\* Auteur pour la correspondance

Tél. : +213 551 381 134 ; email : agag.salah@gmail.com



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## MATERIEL ET METHODES

Une enquête transversale a été menée dans la région de Bejaïa de février à mai 2015. Elle a concerné 180 vaches laitières réparties dans 50 élevages dont la taille de l'effectif était comprise entre cinq et vingt têtes. Ces exploitations ont été choisies aléatoirement à partir des listes issues de la campagne de vaccination de 2014, fournies par la Direction des services agricoles. Dans les élevages sélectionnés, seules les vaches en lactation (animaux ayant déjà vêlé), choisies au hasard, ont été prélevées. Toutes étaient vaccinées contre la rage et la fièvre aphteuse et avaient fait l'objet d'un dépistage de la tuberculose et de la brucellose. Une fiche de commémoratifs était remplie pour chaque animal et pour chaque élevage. A l'échelle individuelle, des informations ont été recueillies concernant les antécédents pathologiques de chaque animal prélevé : avortement, rétention placentaire, métrites, retour régulier en chaleurs. A l'échelle du troupeau, ce sont des informations relatives aux conditions d'élevages (introduction de nouveaux animaux sans mise en quarantaine, cohabitation des bovins avec les petits ruminants, présence de carnivores domestiques dans les étables) qui ont été collectées.

Les prélèvements (5 ml de sang sur tube sec) ont été transportés sous froid jusqu'au Laboratoire des biotechnologies liées à la reproduction animale de l'Institut des sciences vétérinaires de l'Université de Blida 1, où ils ont été centrifugés à 3500 tours/minute durant 10 minutes. Les sérums extraits ont ensuite été congelés à -20 °C jusqu'au moment de l'analyse. Un kit Elisa (ID Screen Q fever indirect Multi-species, ID Vet, Montpellier, France) détectant les immunoglobulines de type G (IgG) anti-*Coxiella burnetii* a été utilisé pour analyser les sérums. Les densités optiques (DO) des échantillons ont été mesurées à une longueur d'onde de 450 nm. Pour chaque sérum, le pourcentage S/P a été calculé comme suit :

$$S/P \% = DO_{\text{échantillon}} / DO_{\text{contrôle positif}} \times 100$$

L'interprétation des résultats a été faite selon les recommandations du fabricant (tableau I). Un élevage était considéré comme séropositif si au moins une vache appartenant à cet élevage était séropositive. Les analyses statistiques (test Chi<sup>2</sup> de Pearson) ont été réalisées à l'aide du logiciel Statistica V.6. Les différences ont été considérées comme significatives lorsque  $p \leq 0,05$ . Les taux de séroprevalence sont donnés avec l'intervalle de confiance à 95 %.

Tableau I

Interprétation des résultats de la sérologie pour la détection de *Coxiella burnetii* selon le pourcentage S/P \* (recommandations du fabricant)

Résultat	Statut
S/P % ≤ 40 %	Négatif
40 % < S/P % ≤ 50 %	Douteux
50 % < S/P % ≤ 80 %	Positif
S/P % > 80 %	Fortement positif

\* S/P % = DO échantillon / DO contrôle positif x 100  
DO = densité optique

## RESULTATS

Sur les 180 prélèvements analysés, 19 sérums provenant de 11 élevages ont été positifs à l'Elisa. Cela représente une prévalence individuelle de 10,6 % (6,1 %–15,0 %) et une prévalence troupeau de 22,0 % (10,5 %–33,5 %).

Le tableau II résume la séroprevalence en fonction des antécédents concernant les troubles de la reproduction et les résultats de l'analyse statistique. Concernant les facteurs de risque à l'échelle individuelle, une association significative a été mise en évidence entre la séroposativité d'un animal et l'existence d'un historique de rétention placentaire ( $p = 0,025$ ), de métrites ( $p < 0,001$ ), et de retour régulier en chaleurs ( $p = 0,026$ ).

A l'échelle du troupeau, aucun lien statistique n'a été mis en évidence entre la séroposativité dans l'élevage et les facteurs étudiés (tableau III).

Tableau II

Séroprevalence de la fièvre Q selon les antécédents de troubles de la reproduction chez des bovins de la région de Bejaïa en Algérie

Nature du trouble	Nb. de vaches	Nb. de vaches séropositives	Prévalence (%)	P
Antécédent d'avortements	21/180	2/21	9,5	0,870
Antécédent de rétention placentaire	26/180	6/26	23,1	0,025
Historique de métrites	74/180	16/74	21,6	< 0,001
Historique de retour régulier en chaleurs	120/180	17/120	14,2	0,026

Tableau III

Séroprevalence de la fièvre Q selon quelques facteurs d'élevage chez des bovins de la région de Bejaïa en Algérie

Facteur d'élevage	Nb. d'élevages	Nb. d'élevages séropositifs	Prévalence (%)	P
Introduction de nouveaux animaux sans mise en quarantaine	28/50	7/28	25,0	0,563
Cohabitation des bovins avec les petits ruminants	24/50	5/24	20,8	0,848
Présence de carnivores domestiques dans l'étable	40/50	9/40	22,5	0,864

## DISCUSSION

La technique Elisa est à la fois plus spécifique et plus sensible que la méthode de fixation du complément (FC) (Rousset et al., 2007). De plus, elle présente l'avantage d'être automatisable et permet le

criblage à grande échelle en médecine vétérinaire. Cependant, elle ne permet pas, contrairement à la réaction de polymérisation en chaîne (PCR), d'estimer l'importance de l'excrétion bactérienne : un animal séropositif n'est pas forcément excréteur et des animaux peuvent être séronégatifs et excréteurs (Guattéo et al., 2006). L'interprétation des résultats est donc délicate. Pour être complète, ce type d'étude devrait associer la technique Elisa à une méthode de recherche directe de l'agent étiologique comme la PCR, technique très sensible (Jourdain, 2003).

Cette étude a révélé une séroprévalence individuelle de 10,6 % et une séroprévalence troupeau de 22 %. Ces résultats diffèrent de ceux déjà rapportés en Algérie, obtenus lors d'études ayant eu comme objectif l'évaluation de la séroprévalence des maladies abortives chez les bovins. Ainsi, Dechicha et al. (2010) ont rapporté une séroprévalence de 29 % dans la région de la Mitidja alors que Abdelhadi et al. (2015) ont enregistré une séroprévalence de 24 % dans une autre étude menée à l'ouest du pays, dans la région de Tiaret. Ces plus fortes séroprévalences sont très probablement dues au fait que ces deux études ont été menées uniquement sur des élevages qui ont enregistré des avortements, ce qui n'était pas le cas de la présente étude.

L'implication de *Coxiella burnetii* dans l'apparition de certains troubles de la reproduction est encore sujette à des débats contradictoires. Dans cette étude, un lien statistiquement significatif a été mis en évidence entre la séropositivité et les antécédents de rétention placentaire ( $p = 0,025$ ). Ces résultats divergent de ceux de Vidic et al. (1990) qui n'ont pas mis en évidence de différence de séroprévalence entre les vaches ayant eu ou non une rétention placentaire. En revanche, dans l'étude de Lopez-Gatius et al. (2012), 12,5 % des vaches séropositives avaient des antécédents de rétention placentaire contre 6,4 % pour les vaches qui n'en avaient pas ( $p = 0,04$ ). Aucun lien significatif n'a été décelé entre la séropositivité et les antécédents d'avortement. Nos résultats convergent avec ceux de Hassig et Lubsen (1998) qui n'ont pas observé de différence significative entre la séroprévalence des vaches ayant avorté et la séroprévalence de vaches témoins. En revanche, Cabassi et al. (2006) ont noté une différence significative de la séroprévalence entre le groupe de vaches ayant avorté et le groupe témoin.

Le manque de données et d'informations relatives à la fréquence et aux causes d'avortements dans les élevages étudiés pourrait être dû au fait que la déclaration des avortements n'est pas obligatoire et que le diagnostic de laboratoire est difficile à réaliser à cause du manque de financements et d'équipements appropriés, ce qui engendre une sous-estimation de ce trouble. De plus, l'attribution d'un avortement ou d'une rétention placentaire à *C. burnetii* devrait se baser sur l'emploi de techniques de mise en évidence directe du germe ou de son ADN car des animaux peuvent rester séropositifs pendant plusieurs années à la suite d'une infection aiguë, alors que, à l'inverse, quelques animaux peuvent excréter la bactérie avant l'apparition des anticorps (Berri et al., 2000).

Un lien significatif entre la séropositivité et les antécédents de métrites a été observé lors de cette étude ( $p < 0,001$ ). To et al. (1998) ont rapporté une prévalence de 60 % (par immunofluorescence indirecte) chez des vaches ayant des métrites, significativement plus élevée que les 36 % obtenus des années antérieures sur des animaux *a priori* sains. Chez les vaches ayant un historique de retour régulier en chaleurs, la séroprévalence a été de 14 %, et un lien statistiquement significatif a été décelé entre la séropositivité et l'existence de ce trouble. Saegerman et al. (2013) ont également constaté que le syndrome de retour régulier en chaleurs était plus fréquent dans les élevages séropositifs vis-à-vis de la fièvre Q que dans les élevages séronégatifs (29,3 % vs 16,7 %). Toutefois, Literak et Kroupa n'ont pas retrouvé ces résultats dans leur étude de 1998.

De nombreuses études ont ainsi tenté d'évaluer le lien entre l'infection par *Coxiella burnetii* et les différents troubles de reproduction autres que l'avortement chez les bovins. Cependant, il n'existe aucune évidence solide pour soutenir l'hypothèse que cette bactérie provoque des désordres comme l'infertilité, les métrites/endométrites ou la rétention placentaire (Agerholm, 2013), ni pour confirmer ou infirmer l'implication directe de ce germe. Pour trancher, il serait plus judicieux de mener des enquêtes de type cas/témoins incluant un échantillon représentatif, et d'employer des techniques permettant de détecter la bactérie ou son ADN.

A l'échelle du troupeau, aucune liaison significative n'a été décelée entre la séropositivité et les facteurs étudiés, bien que ces facteurs puissent contribuer à l'introduction de la maladie dans les élevages. L'introduction de nouveaux animaux à statut sanitaire inconnu sans mise en quarantaine favoriserait ainsi l'introduction et la dissémination de bactéries (Rattner et al., 1994), surtout lorsqu'il s'agit de femelles excrétrices (Porten et al., 2006). Les éleveurs disent ne pas avoir la possibilité d'observer une mise en quarantaine car ils ne disposent pas de compartiment réservé à cet effet. Il en est de même pour la mixité des élevages bovins et petits ruminants du fait que la majorité des agents abortifs sont communs aux trois espèces (Nicollet et al., 2004) et que d'autres études ont montré que la prévalence de la fièvre Q était plus élevée dans les élevages mixtes que dans les élevages bovins (Anastacio et al., 2014 ; Van Engelen et al., 2014). L'absence de lien entre la séropositivité et ce facteur dans l'étude présentée pourrait être due au fait que cette pratique est très fréquente en Algérie ; les propriétaires élèvent fréquemment les petits ruminants à côté des bovins, soit pour des sacrifices rituels, soit pour leur lait (cas des caprins).

La présence de chiens de garde et de chats dans les locaux d'élevage est justifiée comme mesure de sécurité ou de lutte contre les rongeurs nuisibles. Cependant, selon les experts de l'Agence française de la sécurité sanitaire des aliments (Afssa, 2004), la possibilité d'une transmission de l'infection aux humains par contact avec des carnivores domestiques eux-mêmes infectés incite à recommander l'exclusion des chiens et des chats des locaux d'élevage. Cette mesure est sans doute d'application plus délicate pour les chats que pour les chiens.

L'absence de box de vêlage, l'élimination des produits de parturition dans la nature ou leur évacuation avec le fumier a été constatée dans tous les élevages visités. Ces pratiques peuvent contribuer à la propagation de *C. burnetii* et à la contamination humaine ou animale du fait que a) l'excrétion de cette bactérie se fait par de multiples voies (Beauveau et al., 2006), b) l'excrétion de *C. burnetii* atteint son maximum au moment de l'avortement ou de la mise bas, et c) les placentas ont une très forte charge bactérienne (Acersa 2007). Des mesures générales d'hygiène plus appropriées, appliquées aux placentas et aux fumiers, doivent être mises en œuvre dans nos élevages.

## ■ CONCLUSION

Cette étude a permis d'avoir un aperçu sur la situation épidémiologique de la fièvre Q dans les élevages bovins laitiers de la région, confirmant la circulation de cette maladie. C'est la première étude, à notre connaissance, qui s'est intéressée à cette maladie en dehors du contexte d'avortement chez les bovins. D'autres études à grande échelle, incluant différentes espèces de ruminants et utilisant des techniques moléculaires, sont fortement recommandées et permettront de mieux comprendre l'épidémiologie de la maladie dans nos élevages. Des enquêtes sérologiques chez les professionnels à risque (éleveurs, vétérinaires, techniciens inséminateurs...) permettront d'évaluer l'impact de cette maladie sur la santé publique.

## Remerciements

Les auteurs remercient les docteurs N. Boudrâa, H. Khaled, B. Medrouh, S. Tahrikt et A. Dadda, pour leurs contributions à la réalisation de ce travail.

## REFERENCES

- Abdelhadi F.Z., Abdelhadi S.A., Niar A., Benallou B., Meliani S., Smail N.L., Mahmoud D., 2015. Abortions in cattle on the level of Tiaret area (Algeria). *Global Vet.*, **14** (5): 638-645
- Acersa (Association de certification de la santé animale), 2007. Proposition de plan de maîtrise de la fièvre Q dans les élevages cliniquement atteints. Rapport adopté par le Comité d'experts. Acersa, Paris, France, 38 p.
- Afssa (Agence française de sécurité sanitaire des aliments), 2004. Fièvre Q : rapport sur l'évaluation des risques pour la santé publique et des outils de gestion des risques en élevage de ruminants. Afssa, Maisons-Alfort, France, 88 p.
- Agerholm J.S., 2013. *Coxiella burnetii* associated reproductive disorders in domestic animals - a critical review. *Acta Vet. Scand.*, **55**, e13, doi: 10.1186/1751-0147-55-13
- Anastacio S., Carolino N., Sidi-Boumedine K., Da Silva G.J., 2014. Q Fever dairy herd status determination based on serological and molecular analysis of bulk tank milk. *Transbound. Emerg. Dis.*, **63** (2): 293-300, doi: 10.1111/tbed.12275
- Angelakis E., Raoult D., 2010. Q fever. *Vet. Microbiol.*, **140** (3-4): 297-309, doi: 10.1016/j.vetmic.2009.07.016
- Badinand F., Bedouet J., Cosson J.L., Hanzen C., Vallet A., 2000. Lexique des termes de physiologie et de pathologie et performances de reproduction chez les bovins. *Ann. Med. Vet.*, **144** : 289-301
- Beauveau F., Guatteo R., Seegers H., 2006. Voies d'excrétion de *Coxiella burnetii* par la vache laitière : Implication pour le dépistage et la maîtrise de l'infection en élevage. *Epidémiol. Santé Anim.*, **49** : 1-4
- Benkirane A., Essamkaoui S., El Idrissi A., Lucchese L., Natale A., 2015. A sero-survey of major infectious causes of abortion in small ruminants in Morocco. *Vet. Ital.*, **51**(1): 25-30, doi: 10.12834/VetIt.389.1814.1
- Berri M., Laroucau K., Rodolakis A., 2000. The detection of *Coxiella burnetii* from ovine genital swabs, milk and fecal samples by the use of a single touchdown polymerase chain reaction. *Vet. Microbiol.*, **72** (3-4): 285-289
- Cabassi C.S., Taddei S., Donofrio G., Ghidini F., Piancastelli C., Flammini C.F., Cavirani S., 2006. Association between *Coxiella burnetii* seropositivity and abortion in dairy cattle of Northern Italy. *New Microbiol.*, **29** (3): 211-214
- Dechicha A., Gharbi S., Kebbal S., Chatagnon G., Tainturier D., Ouzrout R., Guetarni D., 2010. Serological survey of etiological agents associated with abortion in two Algerian dairy cattle breeding farms. *J. Vet. Med. Anim. Health*, **2** (1): 1-5
- Elandalousi R.B., Ghram A., Maaroufi A., Mnif W., 2015. Séroprévalence des maladies abortives zoonotiques chez les ruminants au nord de la Tunisie. *Research fr*, **2**: 1419, doi: /dx.doi.org/10.13070/rs.fr.2.1419
- Guattéo R., Beauveau F., Joly A., Seegers H., 2006. L'infection des bovins par *Coxiella burnetii*. *Le Point Vétérinaire* (n° spécial : Reproduction des ruminants : gestation, néonatalogie et postpartum), **37** : 62-66
- Hässig M., Lubsen J., 1998. Relationship between abortions and seroprevalence to selected infectious agents in dairy cows. *J. Vet. Med.*, **45** (1-10): 435-441, doi: 10.1111/j.1439-0450.1998.tb00813.x
- Jourdain E., 2003. Etude des maladies abortives non réglementées chez les ongulés sauvages et domestiques de la réserve nationale de chasse et de faune sauvage des Bauges. Thèse Doct., Université Claude-Bernard, Lyon I, France, 161 p.
- Kaabia N., Rolain J.M., Khalifa M., Ben Jazia E., Bahri F., Raoult D., Letaïef A., 2006. Serologic study of rickettsioses among acute febrile patients in central Tunisia. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **1078**: 176-179, doi: 10.1196/annals.1374.126
- Khaled H., Sidi-Boumedine K., Merdja S., Dufour P., Dahmani A., Thiéry R., Rousset E., Bouyoucef A., 2016. Serological and molecular evidence of Q fever among small ruminant flocks in Algeria. *Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis.*, **47**: 19-25, doi: 10.1016/j.cimid.2016.05.002
- Lacheheb A., Raoult D., 2009. Seroprevalence of Q-fever in Algeria. *Clin. Microbiol. Infect.*, **15** (Supp. 2): 167-168, doi : 10.1111/j.1469-0691.2008.02211.x
- Literák I., Kroupa L., 1998. Herd-level *Coxiella burnetii* seroprevalence was not associated with herd-level breeding performance in Czech dairy herds. *Prev. Vet. Med.*, **33** (1-4): 261-265, doi: 10.1016/S0167-5877(97)00034-2
- López-Gatius F., Almeria S., Garcia-Ispuerto I., 2012. Serological screening for *Coxiella burnetii* infection and related reproductive performance in high producing dairy cows. *Res. Vet. Sci.*, **93** (1): 67-73, doi: 10.1016/j.rvsc.2011.07.017
- Maurin M., Raoult D., 1999. Q fever. *Clin. Microbiol. Rev.*, **12** (4): 518-553
- Nicollet P., Maingourd C., Charollais P., 2004. Evaluation des méthodes diagnostiques utilisées lors d'avortement non brucelliques chez les ruminants. Recherche de *Chlamydia* spp., *Coxiella burnetii* et *Toxoplasma gondii* en Deux Sèvres et en Vienne sur une série de 150 avortements bovins, ovins et caprins. *Rencontres Rech. Rumin.*, **11** : 317-320
- Porten K., Rissland J., Tigges A., Broll S., Hopp W., Lunemann M., van Treck U., et al., 2006. A super-spreading ewe infects hundreds with Q fever at a farmers' market in Germany. *BMC Infect. Dis.*, **6**: 147, doi: 10.1186/1471-2334-6-147
- Rattner D., Rivière J., Bearman J.E., 1994. Factors affecting abortion, stillbirth and kid mortality in the Goat and Yaez (Goat x Ibex). *Small Rumin. Res.*, **13** (1): 33-40, doi: 10.1016/0921-4488(94)90028-0
- Rodolakis A., 2009. Q Fever in dairy animals. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **1166**: 90-93, doi: 10.1111/j.1749-6632.2009.04511.x
- Rousset E., Berri M., Durand B., Dufour P., Prigent M., Delcroix T., Touratier A., Rodolakis A., 2009. *Coxiella burnetii* shedding routes and antibody response after outbreaks of Q fever-induced abortion in dairy goat herds. *Appl. Environ. Microbiol.*, **75** (2): 428-433, doi: 10.1128/AEM.00690-08
- Rousset E., Duquesne V., Russo P., Thiéry R., 2007. La fièvre Q: problématiques et risques sanitaires. *Bull. Acad. Vét. Fr.*, **160** (2): 107-114, doi: 10.4267/2042/47874
- Saegerman C., Speybroeck N., Dal Pozzo F., Czaplicki G., 2013. Clinical indicators of exposure to *Coxiella burnetii* in dairy herds. *Transbound. Emerg. Dis.*, **62** (1): 46-54, doi: 10.1111/tbed.12070
- To H., Htwe K.K., Kako N., Kim H.J., Yamaguchi T., Fukushi H., Hirai K., 1998. Prevalence of *Coxiella burnetii* infection in dairy cattle with reproductive disorders. *J. Vet. Med. Sci.*, **60** (7): 859-861, doi: 10.1292/jvms.60.859
- Van den Brom R., Vellema P., 2009. Q fever outbreaks in small ruminants and people in the Netherlands. *Small Rumin. Res.*, **86** (1-3): 74-79, doi: 10.1016/j.smallrumres.2009.09.022
- Van Engelen E., Schotten N., Schimmer B., Hautvast J.L.A., van Schaik G., van Duijnhoven Y.T.H.P., 2014. Prevalence and risk factors for *Coxiella burnetii* (Q fever) in Dutch dairy cattle herds based on bulk tank milk testing. *Prev. Vet. Med.*, **117** (1): 103-109, doi: 10.1016/j.prevetmed.2014.08.016
- Vidić B., Mihajlović B., Galić M., Pavlović R., Boboš S., 1990. The finding of antibodies for *Coxiella burnetii* in cows having clinical indications of Q fever. *Acta vet. (Beograd)*, **40** (1): 27-30

## Summary

**Agag S., Kaidi R., Khelef D.** Seroprevalence of Q fever in cows in Bejaia area (Algeria)

Q fever is a worldwide zoonosis caused by *Coxiella burnetii*, a strict intracellular bacterium. Domestic ruminants are the main reservoir of the pathogen. The aim of this study was to evaluate the seroprevalence of Q fever in cattle in Bejaia area, Northern Algeria. A total of 180 sera from 50 dairy herds was analyzed by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). Nineteen sera from 11 herds were positive. The individual prevalence was thus 10.6% (95% confidence interval [CI]: 6.1%–15.0%) and the herd seroprevalence was 22% (10.5%–33.5%). A statistically significant correlation was observed between seropositivity and a history of placental retention ( $p = 0.025$ ) or metritis ( $p < 0.001$ ), or repeat breeding ( $p = 0.026$ ) in cows. Q fever therefore circulates in the dairy herds of this region. Other studies are strongly recommended to understand better the epidemiology of this disease.

**Keywords:** cattle, Q fever, ELISA, placental retention, endometritis, infertility, Algeria

## Resumen

**Agag S., Kaidi R., Khelef D.** Seroprevalencia de fiebre Q en vacas en la zona de Bejaia (Argelia)

La fiebre Q es una zoonosis mundial, causada por *Coxiella burnetii*, una bacteria estrictamente intracelular. Los rumiantes domésticos son el mayor reservorio del patógeno. El objetivo del presente estudio fue evaluar la seroprevalencia de la fiebre Q en el ganado en la zona de Bejaia, Argelia del norte. Un total de 180 sueros, provenientes de 50 hatos lecheros, fueron analizados mediante el ensayo de inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA). Diecinueve sueros provenientes de 11 hatos fueron positivos. La prevalencia individual fue así de 10,6% (95% intervalo de confianza [IC]: 6,1%–15,0%) y la seroprevalencia del hato fue de 22% (10,5%–33,5%). Se observó una correlación estadísticamente significativa entre la seropositividad y una historia de retención placentaria ( $p = 0,025$ ) o metritis ( $p < 0,001$ ) o repetición de monta ( $p = 0,026$ ) en vacas. Por ende, la fiebre Q circula en los hatos lecheros de esta región. Se recomiendan fuertemente otros estudios para comprender mejor la epidemiología de esta enfermedad.

**Palabras clave:** ganado bovino, fiebre q, ELISA, retención de la placenta, endometritis, esterilidad, Argelia





# Prevalence and risk factors of tropical theileriosis, and sequencing of *Theileria annulata*, the causative pathogen, in Setif region (Algeria) before and after tick season

Ouarda Ayadi<sup>1\*</sup> Mohamed Ridha Rjeibi<sup>2</sup>  
Mohamed Cherif Benchikh Elfegoun<sup>1</sup> Mohamed Gharbi<sup>2</sup>

## Keywords

Cattle, *Theileria annulata*, PCR, DNA sequence, Algeria

Submitted: 18 August 2016

Accepted: 12 June 2017

Published: 27 June 2017

DOI: 10.19182/remvt.31201

## Summary

To determine the prevalence of *Theileria annulata* infection and the influence of some risk factors, a molecular survey was carried out in the Setif region (Algeria). A total of 134 cattle blood samples from 21 farms were collected twice, in April and November 2015, before and after the tick vector season. *Theileria annulata* molecular prevalence was 25.4% in April and 50% in November, indicating a significant increase ( $p < 0.001$ ) in the number of asymptomatic carrier animals. The molecular prevalence was significantly higher than the prevalence in Giemsa-stained blood smears for the two periods. In April, the Fleckvieh breed had the lowest molecular prevalence, but this prevalence increased significantly in November ( $p < 0.001$ ). The breeding type and sex had no influence on *T. annulata* prevalence. However, the infection rate increased significantly during the tick infestation period as the walls were not roughcast and had cracks ( $p < 0.001$ ). The Algerian Tams1 gene sequence was very similar to the already known Mauritanian, Tunisian and Egyptian sequences.

■ To quote this article: Ayadi O., Rjeibi M.R., Benchikh Elfegoun M.C., Gharbi M., 2016. Prevalence and risk factors of tropical theileriosis, and sequencing of *Theileria annulata*, the causative pathogen, in Setif region (Algeria) before and after tick season. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **69** (4): 161-166, doi: 10.19182/remvt.31201

## ■ INTRODUCTION

Bovine tropical theileriosis (*Theileria annulata* infection) is a tick-borne disease whose causative pathogen (*Theileria annulata*) is transmitted by *Hyalomma* ticks (Neitz, 1959; Barnett, 1968; Robinson, 1982; El Hussein et al., 2012). This disease occurs in Southern Europe, North Africa and Asia, from the Middle East to China (Uilenberg, 1981). Local breeds are resistant to *T. annulata* infection and can remain carriers for 11 years (Sergent et al., 1945). Exotic cattle are, on the other hand, highly susceptible to this infection which can cause significant economic losses (Robinson, 1982; Ait Hamou et al., 2012). After recovery, sick animals become carriers and reservoirs of the parasite (Brown, 1990; Bilgic et al., 2010).

*Theileria annulata* is the most prevalent piroplasm affecting cattle in Tunisia (Darghouth, 2004) and Morocco (El Haj et al., 2002). In Algeria, Ziam and Benaouf (2004) estimated the prevalence of *T. annulata* by examination of Giemsa-stained blood smears to be 53.7%. In 2015, molecular prevalence of *T. annulata* was estimated by Ziam et al. (2015) at 36.8% in randomly chosen healthy cattle.

In Algeria, tropical theileriosis is enzootic in humid, subhumid and semiarid regions, favorable to the development of tick vectors (Sergent et al., 1945; Ziam and Benaouf, 2004; Ziam et al., 2015). The tick *Hyalomma scupense* is thus abundant in Mila (39.2% of the collected ticks; Benchikh Elfegoun et al., 2013) and in Tiaret (28% of the ticks; Boulkaboul, 2003) areas, where the climate is semiarid, whereas lower frequencies are present in more humid regions such as Jijel (2.5% of the ticks; Benchikh Elfegoun et al., 2007) and El Tarf (1.8%; Benchikh Elfegoun et al., 2013). The highest prevalence of the other vector – *H. lusitanicum* – was found in Tiaret (20% of the ticks; Boulkaboul, 2003) and Oran regions (15%; Yousfi-Monod and Aeschlimann, 1986). This prevalence was lower in Jijel (5.5%; Benchikh Elfegoun et al., 2007), Mila (1.1%) and El Tarf (0.02%) regions (Benchikh Elfegoun et al., 2013).

Several techniques are used to detect *T. annulata* in cattle (Dumanli et al., 2005; Durrani et al., 2010). The Giemsa-stained blood smear is a fast and low cost tool, but it is not suitable for epidemiological

1. Laboratoire de parasitologie, Institut des sciences vétérinaire El Khroub, Université Frères Mentouri, Constantine 1, Algérie.

2. Laboratoire de parasitologie, Univ. Manouba, Institution de la recherche et de l'enseignement supérieur agricoles, Ecole nationale de médecine vétérinaire, 2020 Sidi Thabet, Tunisie.

\* Corresponding author

Tel.: +213 551 442073; Fax: +213 31962794

Email: ayadioird@yahoo.com



studies because of its low sensitivity (Darghouth et al., 1996; Uilenberg, 2004). On the other hand, the polymerase chain reaction (PCR) method allows the detection of a single piroplasm in 4  $\mu$ L of blood sample (Ilhan et al., 1998).

Recently, Gharbi and Darghouth (2015) wrote a review on the disease and on the measures to control it in North Africa. The aim of the present study was to estimate the prevalence of *T. annulata* infection in carrier cattle by microscopic and molecular methods, before and after the vector tick season.

## MATERIALS AND METHODS

### Study area

The present study was carried out in El Eulma region, wilaya of Setif (North-East Algeria, Figure 1). The altitude of this locality varies between 800 and 1300 meters. The climate is semiarid with a mean annual rainfall of 482 mm, hot summers and cold winters with mean temperatures of 23.7 °C in summer and 5.1 °C in winter.

The cattle population, estimated at 30,000 animals, is composed of local and exotic breeds (Montbeliard, Holstein Friesian, Red Holstein and Fleckvieh). Generally, dairy cattle farms are conducted semi-intensively, whereas beef cattle are intensively bred (data from the Algerian Agricultural Services Branch, 2014).

### Animal sampling

Twenty-one cattle farms, randomly chosen among those whose owner agreed to collaborate and were available, were included in the study. EDTA blood samples from 180 healthy cattle, aged three months to seven years, were randomly collected in late April 2015. Some of these cattle had been introduced in the farms from other Algerian regions or even from other countries (particularly the Fleckvieh cattle), after the previous tick infestation period, but no precise information regarding animals' movements was available.

It had been planned to sample again the same animals after the *H. scutpense* vector tick season, i.e. in November 2015, but only 134 of them were present at that time. Of the 46 missing cattle, an unknown number died of theileriosis and others were sold. They were thus removed from the study, and the analysis concerned only the 134 cattle sampled twice.

### Theileria annulata infection study

Giemsa-stained blood smears were examined under microscope at x1000 magnification using immersion oil. DNA was extracted from

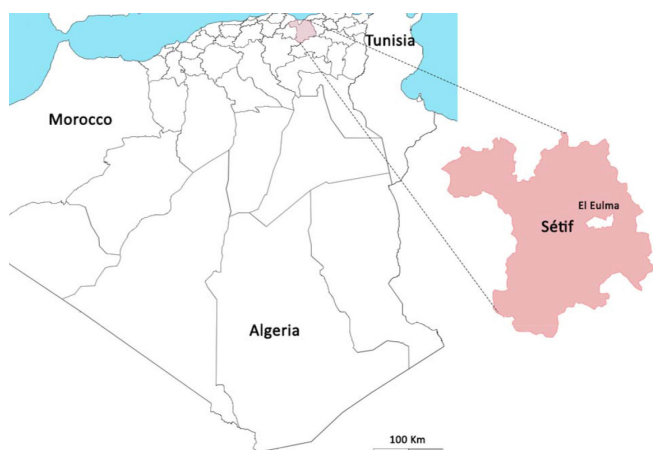


Figure 1: Geographical location of the region of El Eulma, Algeria.

300  $\mu$ L blood with the BioBasic DNA (extraction) Kit (Markham, Canada) following the manufacturer's instructions. *Theileria annulata* PCR amplifying a 721 bp DNA fragment was performed with a set of specific primers of the gene encoding *T. annulata* Tams1 antigen. The forward primer was N516 (5'-GTAACCTTTA-AAAACGT-3') and the reverse primer was N517 (5'-GTTACGAA-CATGGGTTT-3') (d'Oliveira et al., 1995). PCR was carried out in 25  $\mu$ L volume for each reaction consisting of 2.5  $\mu$ L of 10x PCR buffer (20 mmol Tris-HCl; pH 8.5; 50 mmol KCl), 0.4 mmol of each dNTP, 0.5  $\mu$ mol of each primer, 3 mmol MgCl<sub>2</sub>, 0.05 U/ $\mu$ L of Taq DNA Polymerase (Vivantis, Chino, California) and 2  $\mu$ L of the extracted DNA as template.

Samples were amplified in an automated DNA thermocycler (ESCO Swift MaxPro, Kintex, Korea) using the following program: initial denaturation at 94 °C for 5 min followed by 30 cycles (94 °C, 55 °C and 72 °C during 1 min each) and a final extension at 72 °C for 10 min. Amplified DNA was electrophoresed, then examined under an ultraviolet transilluminator.

### DNA sequencing and phylogenetic analyses

Four PCR randomly chosen products obtained with N516/N517 primers were purified with Wizard SV gel and PCR clean-up (Promega, Madison, WI, USA). The PCR products were sequenced in both directions, using the same primers as for PCR. Sequencing reactions were performed in the DNA Engine Tetrad 2 Peltier Thermal Cycler (BIO-RAD) with the ABI BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems), following the protocols supplied by the manufacturer. MEGA 6.1 software was used to perform multiple sequence alignments using MUSCLE (Tamura et al., 2013). Obtained DNA sequences were compared for similarity to sequences deposited in GenBank using the BLAST program.

The Tams1 partial sequences of *T. annulata* (Tabv A1) variant have been deposited in GenBank (accession number: KX196177). A phylogenetic tree was constructed with the neighbor-joining method (Saitou and Nei, 1987). The evolutionary distances were computed with the Tajima-Nei method (Tajima and Nei, 1984) and expressed in a number of base substitutions per site between sequences.

### Statistical analysis

Data were analyzed with SPSS 21 (IBM). Chi square tests were performed and differences were considered significant at  $p \leq 0.05$ .

## RESULTS

The molecular study showed that 25.4% and 50% of the samples were positive for *T. annulata* in April and November, respectively ( $p < 0.001$ ). The percentages of positive Giemsa-stained blood smears, before and after the tick season, were 10.4% and 16.4%, respectively. They were significantly lower than those obtained by PCR ( $p \leq 0.001$ ) (Table I).

In April, the Fleckvieh cattle had the lowest molecular prevalence (14.6%;  $p = 0.047$ ). This prevalence increased significantly in November ( $p < 0.001$ ). At that time, there was no difference according to the breed ( $p > 0.05$ ). Moreover, there was no difference according to the sex regardless of the period. However, between April and November, the infection rate increased significantly for both males ( $p = 0.004$ ) and females ( $p = 0.002$ ) (Table II). The infection rate increased significantly in farms without roughcast walls and with cracks in the walls ( $p < 0.001$ ), and in the older cattle ( $> 48$  months). No significant difference between dairy semi-extensive and intensive herds (milk or meat) was detected (Table II).

Table I

Prevalence comparison between blood smears and PCR before and after the tropical theileriosis season

Period	Positive/examined (prevalence $\pm$ CI)		P value
	Blood smears	PCR	
Before theileriosis season	14/134 (10.4 $\pm$ 0.05)	34/134 (25.4 $\pm$ 0.07)	0.001*
After theileriosis season	22/134 (16.4 $\pm$ 0.06)	67/134 (50.0 $\pm$ 0.08)	< 0.001*
P value	0.152	< 0.001*	

CI: Confidence interval; \* Statistically significant

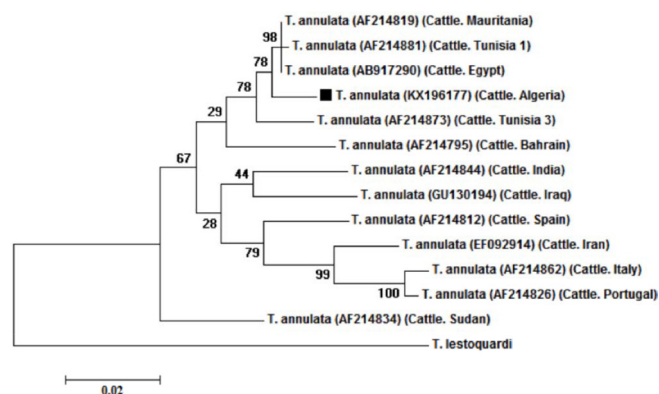
Table II

*Theileria annulata* risk factors in carriers before (April) and after (November) the tropical theileriosis season

Parameter	Positive/examined (prevalence $\pm$ CI)		P value
	Before theileriosis season	After theileriosis season	
Sex			
Male	7/41 (17.1 $\pm$ 0.12)	19/41 (46.3 $\pm$ 0.15)	0.004*
Female	27/93 (29.0 $\pm$ 0.09)	48/93 (51.6 $\pm$ 0.10)	0.002*
P value	0.143	0.574	
Breed			
Local	9/42 (21.4 $\pm$ 0.12)	16/42 (38.1 $\pm$ 0.15)	0.095
Fleckvieh	6/41 (14.6 $\pm$ 0.11)	21/41 (51.2 $\pm$ 0.15)	< 0.001*
Holstein	11/34 (32.4 $\pm$ 0.16)	19/34 (55.9 $\pm$ 0.17)	0.051
Montbeliard	8/17 (47.1 $\pm$ 0.24)	11/17 (64.7 $\pm$ 0.23)	0.303
P value	0.047*	0.226	
Age (months)			
0–6	1/23 (4.3 $\pm$ 0.08)	0/0 (0.0)	–
7–12	8/28 (28.6 $\pm$ 0.17)	9/23 (39.1 $\pm$ 0.20)	0.426
13–24	3/9 (33.3 $\pm$ 0.31)	17/38 (44.7 $\pm$ 0.16)	0.534
25–48	12/43 (27.9 $\pm$ 0.13)	8/16 (50.0 $\pm$ 0.25)	0.111
> 48	10/31 (32.3 $\pm$ 0.16)	33/57 (57.9 $\pm$ 0.13)	0.022*
P value	0.150	0.403	
Type of livestock			
Dairy, intensive farming	1/8 (12.5 $\pm$ 0.23)	3/8 (37.5 $\pm$ 0.34)	0.248
Dairy, semi-intensive farming	20/58 (34.5 $\pm$ 0.12)	34/58 (58.6 $\pm$ 0.13)	0.009*
Beef, intensive farming	13/68 (19.1 $\pm$ 0.09)	30/68 (44.1 $\pm$ 0.12)	0.002*
P value	0.098	0.205	
Presence of cracks			
Yes	27/117 (23.1 $\pm$ 0.08)	59/117 (50.4 $\pm$ 0.09)	< 0.001*
No	7/17 (41.2 $\pm$ 0.23)	8/17 (47.1 $\pm$ 0.24)	0.730
P value	0.109	0.795	
Whitewashed walls			
Yes	15/73 (20.5 $\pm$ 0.09)	34/73 (46.6 $\pm$ 0.11)	< 0.001*
No	19/61 (31.1 $\pm$ 0.12)	33/61 (54.1 $\pm$ 0.13)	0.010*
P value	0.160	0.386	
Roughcast walls			
Yes	11/37 (29.7 $\pm$ 0.15)	17/37 (45.9 $\pm$ 0.16)	0.150
No	23/97 (23.7 $\pm$ 0.08)	50/97 (51.5 $\pm$ 0.10)	< 0.001*
P value	0.474	0.562	
<b>Total</b>	<b>34/134 (25.4 <math>\pm</math> 0.07)</b>	<b>67/134 (50.0 <math>\pm</math> 0.08)</b>	<b>0.001*</b>

CI: Confidence interval; \* Statistically significant

The four *T. annulata* sequenced amplicons were 100% homologous (GenBank Accession Number: KX196177). This Algerian *T. annulata* strain shared high homology with Egyptian (96.9%; AB917290), Tunisian (98.6%; AF214881) and Mauritanian isolates (98.9%; AF214819): all of them were clustered in a single clade. Our isolate also had 96.1% identity with the Bahraini isolate (AF214795). It was, on the other hand, different from the isolates from Spain, Italy, Iran, Sudan and India (Figure 2). However, the tree was not supported by high bootstrap values.



**Figure 2:** Partial sequence *Tams1* gene phylogenetic tree of *Theileria annulata* identified in cattle in the present survey and those deposited in GenBank.

The tree was constructed with the neighbor-joining method (Saitou and Nei, 1987). The percentage of replicate trees in which the associated taxa clustered together in the bootstrap test (1100 replicates) is shown next to the branches. The evolutionary distances were computed with the Tajima-Nei method (Tajima and Nei, 1984) and expressed in a number of base substitutions per site between sequences. Evolutionary analyses were conducted in MEGA6 (Tamura et al., 2013). GenBank accession numbers are shown in parentheses. The isolates described in this study are preceded by a black square.

## DISCUSSION

Tropical theileriosis is caused by the protozoan *T. annulata* and transmitted by *Hyalomma* ticks (Robinson, 1982). In North Africa, *H. scupense* is the main vector of *T. annulata* (Gharbi et al., 2013). The higher infection rate observed in our results in November indicates that *T. annulata* was actually transmitted during the adult tick infestation season.

Two techniques were used in this study to identify *T. annulata* carrier animals, namely the microscopic examination of Giemsa-stained blood smears, and PCR. Several studies reported that PCR is more specific and sensitive than blood microscopic examination for detecting carriers (Dumanli et al., 2005; Aktas et al., 2006; Azizi et al., 2008; Safarpour Dehkordi et al., 2012), which was also observed in this study. The number of infected red blood cells is high during early infection, allowing a better detection by Giemsa-stained blood smears at that time. However, after the establishment of an immune response, the number of infected red blood cells decreases drastically. Similarly, during the tick season, the cattle immune system is boosted by new infections, inducing a better control of the parasites (Darghouth et al., 1996) and leading to a consequent decrease in sensitivity of this microscopic method.

Cattle under six months of age had the lowest prevalence in April, because they were born after the previous season of theileriosis. A similar trend was reported by other authors (Ait Hamou et al., 2012; Khattak et al., 2012; Ziam et al., 2015). Flach et al. (1995) argue that this difference is caused by higher tick burdens in adult cattle. The

infection rate evolution in our study showed that the older cattle were more infected than younger animals, which may be caused by the accumulation of infection during the successive tick seasons. However, as animals of different ages and origins were regularly introduced or removed from the farms before the tick season, it was not possible to compare further the evolution of infection rates between age groups.

During both visits, there was no difference in *T. annulata* molecular prevalence between males and females, which was also reported in other surveys (Ait Hamou et al., 2012; Khattak et al., 2012). On the other hand, Saleem et al. (2014) report that females are more infected than males (89.3% vs 10.7%), suggesting that females are less resistant to infection than males because of a regular decrease in their immune system (pregnancy and lactation). This was not observed in our study, although the infection rate of females was slightly higher than that of males during the first visit.

Cattle of local breeds are generally more resistant than exotic animals (Gharbi et al., 2014; Saleem et al., 2014). Glass et al. (2005) and Jensen et al. (2008) attribute the difference in sensitivity to tropical theileriosis between Holstein and Sahiwal breeds to a genetic difference leading to a high production level of pro-inflammatory cytokines in Holstein cattle. Moreover, the immune resistance of the local breed can block the multiplication of the parasite, preventing its release into the blood stream, which can give false negative results. A similar trend was observed in our study: the infection rate did not increase significantly in the local breed indicating that these cattle were resistant to infection.

The absence of a significant prevalence increase in Montbeliard and Holstein cattle may be due to the fact that the majority of these cows received a special care, including tick control, because of their high market value. In Fleckvieh cattle, a high increase of infection prevalence was observed which can be explained by the recent introduction of naïve Fleckvieh animals in the studied farms.

Cracks in cowshed walls are favorable to the overwintering and egg-laying endophilic tick vector *H. scupense*, whereas roughcasting and smoothing walls significantly reduce cracks and thus prevent nymphs and young adults of *H. scupense* to hide for overwintering (Gharbi et al., 2014). This should decrease the tick infestation of cattle and consequently the prevalence of theileriosis. In our study, the infection rate increased significantly during the tick season when the walls were not roughcast and had cracks. On the contrary, whitewashing walls had no influence on the cattle infection rate. The proportion of *H. lusitanicum* among the ticks infesting cattle is high in Western Algeria, in Oran (Yousfi-Monod and Aeschlimann, 1986) or Tiaret (Boulkaboul, 2003), but lower in Eastern parts of the country, in Jijel (Benchikh Elfegoun et al., 2007), El Tarf and Mila regions (Benchikh Elfegoun et al., 2013). Viseras et al. (1999) showed that *H. lusitanicum*, an exophilic tick, is a vector of *T. annulata* in Spain. This species could also be a vector of tropical theileriosis in Algeria. Cattle infestation by ticks was not studied during this survey. But, because Setif wilaya is close to Jijel and Mila areas, *H. lusitanicum* is probably not predominant in the region. However, its presence can make the control of tropical theileriosis more complicated and explain the occurrence of tropical theileriosis in farms with walls unfavorable to *H. scupense* overwintering. The importance of this vector should be assessed.

The partial sequencing of *Tams-1* gene revealed that the Algerian amplicon is closely related to the other isolates from North Africa (from Egypt to Mauritania), but not to isolates from Europe or Asia. However, as the bootstrap values were low, this observation, favorable to the development of a single vaccine for the whole of Maghreb, should still be confirmed.

## ■ CONCLUSION

The PCR study of *T. annulata* infection in apparently healthy animals during the adult tick infestation period provided information on the prevalence in the region during this period, whereas the study of the infection rate increase between pre- and post-infection periods provided accurate information about risk factors. It appeared that only acaricide-treated and non-infected animals should be considered for trading in the country in order to decrease the dissemination of both tick vectors and *T. annulata* in farms and regions free of ticks and theileriosis. The elimination of cracks, plastering and smoothing the inner and outer surfaces of shed walls should drastically reduce the incidence of tropical theileriosis, when the main vector is *H. scutpense*, because the cracks represent a favorable place for overwintering ticks. But in Algeria the control of this disease should also include *H. lusitanicum*, the exophilic tick species.

## Acknowledgments

The study was partially supported by the “Laboratoire d'épidémiologie des infections zoonotiques des herbivores en Tunisie : application à la lutte” (ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique, Tunisia). The authors thank Pr. El Hassane Brerhi and Mr. Kars Abd El Ali, for their support, and all cattle farmers who agreed to let us handle their animals.

## REFERENCES

- Ait Hamou S., Rahali T., Sahibi H., Belghyti D., Losson B., Rhalem A., 2012. Séroprévalences des hémaparasitoses bovines dans deux régions irriguées du Maroc. *Rev. Méd. Vét.*, **163** (10) : 480-485
- Aktas M., Altay K., Dumanli N., 2006. A molecular survey of bovine *Theileria* parasites among apparently healthy cattle and with a note on the distribution of ticks in eastern Turkey. *Vet. Parasitol.*, **138** (3-4): 179-185, doi: 10.1016/j.vetpar.2006.01.052
- Azizi H., Shiran B., Farzaneh Dehkordi A., Salehi F., Taghdosi C., 2008. Detection of *Theileria annulata* by PCR and its comparison with smear method in native carrier cows. *Biotechnology*, **7** (3): 574-577, doi: 10.3923/biotech.2008.574.577
- Barnett S.F., 1968. Theileriosis. In: Infectious blood diseases of man and animals, Vol. 2. (Eds. Weinman D., Ristic M.). Academic Press, London, UK, 269-328
- Benchikh Elfegoun M.C., Benakhla A., Bentounsi B., Bouattour A., Piarroux R., 2007. Identification et cinétique saisonnière des tiques parasites des bovins dans la région de Taher (Jijel), Algérie. *Ann. Méd. Vét.*, **151** : 209-214
- Benchikh Elfegoun M.C., Gharbi M., Djebir S., Kohil K., 2013. Seasonal activity of ixodid ticks, parasites of cattle in two bioclimatic areas of Northeastern Algeria. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **66** (4): 117-122
- Bilgic H.B., Karagenc T., Shiels B., Tait A., Eren H., Weir W., 2010. Evaluation of *cytochrome b* as a sensitive target for PCR based detection of *T. annulata* carrier animals. *Vet. Parasitol.*, **174** (3-4): 341-347, doi: 10.1016/j.vetpar.2010.08.025
- Boukhaboul A., 2003. Parasitism of cattle ticks (Ixodidae) in Tiaret, Algeria. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **56** (3-4): 157-162
- Brown C.G., 1990. Control of tropical theileriosis (*Theileria annulata* infection) of cattle. *Parassitologia*, **32** (1): 23-31
- Darghouth M.A., 2004. Piroplasmids of livestock in Tunisia. *Arch. Inst. Pasteur Tunis*, **81** (1-4): 21-25
- Darghouth M.A., Bouattour A., Ben Miled L., Sassi L., 1996. Diagnosis of *Theileria annulata* infection of cattle in Tunisia: comparison of serology and blood smears. *Vet. Res.*, **27** (6): 613-621
- d'Oliveira C., van der Weide M., Habela M.A., Jacquet P., Jongejan F., 1995. Detection of *Theileria annulata* in blood samples of carrier cattle by PCR. *J. Clin. Microbiol.*, **33** (10): 2665-2669
- Dumanli N., Aktas M., Cetinkaya B., Cakmak A., Koroglu E., Saki C.E., Erdogmus Z., et al., 2005. Prevalence and distribution of tropical theileriosis in eastern Turkey. *Vet. Parasitol.*, **127** (1): 9-15, doi: 10.1016/j.vetpar.2004.08.006
- Durrani A.Z., Mehmood N., Shakoori A.R., 2010. Comparison of three diagnostic methods for *Theileria annulata* in Sahiwal and Friesian cattle in Pakistan. *Pak. J. Zool.*, **42** (4): 467-472
- El Haj N., Kachani M., Bouslikhane M., Ouhelli H., Ahami A.T., Katende J., Morzaria S.P., 2002. Séro-épidémiologie de la theilériose à *Theileria annulata* et de la babésiose à *Babesia bigemina* au Maroc. *Rev. Méd. Vét.*, **153** (3) : 189-196
- El Hussein A.M., Hassan S.M., Salih D.A., 2012. Current situation of tropical theileriosis in the Sudan. *Parasitol. Res.*, **111** (2): 503-508, doi: 10.1007/s00436-012-2951-5
- Flach E.J., Ouhelli H., Waddington D., Oudich M., Spooner R.L., 1995. Factors influencing the transmission and incidence of tropical theileriosis (*Theileria annulata* infection of cattle) in Morocco. *Vet. Parasitol.*, **59** (3-4): 177-188, doi: 10.1016/0304-4017(94)00760-A
- Gharbi M., Darghouth M.A., 2015. Control of tropical theileriosis (*Theileria annulata* infection in cattle) in North Africa. *Asian Pac. J. Trop. Dis.*, **5** (7): 505-510, doi: 10.1016/S2222-1808(15)60825-8
- Gharbi M., Hayouni M.E., Sassi L., Dridi W., Darghouth M.A., 2013. *Hyalomma scupense* (Acari, Ixodidae) in northeast Tunisia: seasonal population dynamics of nymphs and adults on field cattle. *Parasite*, **20**, e12, doi: 10.1051/parasite/2013012
- Gharbi M., Rjeibi M.R., Darghouth M.A., 2014. Epidemiology of tropical bovine theileriosis (*Theileria annulata* infection) in Tunisia: A review. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **67** (4): 241-247
- Glass E.J., Preston P.M., Springbett A., Craigmile S., Kirvar E., Wilkie G., Brown C.G.D., 2005. *Bos taurus* and *Bos indicus* (Sahiwal) calves respond differently to infection with *Theileria annulata* and produce markedly different levels of acute phase proteins. *Int. J. Parasitol.*, **35** (3): 337-347, doi: 10.1016/j.ijpara.2004.12.006
- Ilhan T., Williamson S., Kirvar E., Shiels B., Brown C.G.D., 1998. *Theileria annulata*: carrier state and immunity. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **849**: 109-125, doi: 10.1111/j.1749-6632.1998.tb11040.x
- Jensen K., Paxton E., Waddington D., Talbot R., Darghouth M.A., Glass E.J., 2008. Differences in the transcriptional responses induced by *Theileria annulata* infection in bovine monocytes derived from resistant and susceptible cattle breeds. *Int. J. Parasitol.*, **38** (3-4): 313-325, doi: 10.1016/j.ijpara.2007.08.007
- Khattak R.M., Rabib M., Khan Z., Ishaq M., Hameed H., Taqddus A., Faryal M., et al., 2012. A comparison of two different techniques for the detection of blood parasite, *Theileria annulata*, in cattle from two districts in Khyber Pukhtoon Khwa Province (Pakistan). *Parasite*, **19** (1): 91-95, doi: 10.1051/parasite/2012191091
- Neitz W.O., 1959. Theileriosis. *Adv. Vet. Sci.*, **5**: 241-297
- Robinson P.M., 1982. *Theileria annulata* and its transmission: A review. *Trop. Anim. Health Prod.*, **14** (1): 3-12, doi: 10.1007/BF02281092
- Safarpour Dehkordi F., Parsaei P., Saberian S., Moshkelani S., Hajshafiei P., Hoseini S.R., Babaei M., Ghorbani M.N., 2012. Prevalence study of *Theileria annulata* by comparison of four diagnostic techniques in southwest Iran. *Bulg. J. Vet. Med.*, **15** (2): 123-130
- Saitou N., Nei M., 1987. The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Mol. Biol. Evol.*, **4**: 406-425
- Saleem M.I., Tariq A., Shazad A., Mahfooz S.A., 2014. Clinical, epidemiological and therapeutic studies on bovine tropical theileriosis in Faisalabad, Pakistan. *Iraqi J. Vet. Sci.*, **28** (2): 87-93
- Sergent E., Donatien A., Parrot L., Lestoquard F., 1945. Etudes sur les piroplasmoses bovines. Institut Pasteur, Alger, Algérie, 816 p.
- Tajima F., Nei M., 1984. Estimation of evolutionary distance between nucleotide sequences. *Mol. Biol. Evol.*, **1** (3): 269-285, doi: 10.1093/oxfordjournals.molbev.a040317
- Tamura K., Stecher G., Peterson D., Filipski A., Kumar S., 2013. MEGA6: Molecular evolutionary genetics analysis, Vers. 6.0. *Mol. Biol. Evol.*, **30** (12): 2725-2729, doi: 10.1093/molbev/mst197
- Uilenberg G., 1981. Theilerial species of domestic livestock. In: Advances in the control of theileriosis (Eds. Irvin A., Cunningham M.P., Young A.S.). Martinus Nijhof, The Hague/Boston/London, 4-37
- Uilenberg G., 2004. Diagnostic microscopique des maladies transmises par les tiques au Maghreb. *Arch. Inst. Pasteur Tunis*, **81** (1-4) : 35-40

Viseras J., Hueli L.E., Adroher F.J., García-Fernández P., 1999. Studies on the transmission of *Theileria annulata* to cattle by the tick *Hyalomma lusitanicum*. *Zoonoses Public Health*, **46** (8): 505-509, doi: 10.1111/j.1439-0450.1999.tb01242.x

Yousfi-Monod R., Aeschlimann A., 1986. Recherches sur les tiques (Acarina, Ixodidae), parasites de bovidés dans l'ouest Algérien. I. Inventaire systématique et dynamique saisonnière. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.*, **61** (3): 341-358

Ziam H., Benaouf H., 2004. Prevalence of blood parasites in cattle from provinces of Annaba and El Tarf, east Algeria. *Arch. Inst. Pasteur Tunis*, **81** (1-4): 27-30

Ziam H., Kelanamer R., Aissi M., Ababou A., Berkvens D., Geysen D., 2015. Prevalence of bovine theileriosis in North Central region of Algeria by real-time polymerase chain reaction with a note on its distribution. *Trop. Anim. Health Prod.*, **47** (5): 787-796, doi: 10.1007/s11250-015-0772-0

## Résumé

**Ayadi O., Rjeibi M.R., Benchikh Elfegoun M.C., Gharbi M.** Prévalence et facteurs de risque de la theilériose tropicale, et séquençage de l'agent pathogène causal *Theileria annulata*, dans la région de Sétif (Algérie), avant et après la période d'infestation par les tiques

Pour déterminer la prévalence de l'infection par *Theileria annulata* et l'influence de certains facteurs de risque, une étude moléculaire a été menée dans la région de Sétif (Algérie). Au total, 134 échantillons sanguins de bovins provenant de 21 fermes ont été collectés deux fois, en avril et novembre 2015, avant et après la saison des vecteurs de tiques. La prévalence moléculaire de *T. annulata* a été de 25,4 % en avril et de 50 % en novembre, indiquant une augmentation significative ( $p < 0,001$ ) du nombre d'animaux porteurs asymptomatiques. La prévalence moléculaire a été significativement plus élevée que la prévalence sur frottis sanguins colorés au Giemsa pour les deux périodes. En avril, la race Fleckvieh a eu la prévalence moléculaire la plus faible mais cette prévalence a considérablement augmenté en novembre ( $p < 0,001$ ). Le type d'élevage et le sexe n'ont eu aucune influence sur la prévalence de *T. annulata*. Toutefois, le taux d'infection a augmenté de manière significative pendant la période d'infestation par les tiques, car les murs n'étaient pas crépis et présentaient des fissures ( $p < 0,001$ ). La séquence algérienne du gène Tams1 a été très similaire aux séquences mauritaniennes, tunisiennes et égyptiennes déjà connues.

**Mots-clés :** bovin, *Theileria annulata*, PCR, séquence d'ADN, Algérie

## Resumen

**Ayadi O., Rjeibi M.R., Benchikh Elfegoun M.C., Gharbi M.** Prevalencia y factores de riesgo de la theileriosis tropical y secuenciación de *Theileria annulata*, agente patógeno causal, en la región de Setif (Argelia) antes y después de la estación de garrapatas

Con el fin de determinar la prevalencia de infección de *Theileria annulata* y la influencia de algunos factores de riesgo, se llevó a cabo un estudio molecular en la región de Setif (Argelia). Se colectaron un total de 134 muestras de sangre de ganado en 21 fincas, dos veces, en abril y noviembre 2015, antes y después de la estación de las garrapatas vectores. La prevalencia molecular de *Theileria annulata* fue de 25,4% en abril y de 50% en noviembre, indicando un aumento significativo ( $p < 0,001$ ) en el número de animales portadores asintomáticos. La prevalencia molecular fue significativamente más elevada que la prevalencia en los frotis con tinción Giemsa en ambos periodos. En abril, la raza Fleckvieh presentó la menor prevalencia molecular, pero esta prevalencia aumentó significativamente en noviembre ( $p < 0,001$ ). El tipo de raza y sexo no tuvo influencia en la prevalencia de *T. annulata*. Sin embargo, la tasa de infección aumentó significativamente durante el periodo de infestación de garrapatas, ya que las paredes no estaban revocadas y presentaban grietas ( $p < 0,001$ ). La secuenciación del gen Algerian Tams1 fue muy similar a la ya conocida secuenciación mauritana, tunicina y egipcia.

**Palabras clave:** ganado bovino, *Theileria annulata*, PCR, secuencia de ADN, Argelia

# Risk factors of postpartum genital diseases in Holstein x Lai Sind crossbred cows in smallholdings, Ho Chi Minh City, Vietnam

Cuong Nguyen-Kien<sup>1,2</sup> Christian Hanzen<sup>2\*</sup>

## Keywords

Cattle, Holstein x Lai Sind cow, dystocia, retained placenta, endometritis, Viet Nam

Submitted: 14 October 2016

Accepted: 27 February 2017

Published: 27 June 2017

DOI: 10.19182/remvt.31202

## Summary

A total of 353 calvings and postpartum periods of 302 Holstein x Lai Sind (HxLS) crossbred cows kept in 35 family farms in Cu Chi district, Ho Chi Minh City, Vietnam were observed to analyze the risk factors of retained placenta, dystocia and clinical endometritis. The cows were examined between day 21 postpartum and first service (109 days on average) by ultrasound and vaginoscopy. Dystocia prevalence was 1.7 higher in primiparous (29.9%) than in multiparous cows (20.4%) ( $p < 0.05$ ). It was also six times higher in 2014 (40.6%) than in 2013 (10.1%) (odds ratio [OR] = 6.08;  $p < 0.001$ ). Dystocia frequency was higher in the rainy season (30.4%) than in the dry season (17.0%) (OR = 2.14;  $p < 0.01$ ). Prevalence of retained placenta was higher in 2014 (21.8%) than in 2013 (11.7%) ( $p < 0.01$ ). Postpartum clinical endometritis was significantly higher in 2014 (28.6%) than in 2013 (11.7%) (OR = 3.03;  $p = 0.001$ ), and in the rainy season (28.8%) than in the dry season (9.7%) (OR = 3.78;  $p < 0.001$ ). Dystocia and retained placenta multiplied by 2.8 ( $p = 0.003$ ) and 4.7 ( $p = 0.001$ ), respectively, the risk of clinical endometritis.

■ To quote this article: Nguyen-Kien C., Hanzen C., 2016. Risk factors of postpartum genital diseases in Holstein x Lai Sind crossbred cows in smallholdings, Ho Chi Minh City, Vietnam. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **69** (4): 167-171, doi: 10.19182/remvt.31202

## ■ INTRODUCTION

Dairy cattle in Vietnam in general and particularly in Ho Chi Minh City (HCMC) are mainly bred on family farms (Loan et al., 2004). In 2013, HCMC had approximately 8266 farms (46.4% of the total number of farms in Vietnam), covering more than 95% of the municipal dairy herd (Department of Agriculture and Rural Development, HCMC, 2015). These dairy farms have limited access to quality veterinary and technical services in the fields of animal nutrition, genetics and health (Loan et al., 2004). A recent study (Nguyen-Kien et al., 2017), conducted in 35 smallholdings with 244 dairy Holstein x Lai Sind (HxLS) crossbred cows producing 11.6 liters of milk per day, shows that the reproductive performance is far from optimal (calving

to first service interval: 109 days; calving to conception interval: 242 days; and number of services per conception: 4.3). Moreover, the same study characterized the prevalence of the main conditions appearing during postpartum such as dystocia (24.4%), retained placenta (RP; 16.4%), clinical endometritis (CE; 19.2%), urovagina (5.6%), postpartum anestrus (54.6%), and ovarian cyst (6.3%).

Multiple factors affect these complications. The frequency of dystocia decreases with the increase in the age and parity of the cows (Gaafar et al., 2011). Calving in winter (Gaafar et al., 2011; Rashad, 2011) or in spring (Atashi et al., 2012), a low body condition score (BCS) ( $< 3$ ) (Hoedemaker et al., 2009) or a high BCS ( $> 3.5$ ) at calving (Averdano-Reyes et al., 2010), and primiparous cows (Atashi et al., 2012; Rashad, 2011) are also risk factors for dystocia. Similarly, RP risk is correlated with dystocia (Grohn and Rajala-Schultz, 2000; Gunduz et al., 2010; Kumari et al., 2015), twin births (Sandals et al., 1979), abortion (Joosten et al., 1987; Grohn and Rajala-Schultz, 2000; Kumari et al., 2015), a short gestation period ( $< 270$  days) (Joosten et al., 1987; Kumari et al., 2015), parity (primiparous cows or those under the age of three are more exposed to risk) (Islam et al., 2012), BCS lower than three at calving (Hoedemaker et al., 2009), and calf weight lower than 37 kilograms (Joosten et al., 1987). Dystocia (Gautam et al.,

1. Nong Lam University, Faculty of Animal Science and Veterinary Medicine, Ho Chi Minh City, Vietnam.

2. University of Liège, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Large Animal Theriogenology, Belgium.

\* Corresponding author

Tel.: +32 4 366 41 60; Email: christian.hanzen@ulg.ac.be



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

2010; Potter et al., 2010; Salasel et al., 2010) and RP (Kim et Kang, 2003; Potter et al., 2010; Salasel et al., 2010) are major risk factors for endometritis. The objective of this study was to evaluate the factors affecting the frequency of postpartum disorders of the genital tract in HxLS crossbred cows in family farms in HCMC.

## MATERIALS AND METHODS

### Study area

The study was conducted in Cu Chi district, Ho Chi Minh City, Vietnam, located at 10° 53' – 10° 10' N, and 106° 22' – 106° 40' E. The area is characterized by a tropical monsoon climate with a rainy (May to October) and a dry season (November to April). The average highest (31°C) and lowest (26°C) temperatures of the year are observed in April, and in December and January, respectively. The average annual rainfall is 1949 mm. Average humidity is between 62% in the dry season and 82% in the rainy season (World Weather Online, 2015).

### Study population

The study concerned 353 postpartum periods of 302 Holstein x Lai Sind (HxLS) crossbred cows kept in 35 smallholdings from January 2013 to December 2014. The average milk yield was 11.6 ( $\pm$  0.5) kilograms of milk per cow per day and the average duration of lactation was 368 ( $\pm$  100) days. The animals were kept permanently indoors. Their diet consisted of fodder (elephant grass or *Pennisetum purpureum*, natural grass and rice straw), concentrates and industrial by-products (spent grain and cassava waste). All cows were artificially inseminated.

The genital tract of the cows was examined between day 21 postpartum and first service (109  $\pm$  52 days postpartum) by ultrasound, using a rectal linear probe of 6.5 MHz (ultrasound KX5200) and vaginoscopy with a speculum (42 cm x 5 cm). Vaginal discharge (mucus, flakes of pus, mucopurulent, purulent) was defined according to the criteria proposed by Williams et al. (2005). BCS at calving ( $\pm$  7 days) was assessed on a scale of 1 to 5 (Ferguson et al., 1994). The values were distributed into two groups: < 3.5 or  $\geq$  3.5.

The diagnostic criteria were as follows: dystocia, which refers to calving that requires manual intervention (Mee, 2008); retained placenta, defined as the non-expulsion of fetal membranes 24 hours after calving (Beagley et al., 2010); uterine infection (CE and pyometra), defined according to the criteria proposed by Sheldon et al. (2008). Cows that showed the reproductive disorders were treated by local veterinarians according to the farmers' demand.

### Statistical analysis

The effect of the independent variables (parity, dystocia, RP, year of calving, rainy or dry season of calving and BCS at calving) on the frequency of postpartum disorders (dystocia, RP, CE) was assessed using the chi-square test with MINITAB, version 17.0. A binary logistic regression (odds ratio) was used to assess the association between risk factors and the frequency of dystocia, RP and CE. The difference between classifications of dependent variables was considered significant at  $p < 0.05$ .

## RESULTS

Out of 353 calvings and postpartum periods in 302 cows, the frequency of dystocia, RP and CE was 24.4%, 16.4% and 19.2%, respectively. Parity, year and season of calving had a significant effect on the frequency of dystocia, whereas no significant effect of BCS at

calving was observed. The risk of dystocia was 1.7 higher in primiparous than in multiparous cows (29.9% vs 20.4%;  $p < 0.05$ ). Cows that calved in 2014 were also six times more at risk of dystocia than cows that calved in 2013 (40.6% vs 10.1%; OR = 6.08;  $p < 0.001$ ). This frequency was higher in cows that calved in the rainy season (30.4%) than in those that calved in the dry season (17.0%) (OR = 2.14;  $p < 0.01$ ) (Table I). Like dystocia, the frequency of RP was higher in 2014 (21.8%; OR = 2.11;  $p < 0.01$ ) than in 2013 (11.7%). RP was more frequently observed after calvings during the rainy season (19.6%) than during the dry season (12.6%), but this difference was not significant ( $p = 0.074$ ). RP frequency was not significantly influenced by other tested factors (Table I).

Neither parity nor BCS at calving influenced CE frequency. Conversely, postpartum CE was significantly higher ( $p = 0.001$ ) in 2014 than in 2013 (28.6% vs 11.7%, respectively; OR = 3.03), and in the rainy season than in the dry season (28.8% vs 9.7%, respectively; OR = 3.78;  $p < 0.001$ ). Dystocia multiplied CE risk by 2.8 compared with calving without intervention (39.2% vs 14.1%; OR = 2.77;  $p = 0.003$ ). Finally, CE frequency was significantly higher after RP (64.3% vs 13.6%; OR = 15;  $p < 0.001$ ) (Table II).

## DISCUSSION

The higher risk of dystocia observed in primiparous than in multiparous cows confirms the results of other studies (Rashad, 2011 ; Atashi et al., 2012). The effect of the year of calving on the frequency of dystocia in this study may result from our intervention. Indeed, cows that calved in 2014 were pregnant since 2013 when our monitoring began. Our monthly visits helped the farmers keep track of the dates of insemination and gestation and were thus able to predict the calving date, sometimes intervening even more than necessary. Conversely, cows that calved in 2013 were pregnant since 2012, when monitoring had not yet begun, the farmers had not recorded information, thus the calving date had not been predicted and intervention was not frequent. The frequency of dystocia differed depending on whether it was the rainy or the dry season. Other authors also observed this seasonal effect (Gaafar et al., 2011; Rashad, 2011; Atashi et al., 2012). Environmental heat stress due to a high temperature and humidity index could cause an increase in dystocia frequency. Like the results of Yildiz et al. (2011), our observations showed that BCS at calving did not have a significant effect on the frequency of dystocia. However, they conflict with that of other studies, which report that pure Holstein cows with a low (< 3) (Hoedemaker et al., 2009) or a high (> 3.5) (Avendano-Reyes et al., 2010) BCS at calving were more frequently affected by dystocia.

The increase in the frequency of RP in 2014 and during the rainy season was probably caused by the increase in the risk of dystocia that year and in that season. Dystocia is a major risk factor for retained placenta (Grohn and Rajala-Schultz, 2000; Gunduz et al., 2010; Kumari et al., 2015). Dystocia was more frequently observed in primiparous cows in this study. Other factors not assessed here may have an effect. Among them are cow genetics, the herd size (Islam et al., 2013), BCS (Hoedemaker et al., 2009; Islam et al., 2012), a short gestation period (< 270 days) (Joosten et al., 1987; Kumari et al., 2015), the calf sex (Joosten et al., 1987), and calf stillbirth (Kumari et al., 2015).

The frequency of clinical endometritis recorded in our study was similar to that of 20% reported by Sheldon et al. (2008). It was higher than those of 9.4%–16.9% observed in Canada (LeBlanc et al., 2002; Dubuc et al., 2010), but lower than those of 23.6%–36.6% reported in other studies (Kim et Kang, 2003; Williams et al., 2005; Goshen et Shpigel, 2006; Gautam et al., 2010; Potter et al., 2010). The high frequency of endometritis in 2014 and during the rainy season resulted from an increase in the risk of dystocia and retained placenta during



**Table I**

Factors affecting the prevalence of dystocia and retained placenta in Holstein x Lai Sind cows (n = 302) in smallholdings in Vietnam

Factors	Num. calvings	Num. observed cases		Prevalence (%)	OR*	P
		Dystocia				
	<b>353</b>	<b>86</b>	<b>24.4</b>			
Parity						
Primiparous	147	44	29.9	1.67	< 0.05	
Multiparous	206	42	20.4			
Year of calving						
2013	188	19	10.1	6.08	< 0.001	
2014	165	67	40.6			
Season of calving						
Rainy	194	59	30.4	2.14	< 0.01	
Dry	159	27	17.0			
Body condition score at calving						
< 3.5	209	53	25.4	1.14	> 0.05	
≥ 3.5	144	33	22.9			
	<b>353</b>	<b>58</b>	<b>16.4</b>			
Parity						
Primiparous	147	22	15.0	0.83	> 0.05	
Multiparous	206	36	17.5			
Year of calving						
2013	188	22	11.7	2.11	< 0.01	
2014	165	36	21.8			
Season of calving						
Rainy	194	38	19.6	1.69	= 0.074	
Dry	159	20	12.6			
Body condition score at calving						
< 3.5	209	32	15.3	1.22	> 0.05	
≥ 3.5	144	26	18.1			
Dystocia						
Yes	86	19	22.1	1.66	> 0.05	
No	267	39	14.6			

\* Odds ratio

**Table II**

Risk factors for clinical endometritis in Holstein x Lai Sind cows in smallholdings in Vietnam

Factors	Num. cows	Clinical endometritis		OR*	P
		Num. cases	%		
<b>Total</b>	<b>249</b>	<b>48</b>	<b>19.3</b>		
Parity					
Primiparous	103	22	21.4	1.25	= 0.486
Multiparous	146	26	17.8		
Year of calving					
2013	137	16	11.7	3.03	= 0.001
2014	112	32	28.6		
Season of calving					
Rainy	125	36	28.8	3.78	< 0.001
Dry	124	12	9.7		
Body condition score at calving					
< 3.5	147	25	17.0	1.33	= 0.374
≥ 3.5	102	23	22.5		
Dystocia					
Yes	51	20	39.2	2.77	= 0.003
No	198	28	14.1		
Retained placenta					
Yes	28	18	64.3	4.74	= 0.001
No	221	30	13.6		

\* Odds ratio

the same periods. Moreover, the frequent and unhygienic intervention of farmers during calving in 2014 might have led to an increase in the risk of uterine infections. These two disorders are major risk factors for clinical endometritis (Potter et al., 2010; Salasel et al., 2010; Giuliadori et al., 2013; Kadivar et al., 2014). The absence of effect of parity on the frequency of clinical endometritis in this study confirms other observations (Gilbert et al., 2005; Bacha et Regassa, 2010). However, our study did not confirm the negative effect of a low body condition score at calving reported by other authors (OR = 2.95) (Hoedemaker et al., 2009; Kadivar et al., 2014).

## CONCLUSION

Our study showed the effects of the calving year and season on the risk of dystocia, retained placenta and clinical endometritis, and confirmed that dystocia and retained placenta are major causes of clinical endometritis. A decrease in the frequency of these three diseases and their potential effect on fertility can be obtained through i) better management of parturition especially in primiparous cows, by increasing hygiene or by selecting a bull adapted to the size of the heifer, and ii) a systematic examination of the cow by manual palpation of the genital tract and vaginoscopy to detect and treat as early as possible clinical endometritis.

The development of uterine diseases such as placental retention and clinical endometritis depends on the immune response of the cow, the species, and the number of bacteria. Many interactions between metabolism, inflammation and immune function have been described. Their understanding and therefore a better control of nutrition may lead to better approaches to prevent such reproductive diseases and to adapt more targeted treatments.

## REFERENCES

- Atashi H., Abdolmohammadi A., Dadpasand M., Asaadi A., 2012. Prevalence, risk factors and consequent effect of dystocia in Holstein dairy cows in Iran. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, **25** (4): 447-451, doi: 10.5713/ajas.2011.11303
- Avendano-Reyes L., Fuquay J.W., Moore R.B., Liu Z., Clark B.L., Vierhout C., 2010. Relationship between accumulated heat stress during the dry period, body condition score, and reproduction parameters of Holstein cows in tropical conditions. *Trop. Anim. Health Prod.*, **42** (2): 265-273, doi: 10.1007/s11250-009-9415-7
- Bacha B., Regassa F.G., 2010. Subclinical endometritis in zebu x Friesian crossbred dairy cows: its risk factors, association with subclinical mastitis and effect on reproductive performance. *Trop. Anim. Health Prod.*, **42** (3): 397-403, doi: 10.1007/s11250-009-9433-5
- Beagley J.C., Whitman K.J., Baptiste K.E., Scherzer J., 2010. Physiology and treatment of retained fetal membranes in cattle. *J. Vet. Intern. Med.*, **24** (2): 261-268, doi: 10.1111/j.1939-1676.2010.0473.x.
- DARD-HCMC, 2015. Chương trình trọng điểm Thành phố : bò sữa (in Vietnamese). [www.sonongnghiep.hochiminhcity.gov.vn/chuyennghanh/lists/posts/post.aspx?Source=%2fchuyennghanh&Category=B%3%B2+s%1%BB%Afa&Mode=2](http://www.sonongnghiep.hochiminhcity.gov.vn/chuyennghanh/lists/posts/post.aspx?Source=%2fchuyennghanh&Category=B%3%B2+s%1%BB%Afa&Mode=2) (accessed 20 April 2015)
- Dubuc J., Duffield T.F., Leslie K.E., Walton J.S., LeBlanc S.J., 2010. Definitions and diagnosis of postpartum endometritis in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **93** (11): 5225-5233, doi: 10.3168/jds.2010-3428
- Ferguson J.D., Galligan D.T., Thomsen N., 1994. Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, **77** (9): 2695-2703, doi: 10.3168/jds.S0022-0302(94)77212-X
- Gaafar H.M., Shamiah Sh.M., El-Hamd M.A., Shitta A.A., El-Din M.A., 2011. Dystocia in Friesian cows and its effects on postpartum reproductive performance and milk production. *Trop. Anim. Health Prod.*, **43** (1): 229-234, doi: 10.1007/s11250-010-9682-3
- Gautam G., Nakao T., Koike K., Long S.T., Yusuf M., Ranasinghe R.M., Hayashi A., 2010. Spontaneous recovery or persistence of postpartum endometritis and risk factors for its persistence in Holstein cows. *Theriogenology*, **73** (2): 168-179, doi: 10.1016/j.theriogenology.2009.08.010
- Gilbert R.O., Shin S.T., Guard C.L., Erb H.N., Frajblat M., 2005. Prevalence of endometritis and its effects on reproductive performance of dairy cows. *Theriogenology*, **64** (9): 1879-1888, doi: 10.1016/j.theriogenology.2005.04.022
- Giuliadori M.J., Magnasco R.P., Becu-Villalobos D., Lacau-Mengido I.M., Risco C.A., de la Sota R.L., 2013. Metritis in dairy cows: risk factors and reproductive performance. *J. Dairy Sci.*, **96** (6): 3621-3631, doi: 10.3168/jds.2012-5922
- Goshen T., Shpigiel N.Y., 2006. Evaluation of intrauterine antibiotic treatment of clinical metritis and retained fetal membranes in dairy cows. *Theriogenology*, **66** (9): 2210-2218, doi: 10.1016/j.theriogenology.2006.07.017
- Grohn Y.T., Rajala-Schultz P.J., 2000. Epidemiology of reproductive performance in dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.*, **60-61** (1-2): 605-614
- Gunduz M.C., Sabuncu A., Ucmak M., Kasikci G., Tek C., 2010. Postpartum reproductive problems and therapy in dairy cows. *J. Anim. Vet. Adv.*, **9** (14): 1952-1954, doi: 10.3923/javaa.2010.1952.1954
- Hoedemaker M., Prange D., Gundelach Y., 2009. Body condition change ante- and postpartum, health and reproductive performance in German Holstein cows. *Reprod. Domest. Anim.*, **44** (2): 167-173, doi: 10.1111/j.1439-0531.2007.00992.x
- Islam M., Sarder M., Jahan S., Rahman M., Zahan M., Kader M., Hossain K., 2013. Retained placenta of dairy cows associated with managemental factors in Rajshahi, Bangladesh. *Vet. World*, **6** (4): 180-184, doi: 10.5455/vetworld.2013.180-184
- Islam M.H., Sarder M.J.U., Rahman M., Kader M.A., Islam M.A., 2012. Incidence of retained placenta in relation with breed, age, parity and body condition score of dairy cows. *Int. J. Nat. Sci.*, **2** (1): 15-20, doi: 10.3329/ijns.v2i1.10878
- Joosten I., Van-Eldik P., Elving L., Van-Der-Mey G.J.W., 1987. Factors related to the ethiology of retained placenta in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.*, **14**: 251-262, doi: 10.1016/0378-4320(87)90015-7
- Kadivar A., Ahmadi M.R., Vatankhah M., 2014. Associations of prepartum body condition score with occurrence of clinical endometritis and resumption of postpartum ovarian activity in dairy cattle. *Trop. Anim. Health Prod.*, **46** (1): 121-126, doi: 10.1007/s11250-013-0461-9
- Kim I.H., Kang H.G., 2003. Risk factors for postpartum endometritis and the effect of endometritis on reproductive performance in dairy cows in Korea. *J. Reprod. Dev.*, **49** (6): 485-491
- Kumari S., Prasad S., Kumaresan A., Manimaran A., Patbandha T.K., Pathak R., Boro P., Mohanty T.K., Ravi S.K., 2015. Risk factors and impact of retained fetal membranes on performance of dairy bovines reared under subtropical conditions. *Trop. Anim. Health Prod.*, **47** (2): 285-290, doi: 10.1007/s11250-014-0717-z
- LeBlanc S., Duffield T.F., Leslie K.E., Bateman K.G., Keefe G.P., Walton J.S., Johnson W.H., 2002. Defining and diagnosing postpartum clinical endometritis and its impact on reproductive performance in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **85**: 2223-2236, doi: 10.3168/jds.S0022-0302(02)74302-6
- Loan C.T.K., Yokogawa H., Kawaguchi T., 2004. The economics of dairy cow raising in the South East of Vietnam. *J. Fac. Agr. Kyushu U.*, **49** (2): 497-512
- Mee J.F., 2008. Prevalence and risk factors for dystocia in dairy cattle: a review. *Vet. J.*, **176** (1): 93-101, doi: 10.1016/j.tvjl.2007.12.032
- Nguyen-Kien C., Khanh N.V., Hanzen Ch., 2017. Study on reproductive performance of Holstein x Lai Sind crossbred dairy heifers and cows at smallholdings in Ho Chi Minh City, Vietnam. *Trop. Anim. Health Prod.*, **49** (3): 483-489, doi: 10.1007/s11250-016-1217-0
- Potter T.J., Guitian J., Fishwick J., Gordon P.J., Sheldon I.M., 2010. Risk factors for clinical endometritis in postpartum dairy cattle. *Theriogenology*, **74** (1): 127-134, doi: 10.1016/j.theriogenology.2010.01.023
- Rashad A.-S.F., 2011. Odds ratio of dystocia in Holstein cows in Iraq. *Res. Opin. Anim. Vet. Sci.*, **1** (1): 35-39

- Salasel B., Mokhtari A., Taktaz T., 2010. Prevalence risk factors for and impact of subclinical endometritis in repeat breeder dairy cows. *Theriogenology*, **74** (7): 1271-1278, doi: 10.1016/j.theriogenology.2010.05.033
- Sandals W.C.D., Curtis R.A., Cote J.F., Martin S.W., 1979. The effect of retained placenta and metritis complex on reproductive performance in dairy cattle - a case control study. *Can. Vet. J.*, **20** (5): 131-135
- Sheldon I.M., Williams E.J., Miller A.N., Nash D.M., Herath S., 2008. Uterine diseases in cattle after parturition. *Vet. J.*, **176** (1): 115-121, doi: 10.1016/j.tvjl.2007.12.031

- Williams E.J., Fischer D.P., Pfeiffer D.U., England G.C., Noakes D.E., Dobson H., Sheldon I.M., 2005. Clinical evaluation of postpartum vaginal mucus reflects uterine bacterial infection and the immune response in cattle. *Theriogenology*, **63** (1): 102-117, doi: 10.1016/j.theriogenology.2004.03.017
- World Weather Online, 2015. Ho Chi Minh City historical weather, Vietnam. [www.worldweatheronline.com/Ho-Chi-Minh-City-weather-history/VN.aspx](http://www.worldweatheronline.com/Ho-Chi-Minh-City-weather-history/VN.aspx) (accessed 20 April 2015)
- Yildiz H., Saat N., Simsek H., 2011. An investigation on body condition score, body weight, calf weight and hematological profile in crossbred dairy cows suffering from dystocia. *Pak. Vet. J.*, **31** (2): 125-128

## Résumé

**Nguyen-Kien Cuong, Hanzen C.** Facteurs de risque des pathologies génitales du post-partum chez les vaches de race croisée Holstein x Lai Sind dans les élevages familiaux de Ho Chi Minh Ville au Vietnam

Au total, 353 vêlages et périodes post-partum de 302 vaches de race croisée Holstein x Lai Sind (H x LS), élevées dans 35 élevages familiaux dans le district Cu Chi à Ho Chi Minh Ville au Vietnam, ont été observés pour analyser les facteurs de risque de rétention placentaire, de dystocie et d'endométrite clinique. Les vaches ont été examinées par échographie et par vaginoscopie entre le 21<sup>e</sup> jour post-partum et la première insémination (109 jours en moyenne). Les primipares ont eu 1,7 fois plus de risque de dystocie que les multipares (respectivement 29,9 % vs 20,4 % ;  $p < 0,05$ ). La fréquence de dystocie a été six fois plus élevée en 2014 (40,6 %) qu'en 2013 (10,1 %) (*odds ratio* [OR] = 6,08 ;  $p < 0,001$ ). Cette fréquence a également été plus élevée pendant la saison des pluies (30,4 %) que pendant la saison sèche (17,0 %) (OR = 2,14 ;  $p < 0,01$ ). La fréquence de rétention placentaire a été plus élevée ( $p < 0,01$ ) en 2014 (21,8 %) qu'en 2013 (11,7 %). L'endométrite clinique post-partum a été significativement plus présente en 2014 (28,6 %) qu'en 2013 (11,7 %) (OR = 3,03 ;  $p = 0,001$ ), et pendant la saison des pluies (28,8 %) que pendant la saison sèche (9,7 %) (OR = 3,78 ;  $p < 0,001$ ). La dystocie et la rétention placentaire ont multiplié respectivement par 2,8 ( $p = 0,003$ ) et 4,7 ( $p = 0,001$ ) le risque d'endométrite clinique.

**Mots-clés :** bovin, vache Holstein x Lai Sind, dystocie, rétention placentaire, endométrite, Viêt Nam

## Resumen

**Nguyen-Kien Cuong, Hanzen C.** Factores de riesgo de enfermedades genitales post-parto en vacas de cruces Holstein x Lai Sind en pequeños establecimientos, Ciudad Ho Chi Min, Vietnam

Se observaron un total de 353 partos y periodos post-parto de 302 vacas de cruce Holstein x Lai Sind (HxLS), en 35 fincas familiares en el distrito de Cu Chi, Ciudad Ho Chi Min, Vietnam, con el fin de analizar los factores de riesgo de retención de placenta, distocia y endometritis clínica. Las vacas fueron examinadas entre el día 21 post-parto y el primer servicio (109 días de media) mediante ultrasonido y vaginoscopia. La prevalencia de distocia fue 1,7 veces más elevada en vacas primíparas (29,9%) que en múltiparas (20,4%) ( $p < 0,05$ ). Fue también seis veces más elevada en 2014 (40,6%) que en 2013 (10,1%) (*odds ratio* [OR] = 6,08;  $p < 0,001$ ). La frecuencia de distocia fue mayor durante la época lluviosa (30,4%) que durante la estación seca (17,0%) (OR = 2,14;  $p < 0,01$ ). La prevalencia de retención de placenta fue mayor en 2014 (21,8%) que en 2013 (11,7%) ( $p < 0,01$ ). La endometritis clínica post parto fue significativamente más elevada en 2014 (28,6%) que en 2013 (11,7%) (OR = 3,03;  $p = 0,001$ ), y en la estación lluviosa (28,8%) que en la seca (9,7%) (OR = 3,78;  $p < 0,001$ ). Distocia y retención placentaria multiplicaron por 2,8 ( $p = 0,003$ ) y 4,7 ( $p = 0,001$ ), respectivamente, el riesgo de endometritis clínica.

**Palabras clave:** ganado bovino, vaca Holstein x Lai Sind, distocia, retención de la placenta, endometritis, Vietnam

