

Sommaire / Contents

SYSTÈMES D'ÉLEVAGE ET FILIÈRES

LIVESTOCK FARMING SYSTEMS AND VALUE CHAINS

49-54 Elevage des petits ruminants en Kabylie, Algérie, et perspectives de développement. *Small ruminant rearing in Kabylia, Algeria, and prospects for its development.* Saidani K., Ziam H., Hamiroune M., Righi S., Benakhla A. (en français)

55-63 Des objets intermédiaires pour aider aux coordinations entre éleveurs et laiterie. L'exemple d'une coopérative laitière caprine du sud de la France. *Intermediate objects to help coordination between breeders and dairies. Example of a goat dairy cooperative in Southern France.* Napoléone M. (en français)

PRODUCTIONS ANIMALES ET PRODUITS ANIMAUX

ANIMAL PRODUCTION AND ANIMAL PRODUCTS

65-72 Effets des interventions alimentaire et sanitaire sur la production des petits ruminants dans les systèmes de production mixtes agriculture-élevage au sud du Mali. *Effects of feed and health interventions on small ruminant production in mixed crop-livestock systems in Southern Mali.* Ayantunde A.A., Umutoni C., Dembele T., Seydou K., Samake O. (in English)

SANTÉ ANIMALE ET ÉPIDÉMIOLOGIE

ANIMAL HEALTH AND EPIDEMIOLOGY

73-81 Populations porcines exposées au risque de cysticercose à *Taenia solium* et pertes économiques encourues en Afrique de l'Ouest et centrale. *Pig populations at risk of *Taenia solium* cysticercosis and subsequent financial losses in West and Central Africa.* Assana E., Awah-Ndukum J., Zoli A.P., Etchike C.A., Mebenga A.S., Chepnda V., Donadeu M., Dungu B. (in English)

83-89 Epidémiologie de la trypanosomose animale africaine chez les bovins dans le département du Korhogo (Côte d'Ivoire). *Epidemiology of African animal trypanosomosis in cattle in Korhogo Department (Ivory Coast).* Boka O.M., Boka E.E.J., Yapi G.Y., Traoré S.I., Kouamé K.E. (en français)

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 Missouhou (SEN),
Harentsoaniaina Rasamoelina-Andriamanivo (MDG),
Jeremiah Saliki (USA, CMR), Jeewantee 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, juillet 2019

Elevage des petits ruminants en Kabylie, Algérie, et perspectives de développement

Khelaf Saidani ^{1*} Hocine Ziam ^{1,2} Mourad Hamiroune ³
Souad Righi ⁴ Ahmed Benakhla ⁴

Mots-clés

Caprin, ovin, petits ruminants, production, reproduction, Algérie

Submitted: 28 May 2018
Accepted: 17 April 2019
Published: 12 July 2019
DOI: 10.19182/remvt.31745

Résumé

Une enquête a été menée pour étudier le système d'élevage, l'alimentation, la taille de l'exploitation, les principales races exploitées, certains paramètres de production et de reproduction, et des indicateurs socioéconomiques, notamment liés à la viabilité des exploitations, de 110 élevages ovins et caprins situés dans les wilayas de Bejaia et de Tizi Ouzou en Algérie, de juillet 2016 à janvier 2018. Les élevages étaient de type mixte, de petite taille (moins de 100 têtes) et à tendance viande. L'alimentation était basée sur les ressources sylvopastorales, le fourrage et la complémentation avec des concentrés. Une plus grande diversité de races a été rencontrée chez les ovins que chez les caprins. Par ailleurs, la race ovine Tazegzawt (récemment répertoriée et reconnaissable à ses taches noires à reflets bleuâtres d'où son nom en kabyle) était peu représentée, alors qu'il importerait de la préserver et de l'améliorer. Les petits ruminants étaient généralement abattus avant l'âge d'un an, très rarement après deux ans. Deux à quatre chevreaux ou agneaux naissaient par an. Les contraintes majeures étaient le manque de fourrage et la cherté des aliments, des fibres et des concentrés.

■ Comment citer cet article : Saidani K., Ziam H., Hamiroune M., Righi S., Benakhla A., 2019. Small ruminant rearing in Kabylia, Algeria, and prospects for its development. Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop., 72 (2): 49-54, doi: 10.19182/remvt.31745

■ INTRODUCTION

L'élevage des petits ruminants est fortement ancré dans l'esprit de l'éleveur nord-africain (Rondia, 2006). En Algérie, l'élevage ovin constitue la colonne vertébrale de la production de viande rouge (Mebirouk-Boudechiche et al., 2014). Ainsi, la consommation de viande ovine est nettement supérieure à celle des bovidés, soit 10,5–12,0 kilogrammes par an par habitant (Alary et Boutonnet, 2006).

1. Institut des sciences vétérinaires, Université Blida 1, BP 270, route de Soomâa, Blida, Algérie.

2. Laboratoire de biotechnologies, environnement et santé, Université Saad Dahlab Blida-1, Blida, Algérie.

3. Département des sciences agro-vétérinaires, Faculté des sciences de la nature et de la vie, Université Ziane Achour Djelfa, Djelfa, Algérie.

4. Département des sciences vétérinaires, Faculté des sciences de la nature et de la vie, Université El-Taref, Algérie.

* Auteur pour la correspondance
Email : kamel_khelaf@yahoo.fr



Selon Djaout et al. (2017), le nombre d'ovins s'élève à 20 688 000 têtes avec neuf races génétiquement bien identifiées : Ouled Djellal, Rembi, Hamra, Berbère, Barbarine, D'Man, Sidaou, Tâadmit et Tazegzawt. Ces races locales ayant évolué, depuis l'antiquité, dans les conditions agroécologiques algériennes (steppiques et sahariennes) présentent une excellente adaptabilité basée sur la résilience, la prolificité, et la production de viande, de lait et de laine (Djaout et al., 2017). A ces races plus ou moins bien définies s'ajoutent plusieurs autres races et populations locales qui demeurent méconnues (Madani et al., 2015).

L'élevage caprin, d'environ 4,5 millions de têtes (Mouhous et al., 2013), est très répandu. Au nord il est cantonné aux zones montagneuses, mais l'essentiel de l'effectif est réparti dans les zones steppiques et subdésertiques (Moustaria, 2008). La population caprine locale, présente essentiellement en régions difficiles (montagnes, forêts, steppes et Sahara) et conduite en élevage extensif, valorise des ressources alimentaires pauvres pour produire de la viande (Madani et al., 2015). Etant appréciée comme viande rouge maigre, elle est très recherchée par les personnes atteintes de dyslipidémie ou à titre préventif contre l'obésité, le diabète de type 2 ou les troubles cardiovasculaires, en raison de sa faible teneur en graisse et sa richesse en

muscles (Webb et al., 2005). Le lait de chèvre, avec sa haute valeur nutritive, est devenu dans certaines régions (Escareño et al., 2013), y compris la Kabylie, le succédané du lait de femme pour allaiter les bébés (Park, 2012 ; Sahraoui et al., 2016).

En Algérie, particulièrement dans les zones montagneuses, à l'instar des pays de l'Afrique du Nord et du Sahel, les petits ruminants contribuent substantiellement à la sécurité alimentaire, à l'économie des ménages montagnards, à leur maintien en territoires pauvres et peu accessibles, et rendent nécessaire une présence humaine dans des régions exposées à l'exode rural (Alary et al., 2011 ; Bengoumi et al., 2013 ; Madani et al., 2015).

Le présent travail avait pour objectif l'étude de quelques aspects de l'élevage des petits ruminants dans deux wilayas de la Kabylie : caractériser les élevages ovins et caprins, décrire les bâtiments et l'alimentation, recenser les races présentes, répertorier les races marginales et méconnues, évaluer les performances de production (viande et lait) et de reproduction (prolificité), recenser les pathologies dominantes et les moyens de lutte contre celles-ci, et aborder quelques aspects socioéconomiques de l'élevage des petits ruminants.

■ MATERIEL ET METHODES

Région de l'étude

Les deux wilayas du nord de l'Algérie où s'est déroulée l'enquête, en l'occurrence Béjaïa (36° 45' N et 5° 04' E) et Tizi Ouzou (36° 43' N et 4° 03' E), appartiennent à l'Atlas tellien, un ensemble de massifs montagneux côtiers.

Déroulement de l'enquête

Cette entreprise a été facilitée par les directions des services vétérinaires des deux wilayas et les subdivisions agricoles qui en dépendent et a été complétée par des visites de terrain, y compris sur le lieu de pâturage. Cependant, pour éviter de biaiser l'échantillonnage des élevages de ruminants, des exploitations non recensées par les autorités agricoles ont également été incluses dans l'étude ; le seul critère d'exclusion a été la présence exclusive de bovins.

Une enquête à l'aide d'un questionnaire a été menée auprès des éleveurs de Bejaïa et Tizi Ouzou, de juillet 2016 à janvier 2018. Au total 110 élevages ont été concernés. Afin de relever des indications sur les éleveurs, les ruminants et les écosystèmes, elle a porté sur la taille des élevages, les principales races exploitées, l'alimentation, la qualité des bâtiments d'élevage, la situation géographique des élevages selon le relief, les performances de production et de reproduction, l'identification des principales contraintes, le profil des éleveurs, les aspects socioéconomiques, la rentabilité et la viabilité des exploitations, le suivi sanitaire, et la lutte contre les pathologies majeures.

Analyse des données

Pour l'analyse des résultats, les indicateurs précédents ont été considérés comme les variables (ou facteurs). La méthode pour le dépouillement des données a été l'analyse factorielle des correspondances multiples (Baccini, 2010). Les différents types du test du chi deux ont été utilisés pour comparer des distributions entre elles (proportions ou pourcentages) ainsi que pour explorer une éventuelle association entre deux variables qualitatives.

Les statistiques descriptives ont été exécutées par le tableur Microsoft Excel 2010 alors que les tests d'hypothèse et l'analyse factorielle ont été réalisés par le logiciel open source R (2017) (version 3.3.3.). La librairie Facto Miner du logiciel R (R Core Team 2017) a servi à la réalisation de l'analyse des correspondances multiples (Lemerrier et al., 2010).

■ RESULTATS

Le tableau I montre que les éleveurs en Kabylie combinaient assez souvent l'élevage des ovins à celui des caprins, beaucoup plus rarement petits ruminants et bovins ($\chi^2 = 66,3$ et $p = 6,05 \times 10^{-13}$).

Que l'élevage ait été caprin, ovin ou combiné à d'autres espèces, l'effectif dépassait rarement soixante têtes ($\chi^2 = 99,3$ et $p < 2,20 \times 10^{-16}$) (moins de 9 % d'entre eux) ; un seul éleveur possédait plus de 100 têtes (< 1 %).

Le tableau II montre que l'alimentation du cheptel était principalement basée sur le pâturage et, pour plus de la moitié d'entre eux, le pastoralisme sylvestre ; 77 % des éleveurs complétaient par la distribution d'aliments concentrés ($\chi^2 = 102$ et $p < 2,20 \times 10^{-16}$) ; étant donné la qualité en général médiocre des végétaux disponibles, cette complémentation s'imposait surtout pour les femelles en production et les animaux d'engraissement, en particulier chez l'espèce ovine. Le complément alimentaire était généralement de l'aliment composé pour vaches laitières ou du pain sec broyé. Seulement 10 % des éleveurs donnaient du foin à leurs petits ruminants, car les éleveurs kabyles préfèrent donner cet aliment aux bovins comme source de fibres alimentaires en prévention des troubles métaboliques.

La plupart des bâtiments d'élevage ($\chi^2 = 31,6$ et $p = 2,27 \times 10^{-6}$) étaient de type traditionnel, des bergeries intégrées dans les habitations des

Tableau I

Espèces et tailles des élevages dans deux wilayas de Kabylie en Algérie (juil. 2016 – janv. 2018) (n = 110)

Espèce	Nb. d'élevages	Nb. de têtes	Nb. d'élevages
Ovin uniquement	37	< 20	17
Caprin uniquement	29	20–39	61
Ovin et caprin	31	40–60	23
Caprin et bovin	4	61–100	8
Ovin et bovin	6	> 100	1
Bovin, caprin et ovin	3		
P = 6,05×10 ⁻¹³		P < 2,20×10 ⁻¹⁶	

Tableau II

Alimentation et type de bâtiments dans deux wilayas de Kabylie en Algérie (juil. 2016 – janv. 2018) (n = 110)

Bâtiment d'élevage	Alimentation
Bergerie bien aménagée	Fourrage vert (herbe et autres végétaux verts)
Bergerie non équipée	Fourrage sec (foin et paille) et concentrés
Garage initialement pour véhicules	Fourrage en bergerie et concentrés
Vieilles maisons désaffectées	Sylvopastoralisme et concentrés
Habitat destiné à d'autres animaux	Sylvopastoralisme exclusif
P < 2,27×10 ⁻⁶	
P = 2,20×10 ⁻¹⁶	

éleveurs, des garages ou de vieilles habitations aménagées. Le bâtiment adéquat et équipé n'était présent que chez sept éleveurs (6 %). Les autres types de bâtiments rencontrés étaient en général de vieilles bâtisses désaffectées ou des bâtiments simples en bois ou en tôle (tableau II).

Plus de 66 % des éleveurs ($\chi^2 = 88,2$ et $p < 2,20 \times 10^{-16}$) exerçaient une autre activité, fonction libérale ou publique, seulement 20 % étaient des éleveurs de petits ruminants professionnels, 12 % étaient des éleveurs-agriculteurs, et environ 5 % étaient des amateurs. (tableau III).

Parmi les élevages, seulement cinq étaient destinés à la vente de lait pour couvrir les dépenses d'exploitation. La plupart ($\chi^2 = 42,7$ et $p = 1,18 \times 10^{-8}$) étaient des élevages mixtes ou orientés vers la production de viande, ou des élevages temporaires (commerce, achat et vente, engraissement de courte durée à l'approche des fêtes religieuses) (tableau III).

Pour les performances de production et de reproduction des petits ruminants, l'âge de début de la première gestation ne dépassait généralement pas un an. Les mises bas avaient lieu deux fois par an dans la plupart des élevages, au début du printemps et en automne, très rarement en été ou en hiver, étant donné qu'il n'y avait jamais d'induction des chaleurs ni de synchronisation des chaleurs. Le nombre de petits par femelle par an était de deux à quatre agneaux ou chevreaux. L'âge d'abattage ou de vente dépassait rarement 12 mois. Le poids à l'abattage ou à la vente était presque toujours inférieur à 40 kilogrammes pour les ovins, et inférieur à 25 kilogrammes pour les caprins. La quantité de lait de chèvre produite par jour ne dépassait jamais deux litres. Ainsi, le lait, dans le cas de tous les élevages enquêtés, couvrait à peine les besoins des familles des éleveurs. Il n'y avait pas de

production laitière destinée aux fromageries dans le contexte de notre étude. La production de presque tous les élevages était mixte mais avec une tendance aux animaux à viande.

Le mode de reproduction était la monte libre ; les boucs étaient en permanence avec les chèvres et les béliers avec les brebis. La monte contrôlée n'était pas pratiquée par les éleveurs enquêtés et l'insémination artificielle était inexistante.

La race ovine arabe blanche Ouled Djellal était prédominante ($\chi^2 = 47,3$ et $p = 1,65 \times 10^{-8}$) et la race caprine kabyle ($\chi^2 = 16,8$ et $p = 0,00211$) était la plus représentée (tableau IV).

L'analyse factorielle des correspondances multiples (figures 1 et 2) a permis de déduire que les caprins étaient plus adaptés aux régions montagneuses ; les exploitations caprines étaient rares dans les zones périurbaines (tableau V). Inversement, les ovins étaient plus présents en plaine, étant moins adaptés aux régions difficiles, montagnes et collines. En effet, l'application du test de chi deux d'indépendance a montré une liaison très significative entre l'implantation de l'élevage et l'espèce de petits ruminants élevée ($\chi^2 = 28,7$ et $p = 2,57 \times 10^{-6}$). Aucun des éleveurs ne possédait de grandes surfaces agricoles permettant les cultures fourragères. Leurs terrains étaient étroits et seulement adaptés aux cultures maraîchères, ce qui expliquait la petite taille des élevages. Les petits ruminants étaient généralement élevés en semi-extensif.

Les pathologies majeures sont reportées dans le tableau VI. Les maladies épizootiques plus graves comme la fièvre aphteuse et la fièvre catarrhale étaient plus rares.

Tableau III

Éleveurs et destination des élevages dans deux wilayas de Kabylie en Algérie (juil. 2016 – janv. 2018) (n = 110)

Éleveur		Destination de l'élevage	
Professionnel	22	Lait et vente des animaux	5
Éleveur agriculteur	13	Engraissement	23
Éleveur et autre activité	69	Lait et viande	42
Amateur	6	Commerce (achat et revente)	31
		Couvrir les besoins des familles	9
$P < 2,20 \times 10^{-16}$		$P = 1,18 \times 10^{-8}$	

Tableau IV

Répartition des races des petits ruminants dans deux wilayas de Kabylie en Algérie (juil. 2016 – janv. 2018)

Ovins		Caprins	
Barbarin	2	Kabyle	23
Berbère	10	Alpin	8
Hamra	11	Saanen	19
Ouled Djellal	29	Mancha	5
Rembi	16		
Tazegzawt	3	Croisé	12
Croisé	6		
$P = 1,65 \times 10^{-8}$		$P = 0,00211$	

Tableau V

Répartition des élevages selon l'espèce animale et localisation dans deux wilayas de Kabylie en Algérie (juil. 2016 – janv. 2018)

Situation	Élevage ovin	Élevage caprin
Périurbain	17	5
Plaine	31	11
Colline	19	17
Montagne	10	34
	$P = 2,57 \times 10^{-6}$	

Tableau VI

Pathologies dominantes dans les élevages de deux wilayas de Kabylie en Algérie (juil. 2016 – janv. 2018) (n = 110)

Pathologies	Nb. d'élevages
Bronchopneumonie	31
Indigestion	15
Acidose métabolique	13
Météorisation	10
Diarrhées	7
Dystocies	4
Rétention placentaire	2
Autres pathologies	1
Aucune pathologie signalée	27
	$P = 2,401 \times 10^{-11}$

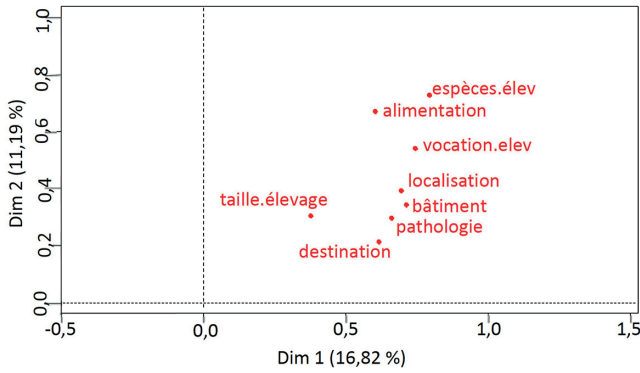


Figure 1 : résultats de l'analyse factorielle des correspondances multiples ; plan des variables : espèce animale élevée, alimentation, vocation de l'éleveur, localisation, taille de l'élevage (nombre total de têtes), type de bâtiment, pathologies dominantes, destination de l'élevage.

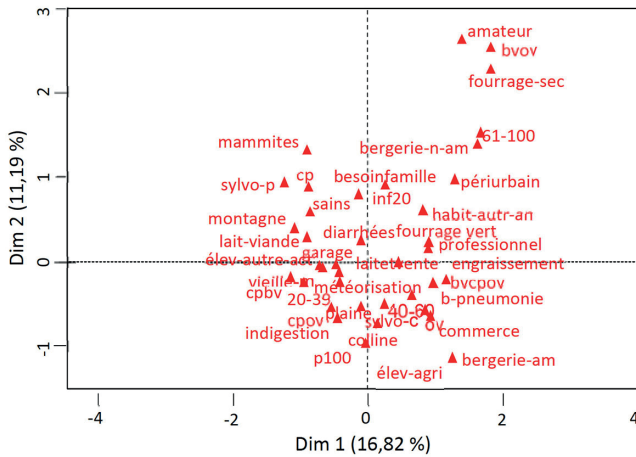


Figure 2 : résultats de l'analyse factorielle des correspondances multiples ; plan des modalités : bv (bovin), cp (caprin), ov (ovin), bergerie-am (bergerie aménagée), bergerie n-am (bergerie non aménagée), élev-agri (éleveur-agriculteur), élev-autre (éleveur et autre activité), besoinfamille (élevage pour besoins de famille), sylvo-p (sylvopastoralisme), inf20 (moins de 20 têtes dans l'élevage), p100 (plus de 100 têtes), vieille-m (vieilles mairons).

■ DISCUSSION

L'élevage des ovins est souvent combiné à celui des caprins, plus rarement les petits ruminants sont élevés avec les bovins. En fait, les ovins et les caprins sont considérés comme des espèces voisines de ruminants alors que le bovin fait partie du gros bétail. Similairement, dans d'autres régions algériennes, l'élevage caprin est souvent associé à celui des ovins (Sahraoui et al., 2016). Dans la plupart des élevages visités (61 %), il y avait des caprins. Dans les petits élevages caprins, des chèvres laitières étaient élevées pour couvrir les besoins familiaux en lait, surtout ceux des enfants et des nourrissons.

Concernant l'alimentation des petits ruminants, les éleveurs utilisaient la végétation naturelle assez abondante en Kabylie ; près de 50 % de la wilaya de Tizi Ouzou était couverte de végétation spontanée (Kadi et al., 2016), graminées et légumineuses surtout, mais aussi chênes Zen et Afarez. Les concentrés étaient toujours achetés et non produits par l'éleveur en raison de l'exiguïté des surfaces agricoles utiles (Djermoun et Chehat, 2012).

Les bâtiments d'élevage étaient souvent précaires et insalubres, comme au Maroc où Alami et al. (2005) signalent des logements de troupeaux caprins construits en argile avec des toitures en tôle. De même, selon Pacheco (2006), au Portugal ces bâtiments sont généralement très anciens, peu fonctionnels, peu ventilés et peu éclairés. Ce type d'abri affecte la santé des animaux ; les maladies respiratoires sont fréquentes en raison de la mauvaise ventilation en hiver et des coups de chaleur en été, où la température peut atteindre 40 °C, avec des périodes de sirocco très néfastes à l'élevage des animaux de rente dont les petits ruminants. En effet, la plupart des cas de bronchopneumonie étaient consécutifs à des périodes de vents chauds. A la différence de certaines régions steppiques (Smaali et Chammam, 2017), le lait de brebis n'était presque jamais utilisé pour l'alimentation humaine, il était uniquement destiné à l'allaitement des agneaux. Par conséquent, en Kabylie, les ovins sont élevés pour leur viande.

Six races ovines et quatre caprines étaient présentes dans la zone d'étude outre les produits de leur croisement, ce qui témoigne d'une grande diversité génétique, un élément-clé dans le développement durable (Djaout et al., 2017). Par ailleurs, la prédominance de la race ovine Ouled Djellal montre une fois de plus qu'elle est une race principale (Chekkal et al., 2015) qui continue de croître. Des races à faible effectif, comme la Tazegzawt (reconnaisable à ses taches noires à reflets bleuâtres, d'où son nom en kabyle), sont menacées et en danger d'extinction (Moulla et al., 2015) ; il faudrait donc la préserver en la soustrayant au croisement non contrôlé (Chekkal et al., 2015).

La production de fourrage était malheureusement sujette aux aléas climatiques. Ceci rejoint les résultats d'Arbouche (1995) et de Nedjraoui (2001) : « En Kabylie, les animaux sont nourris en hiver de feuilles de figuier et de rameaux d'olivier et au printemps ils sont conduits dans les champs en jachère qui leur fournissent une alimentation suffisante, puis dans les parties montagneuses sur les pacages estivaux. »

La période la plus difficile dans l'alimentation des ruminants s'étendait de juillet à mars. Par contre, le reste de l'année, les animaux profitaient au maximum des parcours naturels comme cela a été rapporté pour les régions steppiques : « L'alimentation des troupeaux dans la région est ainsi basée surtout sur les pâtures naturelles ; en général, lorsque la pluviométrie est suffisante pendant l'hiver précédent, la poussée de la végétation arrive à son maximum aux mois d'avril et de mai, par conséquent, les troupeaux profitent pleinement de cette végétation jusqu'en juillet » (Zouyed, 2005). En période de disette, les années où la pluviométrie est faible, à partir du mois d'août, les petits ruminants étaient maintenus en stabulation libre (non attachés) et nourris de foin, de paille, de feuilles d'arbustes fourragers (frêne, chêne-liège, orme, oléastre) comme cela a été rapporté par Kadi et al. (2016) pour les caprins. Laisser les ruminants profiter de la végétation naturelle constitue un atout majeur dans le contexte actuel d'augmentation du coût des matières premières, notamment des céréales (Mebirouk-Boudechiche et al., 2014). La contrainte majeure pour presque tous les élevages était le coût élevé de l'alimentation, le foin et surtout les concentrés. En effet, l'offre fourragère, que ce soit pour les bovins, les ovins ou les caprins, est insuffisante (Kadi et al., 2016).

Même si les dominantes pathologiques étaient les bronchopneumonies, les maladies métaboliques ou les troubles de la reproduction, des maladies épizootiques étaient déclarées chez les petits ruminants, comme la peste des petits ruminants, la fièvre aphteuse et la fièvre catarrhale du mouton, en accord avec les constats de Kardjadj (2017). Les systèmes d'élevage semi-extensif et extensif étaient dominants, et le système intensif a été récemment introduit, comme rapporté par Kardjadj et al. (2016).

Les ovins et rarement les caprins étaient vaccinés contre la clavelée et la fièvre aphteuse, et contre la brucellose avec des gouttes oculaires. Quelques élevages ovins bénéficiaient d'un traitement antiparasitaire,

et l'ivermectine et l'albendazole étaient utilisés à titre préventif ou combinés à des antibiotiques ou des complexes vitaminés. Le vétérinaire n'intervenait presque jamais dans les élevages caprins. Ces résultats rejoignent ceux d'Arbouche (1995).

Les caprins étaient principalement élevés dans les régions montagneuses grâce aux parcours naturels notamment forestiers, leur lait était destiné à nourrir les familles des éleveurs, exceptionnellement à la vente ou la transformation artisanale. En revanche, les ovins étaient élevés dans les zones moins difficiles, comme les plaines, ils étaient principalement exploités pour leur viande et leur laine, comme dans les régions de grands élevages ovins (Yabrir et al., 2015). Le sylvopastoralisme était, de loin, moins pratiqué dans l'élevage ovin.

De grands efforts ont été déployés par les autorités algériennes pour tenter de résoudre les problématiques du secteur de l'élevage des animaux de rente et d'améliorer leur productivité, surtout depuis l'émergence de la nouvelle politique agricole du ministère de l'Agriculture et de Développement rural en 2000. Cependant, l'agriculture en général et l'élevage en particulier continuent de subir des contraintes d'ordre politique, social, écologique et environnemental. Parmi leurs effets citons a) les aléas climatiques, surtout la sécheresse et la faible pluviométrie qui pénalisent le profil fourrager notamment des parcours naturels, b) la faible maîtrise de la conduite des élevages, et des aspects de rationnement et de nutrition, c) les performances de production et de reproduction très faibles dans certains élevages en raison des troubles de la reproduction et des avortements parfois enzootiques, d) la présence de pathologies contagieuses, comme la brucellose et la fièvre aphteuse et autres pathologies, ou liées au manque d'hygiène, comme les mammites, les métrites, les avortements, les boiteries et les diarrhées, e) la diminution de la population active rurale au profit d'une surpopulation urbaine, f) la petite taille des exploitations, g) l'orientation des élevages vers l'engraissement des ovins et des bovins au détriment de la production laitière, h) l'absence d'élevages caprins à vocation laitière en dépit de la très haute valeur nutritionnelle du lait de chèvre comparé à d'autres laits, par exemple de vache, i) les besoins des familles d'éleveurs à peine couverts par la production laitière, j) l'absence d'action sanitaire à titre curatif et encore moins préventif chez les caprins, et k) l'administration aux ovins d'antimicrobiens à large spectre, associés à des anti-inflammatoires, sans diagnostic préalable, seulement sur la base des symptômes.

Les constats de « a » à « g » rejoignent ceux de Kabir (2015). Pour apporter des solutions, il faudrait promouvoir l'élevage caprin dans les régions montagneuses de la Kabylie, la chèvre étant très rustique et capable d'exploiter et de valoriser les végétaux les plus pauvres, quasi inutilisables par les ovins ou les bovins (Kadi et al., 2013 ; Mouhous et al., 2013). Le système d'élevage caprin en extensif, notamment de type laitier, n'a que de très faibles charges car la plus grande partie des dépenses sont inhérentes à l'achat des animaux, des fourrages secs (foin) et des concentrés (Mouhous et al., 2013). Par ailleurs, la situation actuelle caractérisée par une forte demande de produits caprins constitue une incitation pour l'émergence d'une filière lait caprin (Sahraoui et al., 2016), laquelle, par la même occasion, allégerait la pression de la demande en lait de vache. Enfin, il faudrait favoriser la viabilité des élevages en substituant des élevages de femelles reproductrices, allaitantes ou laitières aux parcs d'engraissement, qui constituent des élevages temporaires.

■ CONCLUSION

Pour pallier le déficit de fourrages, le facteur limitant le plus important, il faudrait développer la culture fourragère irriguée, et l'exploitation des parcours de brousses et de forêts par les caprins. Il faudrait également valoriser les sous-produits des cultures maraîchères et céréalières. Pour réduire l'exode des populations rurales actives, il

serait nécessaire d'améliorer le cadre de vie de celles-ci et de prendre des mesures incitatives. Pour réduire les contraintes sanitaires et économiques liées à l'élevage, il devrait y avoir un accompagnement adéquat des éleveurs. En effet, l'Etat algérien a mis des moyens colossaux (Kabir 2015) pour stimuler la production animale (notamment la production laitière, surtout bovine), mais le point faible de cette politique volontariste (et sans doute la cause de résultats modestes) réside dans le manque d'accompagnement technique des éleveurs : seuls les vétérinaires de terrain assurent en partie ce rôle de conseil.

En définitive, une production laitière caprine pourra sans nul doute atténuer les déficits en lait imposant l'importation des poudres de lait. La viande caprine mérite sa réputation de viande salubre, moins riche en acides gras saturés ; elle est idéale dans la prévention des maladies cardiovasculaires. Pour les ovins, il faudrait favoriser le système d'élevage extensif pour réduire les charges de l'élevage et améliorer la qualité de la viande ovine étant donné que sa composition biochimique est déterminée par l'alimentation.

Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble du personnel des directions des services vétérinaires et les éleveurs des wilayas de Bejaia et Tizi Ouzou.

Déclaration des contributions des auteurs

KS et HZ ont participé à la conception de l'enquête, à la collecte des données et à la rédaction de la première version ; KS a effectué les analyses statistiques ; MH, SR et AB ont contribué à l'analyse, à l'interprétation des données et à la révision du manuscrit ; tous les auteurs ont contribué à la révision critique du manuscrit dont ils ont approuvé la forme actuelle.

REFERENCES

- Alami N., Ben Bati M., Boukharta R., Jout J., Zahrou A., 2005. Quelle stratégie de recherche-développement pour l'élevage caprin dans la province de Chefchaouen, Maroc ? ICRA-INRA-DPA, Chefchaouen, Chambre d'agriculture, Conseil régional, Tétouan, Algérie, 74 p. (Sér. Doc. Travail ; 127)
- Alary V., Boutonnet J.P., 2006. L'élevage ovin dans l'économie des pays du Maghreb. Un secteur en pleine évolution. *Sécheresse*, 17 (1-2) : 40-46
- Alary V., Duteurtre G., Faye B., 2011. Elevages et sociétés : les rôles multiples de l'élevage dans les pays tropicaux. *Prod. Anim.*, 24 (1) : 145-156
- Arbouche F., 1995. Contribution à l'étude d'un facteur limitant le fonctionnement de la phytocénose : cas du pâturage dans la cédraie du Belzma (Aurès). Thèse Magister, INA, Algérie, 132 p.
- Baccini A., 2010. Statistique descriptive multidimensionnelle (analyse factorielle). Institut de mathématiques, Toulouse, France
- Bengoumi M., Ameziane El Hassani T., 2013. Evolution and efficacy of transfer of technologies in small ruminant production systems in North Africa. In: 8th Int. Seminar FAO-CIHEAM network on sheep and goat technology creation and transfer in small ruminants: roles of research, development services and farmer associations, Tangier, Morocco, 11-13 June 2013. *Options Méditerran.* Sér. A: 15-24
- Chekkal F., Benguega Z., Meradi S., Berredjough D., Boudibi S., Lakhdari F., 2015. Guide de caractérisation phénotypique des races ovines de l'Algérie. CRSTRA, Biskra, Algérie
- Djaout A., Afri-Bouzebda F., Chekal F., El-Bouyahiaoui R., Rabhi A., Boubekeur A., Benidir M., et al., 2017. Etat de la biodiversité des « races » ovines algériennes. *Genet. Biodivers. J.*, 1: 11-26
- Djermoun A., Chehat F., 2012. Le développement de la filière lait en Algérie : de l'autosuffisance à la dépendance. *Livest. Res. Rural Dev.*, 24, 22
- Escareño L., Salinas-Gonzalez H., Wurzing M., Iñiguez L., Sölkner J., Meza-Herrera C., 2013. Dairy goat production systems. Status quo, perspectives and challenges. *Trop. Anim. Health Prod.*, 45: 17-34, doi: 10.1007/s11250-012-0246-6

- Kabir A., 2015. Contraintes de la production laitière en Algérie et évaluation de la qualité du lait dans l'industrie laitière (constats et perspectives). Thèse Doct., Faculté des sciences de la nature et de la vie, Université d'Oran 1, Algérie
- Kadi S.A., Djellal F., Hassini F., Mouhous A., 2016. Pratiques alimentaires dans les élevages caprins dans la région montagneuse de Tizi-Ouzou en Algérie. In: The value chains of Mediterranean sheep and goat products. Organisation of the industry, marketing strategies, feeding and production systems (Eds. Napoléone M., et al.). *Options Méditerr. Sér. A.* (115)
- Kadi S.A., Hassini F., Lounas N., Mouhous A., 2013. Caractérisation de l'élevage caprin dans la région montagneuse de Kabylie en Algérie. In: 8th Int. Semin. FAO-CIHEAM network on sheep and goat technology creation and transfer in small ruminants: roles of research, development services and farmer associations, Tangier, Morocco, 11-13 June 2013. *Options Méditerr. Sér. A* (108): 451-456
- Kardjadj M., 2017. An epidemiological overview of small ruminant diseases in Algeria. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epizoot.*, **36** (3)
- Kardjadj M., Kouidri B., Metref D., Luka P.D., Ben-Mahdi M.H., 2016. Abortion and various associated risk factors in small ruminants in Algeria. *Prev. Vet. Med.*, **123**: 97-101, doi: 10.1016/j.prevetmed.2015.11.015
- Lemercier C., Milani P., Sofio S., 2010. Tutoriel FactoMineR pour l'analyse des correspondances multiples avec une petite annexe sur la classification automatique. www.quantihmc.ens.fr/IMG/pdf/Tutoriel_FactomineR_ACM.pdf
- Madani T., Sahraoui H., Benmakhoulouf H., 2015. Elevage caprin en Algérie : Systèmes d'élevage, performances et mutations. In : Workshop Natl. Valorisation des « races » locales ovines et caprines à faibles effectifs, un réservoir de diversité génétique pour le développement local, INRAA, Alger, 2-3 mars 2015
- Mebirouk-Boudechiche L., Boudechiche L., Ferhat R., Tahar A., 2014. Relation entre disponibilité en herbe, ingestion et activité de béliers au pâturage. *Arch. Zootec.*, **63** (242) : 277-287, doi : 10.4321/S0004-05922014000200006
- Mouhous A., Bouraine N., Bouaraba F., 2013. L'élevage caprin en zone de montagne. Cas de la région de Tizi-Ouzou (Algérie). *Rencontres Rech. Rumin.* : 20
- Moulla F., El-Bouyahiaoui R., 2015. Populations ovines locales algériennes de la Kabylie : Ressources génétiques animales méconnues et en danger d'extinction. In : Workshop Natl. Valorisation des « races » locales ovines et caprines à faibles effectifs, un réservoir de diversité génétique pour le développement local, INRAA, Alger, 2-3 mars 2015
- Moustaria A., 2008. Identification des races caprines des zones arides en Algérie. *Rev. Rég. Arid.*, **21** : 1378-1382
- Nedjraoui D., 2003. Profil fourrager de l'Algérie. FAO, Rome, Italie
- Pacheco F., 2006. Les systèmes d'élevage laitier dans la région de l'Entre Douro e Minho : Réflexions sur un dispositif d'appui technique aux éleveurs. *Options Méditerr. Sér. A.* (70) : 179-186
- Park Y.W., 2012. Goat milk and human nutrition. In: Proc. 1st Asia Dairy Goat Conf., Kuala Lumpur, Malaysia, 9-12 Apr. 2012
- R Core Team, 2017. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria
- Rondia P., 2006. Aperçu de l'élevage ovin en Afrique du Nord. *Filière Ovine Caprine* (18) : 11-14
- Sahraoui H., Madani T., Kermouche F., 2016. Le développement d'une filière lait caprin en régions de montagne : un atout pour un développement régional durable en Algérie. In: The value chains of Mediterranean sheep and goat products. Organisation of the industry, marketing strategies, feeding and production systems (Eds. Napoléone M., et al.). *Options Méditerr. Sér. A.* (115)
- Smaali S., Chemmam M., 2017. Potentiel de production laitière de brebis primipares Ouled Djellal en système extensif amélioré (reproduction, suralimentation). *Livest. Res. Rural Dev.*, **29**, 179 (consulté 1 avr. 2018)
- Webb E.C., Casey N.H., Simela I., 2005. Goat meat quality. *Small Rumin. Res.*, **60**: 153-166, doi: 10.1016/j.smallrumres.2005.06.009
- Yabrir B., Laoun A., Chenouf N.S., Mati A., 2015. Caractéristiques des élevages ovins de la steppe centrale de l'Algérie en relation avec l'aridité du milieu : cas de la wilaya de Djelfa. *Livest. Res. Rural Dev.*, **27**, 207 (consulté 27 mars 2018)
- Zouyed I., 2005. Engraissement des ovins : caractéristiques des carcasses et modèles de classification. Mém. Magister pathologies des ruminants, Université Constantine, 87 p.

Summary

Saidani K., Ziam H., Hamiroune M., Righi S., Benakhla A. Small ruminant rearing in Kabylia, Algeria, and prospects for its development

A survey was conducted to study the livestock system, feeding, farm size, main breeds reared, some production and reproduction parameters, and socioeconomic indicators, related in particular to farm viability, of 110 sheep and goat farms located in the wilayas of Bejaia and Tizi Ouzou in Algeria, from July 2016 to January 2018. The farms were of a mixed type, small-sized (less than 100 head) and meat-oriented. Feeding was based on silvopastoral resources, fodder, and supplementation with concentrates. A higher diversity of breeds was found in sheep than in goats. In addition, the Tazegzawt sheep breed (recently referenced and recognizable by its black spots with bluish hues, hence its Kabyle name) was little represented, although it would be important to preserve and improve it. Small ruminants were generally slaughtered before the age of one year, very rarely after two years. Two to four kids or lambs were born per year. The main constraints were the lack of fodder and the high cost of feed, fiber and concentrates.

Keywords: goats, sheep, small ruminants, production, reproduction, Algeria

Resumen

Saidani K., Ziam H., Hamiroune M., Righi S., Benakhla A. Cría de pequeños rumiantes en Cabilia, Argelia, y prospectos para su desarrollo

Se llevó a cabo una encuesta para estudiar el sistema de cría, alimentación, tamaño de la finca, principales razas criadas, algunos parámetros de producción y reproducción, e indicadores socioeconómicos, relacionados en particular con la viabilidad de las fincas, en 110 fincas de ovejas y cabras localizadas en las divisiones administrativas de Behaia y Tizi Ouzou, en Argelia, entre julio 2016 y enero 2018. Las fincas eran de tipo mixto, de pequeño tamaño (menos de 100 cabezas) y orientadas hacia carne. La alimentación se basó en recursos silvopastorales, forraje y suplementos con concentrados. Se encontró una mayor diversidad de razas en ovejas que en cabras. Además, la raza ovina de Tazegzawt (recientemente referenciada y reconocible por sus manchas negras con tonos azulados, lo que explica su nombre en cabilio) se vio poco representada, a pesar de que sería importante preservarla y mejorarla. Los pequeños rumiantes fueron generalmente sacrificados antes de un año de edad, rara vez después de los dos años. Nacieron de dos a cuatro cabritos por año. Los principales obstáculos fueron la falta de forraje y el alto costo del alimento, fibras y concentrados.

Palabras clave: caprino, ovino, pequeños rumiantes, producción, reproducción, Argelia

Des objets intermédiaires pour aider aux coordinations entre éleveurs et laiterie. L'exemple d'une coopérative laitière caprine du sud de la France

M. Napoléone^{1*}

Mots-clés

Caprin, collecte de lait, coopérative laitière, saisonnalité, éleveurs, recherche opérationnelle, zone méditerranéenne

Accepted: 24 April 2019
Published: 12 July 2019
DOI: 10.19182/remvt.31746

Résumé

La gestion de la saisonnalité de la production laitière est une difficulté pour les entreprises de collecte et de transformation. Nous avons exploré ici l'intérêt de valoriser des complémentarités entre des systèmes de production présents sur un bassin de collecte. La mise en place d'un dispositif de coordination a été proposée pour identifier ces complémentarités au regard d'un enjeu négocié entre les éleveurs et la laiterie. Il a été conçu comme un itinéraire : a) la formalisation des activités élémentaires, b) l'analyse de leurs interactions, c) la formulation d'un diagnostic concerté, et d) l'identification de pistes d'action. A chaque étape ont été proposées des représentations graphiques construites à partir des pratiques des acteurs et des objets sur lesquels elles portaient. Ces représentations ont été utilisées comme des objets intermédiaires. A partir d'un projet de recherche-action conduit avec une petite coopérative laitière du sud de la France, nous avons montré que les représentations des livraisons ou de la collecte pouvaient être utilisées comme des objets intermédiaires permettant de rendre lisibles les modes de conduites des troupeaux ou la stratégie commerciale de la coopérative, facilitant l'analyse des interactions entre ces activités et l'élaboration d'un projet commun. En conclusion, des représentations simples et pragmatiques se sont avérées être des outils efficaces et intéressants à mobiliser dans le cadre d'actions collectives impliquant une coordination entre éleveurs et coopératives.

■ Comment citer cet article : Napoléone M., 2019. Intermediate objects to help coordination between breeders and dairies. Example of a goat dairy cooperative in Southern France. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 72 (2): 55-63, doi: 10.19182/remvt.31746

■ INTRODUCTION

La gestion de la saisonnalité de la production laitière est une difficulté pour les éleveurs comme pour les gestionnaires de laiterie. En effet, les livraisons de lait sont saisonnées, alors que la demande en produits laitiers l'est beaucoup moins. De fait, à certaines saisons, les laiteries manquent de lait, alors qu'à d'autres elles font face à un afflux de lait à transformer et à vendre. L'ajustement amont et aval est un enjeu pour les laiteries, quel que soit le type de lait transformé. Il est plus difficile à réaliser en production caprine, du fait de la saisonnalité marquée de la reproduction caprine dans le contexte français métropolitain. Les

gestionnaires des laiteries disposent de divers outils pour agir sur la répartition de la collecte : établir une grille de prix du lait en faveur du lait d'hiver, inciter les éleveurs à produire en basse saison, congeler au printemps une partie du caillé pour en reporter sur l'automne la transformation, et fabriquer des produits de report. Cependant, malgré les mesures qui peuvent être prises, la saisonnalité de la collecte reste une difficulté récurrente dans la plupart des entreprises de transformation laitière. Cette difficulté est exacerbée quand l'entreprise est une coopérative statutairement redevable de transformer 100 % du lait produit par ses adhérents.

Dans cet article nous avons examiné les actions pouvant atténuer la saisonnalité de la collecte laitière d'une coopérative. La diversité des systèmes d'élevage présents sur le bassin de collecte peut-elle devenir un moyen d'action pour réguler la collecte au cours de l'année ? Comment accompagner les acteurs (éleveurs et gestionnaires) dans l'identification de ces complémentarités et des marges de manœuvre envisageables ?

Le choix s'est porté sur l'intérêt de mettre en place un dispositif sur le temps long permettant aux acteurs de cheminer de la formalisation des activités présentes à l'analyse de leurs interactions, à la formalisation d'un diagnostic concerté et, enfin, à l'identification

1. INRA SAD, UMR Selmet, 2 place Pierre Viala, F-34060 Montpellier, France. SELMET, Univ Montpellier, INRA, CIRAD, Montpellier, France.
Email : martine.napoleone@inra.fr

* Ces résultats ont été en partie présentés lors de l'atelier INRA-CIRAD Systèmes d'information et outils de pilotage du secteur élevage dans les pays du Sud. Postures et méthodes (coord. Duteurtre G., Bonnet P., Dutilly C., Napoléone M., Touré I.), Montpellier, France, 11-13 juil. 2011



de pistes d'action. Nous avons émis l'hypothèse que des représentations simples et pragmatiques, construites à partir des pratiques des acteurs, faciliteraient la coordination en aidant à la construction de sens et à l'identification de pistes d'action.

Pour illustrer cette démarche, une recherche-action a été menée avec des éleveurs et des gestionnaires d'une petite coopérative laitière caprine du sud de la France. Les représentations graphiques construites avec les acteurs sont présentées et leurs rôles aux diverses étapes du dispositif de recherche-action sont analysés. Cette démarche partageait plusieurs principes avec celle de la modélisation d'accompagnement Comnod (Daré et al., 2009 ; Bousquet et al., 2002 ; Etienne, 2011). Le dispositif visait à organiser des itérations successives entre l'action (ou modélisation de l'action) et l'analyse (Napoléone et al., 2008). Pour faciliter la mise en situation et l'échange de points de vue, des représentations graphiques coconstruites avec les acteurs ont été utilisées. Toutefois, à la différence des démarches Comnod, nous avons construit des représentations au plus près des pratiques des acteurs, en lien direct avec leurs activités de tous les jours, pour faciliter la mise en situation et l'appropriation suite à l'exercice de modélisation.

■ PROJET DE RECHERCHE-ACTION AVEC UNE PETITE COOPÉRATIVE

Emergence du projet et négociation de la question à traiter

La mise en place de l'appellation d'origine contrôlée (AOC) Pélardon (fromage de chèvre originaire des Cévennes) en 2000 a interdit l'utilisation de caillé congelé pour la transformation. Ceci a supprimé le principal moyen de report utilisé par la coopérative laitière partenaire du projet de recherche-action. Dans le cas de ce fromage à faible durée d'affinage, l'interdiction de report congelé a élargi la période creuse et a obligé la laiterie à gérer en temps réel l'ajustement entre la saisonnalité de la collecte et celle des ventes. Or, le signe officiel de qualité AOC permettrait à la coopérative Fromagerie des Cévennes, le plus gros producteur de Pélardon de la région, de sortir du marché régional saturé et d'écouler ses produits sur des marchés éloignés de la zone d'origine, notamment par les circuits de la grande distribution nationale. Cependant, la demande en circuit long est peu saisonnée alors que la collecte de cette laiterie est trois fois plus importante au printemps qu'en automne. Les volumes collectés en automne limitent les quantités annuelles négociables auprès des circuits longs. Malgré une grille de prix mise en place depuis 10 ans et la diffusion de conseils aux producteurs pour dessaisonner la reproduction de leur troupeau, la collecte reste saisonnée (Napoléone, 2008).

Dans le cadre d'un appel d'offres INRA-Région (Programme sur et pour le développement régional [PSDR]) le directeur de la laiterie a proposé de construire un projet de recherche-action pour étudier des pistes pour agir sur la saisonnalité de la collecte de la coopérative. Il considérait que le problème principal était lié à de la résistance à l'innovation des éleveurs ou à des difficultés techniques freinant l'adoption des pratiques nécessaires à la reproduction en contre-saison. Il a donc proposé à la recherche d'étudier la façon d'accompagner des changements de pratiques en élevage vers des systèmes dessaisonnés. Nous avons postulé qu'un changement de période de reproduction ne se réduisait pas à des difficultés techniques, qu'il engageait aussi des réorganisations en profondeur du système d'élevage, du travail, de l'utilisation des ressources et qu'il interrogeait la conception que les éleveurs avaient de leurs activités et de leur métier. Nous avons aussi postulé que la mise en avant d'un modèle technique en opposition aux autres n'était pas favorable à l'émergence d'une dynamique d'action collective au sein de la coopérative. Nous avons enfin fait l'hypothèse qu'il existait une diversité de systèmes d'élevage sur le bassin de collecte ayant leur saisonnalité propre et que cette diversité pouvait constituer une ressource pour agir

sur l'ajustement entre la saisonnalité des livraisons et celle des ventes. En effet, une étude menée avec une coopérative caprine de 100 adhérents dans la Drôme (Napoléone, 2001) montre que la diffusion d'un modèle unique au sein d'une coopérative ne réduit pas le problème de saisonnalité de la collecte mais le déplace de l'automne vers la fin de l'été. Cette étude montre aussi qu'il existe une diversité de profils de production parmi les adhérents, étroitement liée aux pratiques de conduite du troupeau, donc à la diversité des systèmes d'élevage.

Dans le prolongement de cette étude, la coopération avec une petite coopérative de 27 adhérents a permis d'explorer l'intérêt d'utiliser des représentations graphiques factuelles pour accompagner les acteurs dans l'analyse de situation et la recherche de pistes d'action sur la saisonnalité via l'identification de complémentarités entre systèmes d'élevage. La question à traiter, le type de résultat visé et la posture de recherche ont été négociés avec le directeur de la coopérative et son conseil d'administration (CA). Il a été convenu de mettre en place un dispositif de recherche-action permettant de rendre lisibles, pour les éleveurs et pour les gestionnaires de la coopérative, étape après étape, les diverses activités en interaction (systèmes d'élevage et gestion de collecte), de faciliter la formulation d'un diagnostic de situation en commun et l'identification d'actions. Cette étape préliminaire a été indispensable pour la mise en œuvre du projet. Elle a permis aux partenaires (chercheurs et acteurs) de s'entendre sur la formulation de la question à traiter, sur la façon de la traiter à travers la mise en place d'un dispositif sur deux ans et sur la posture de recherche (animer en accompagnant pas à pas la construction d'une vision commune).

Dispositif pour structurer le processus de conception innovante

La collecte laitière pouvait être vue comme le résultat d'un ensemble de processus et de prises de décisions individuelles et collectives. Cependant les acteurs n'avaient pas une lisibilité de l'ensemble de ces processus en interaction. Les gestionnaires de la coopérative avaient une perception de la diversité à travers leurs indicateurs relatifs aux volumes livrés dans l'année ou à telle ou telle saison. Tous les éleveurs n'avaient pas non plus les mêmes objectifs, les mêmes façons de concevoir leurs activités, les mêmes facteurs de production, ni les mêmes modes de gestion de leur exploitation et de leur troupeau. Augmenter la lisibilité de ces processus était un préalable pour aider les acteurs à identifier des pistes d'action individuelles et collectives. Le concept d'action collective conjointe de Lorino et Nefussi (2007) était intéressant à mobiliser. Pour ces auteurs, faciliter la coordination d'acteurs en vue de la construction d'une action collective conduit à les aider à avoir une lisibilité de la situation (la diversité des systèmes d'élevage, les problématiques d'ajustement amont et aval), à formuler ensemble la question à traiter, et à identifier la contribution de chacun à l'élaboration et à la gestion de cette ressource commune (ici la collecte laitière).

Nous avons mis en place un dispositif sur deux ans (figure 1) (Napoléone et Chia, 2010). Il a été conçu comme un cheminement, en trois étapes : étape 1, aider chaque acteur à décrire et à formaliser ses activités et leurs évolutions ; étape 2, faciliter l'élaboration d'une vision commune des activités et de leurs interactions ; et étape 3, formuler un diagnostic en commun et identifier les pistes d'action. Chaque étape s'est appuyée sur la coconstruction de représentations graphiques, souvent calendaires, utilisées comme support pour faciliter l'expression des façons de faire et de voir de chaque acteur, et l'échange entre acteurs, ou pour faciliter les coordinations.

Nous avons distingué les « éleveurs » pour évoquer l'activité d'élevage dans l'exploitation et les « gestionnaires-coop » pour désigner celle de gestion de la collecte (directeur-salarié ou éleveurs-membres du CA). Le terme « acteurs » faisait référence à l'ensemble [éleveurs et gestionnaires-coop]. Les chercheurs ont géré l'avancée du dispositif et l'accompagnement des acteurs.

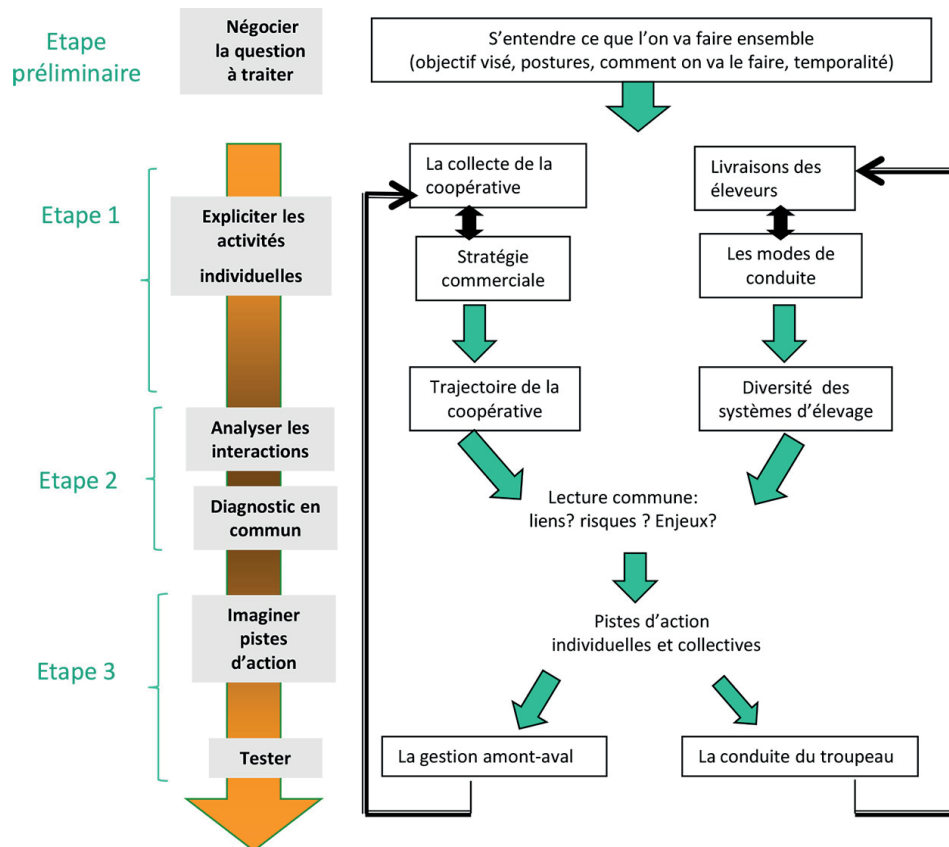


Figure 1 : étapes du dispositif de recherche-action visant à faciliter la coordination entre la coopérative laitière caprine cévenole et les éleveurs.

■ ETAPES DU DISPOSITIF ET REPRESENTATIONS GRAPHIQUES MOBILISEES

Aider chaque acteur à décrire et formaliser ses activités et leurs évolutions (étape 1)

Des entretiens compréhensifs individuels ont été réalisés avec chaque acteur (27 éleveurs et 4 gestionnaires-coop). L'objectif était de rendre lisibles leurs activités en mettant en évidence les manières de les conduire et en permettant à chaque acteur d'exprimer sa façon de les gérer, les difficultés rencontrées, les perspectives entrevues et les cohérences qui les sous-tendent (la stratégie et le mode de conduite du troupeau pour les éleveurs, la stratégie commerciale pour les gestionnaires). Chacun d'eux a décrit le déroulement de ses activités sur l'année et son évolution sur le temps long. Pour enclencher ces narrations, la courbe de livraison de l'éleveur ou l'évolution de la collecte (évolution de quantité annuelle collectée depuis 1974 et évolution des profils de collecte à partir des volumes mensuels) sur le temps long ont été utilisées comme objets intermédiaires (Vinck, 1999). Le lait livré par chaque éleveur correspondait au lait produit par le troupeau, indicateur quotidien à partir duquel l'éleveur appréciait la situation et ajustait ses pratiques (par exemple changements de parcs). Le gestionnaire de laiterie utilisait comme indicateur le lait collecté, somme des laits livrés par les coopérateurs, pour suivre l'évolution de l'approvisionnement et l'ajustement aux ventes. Le lait-troupeau ou le lait collecté étaient donc des repères mobilisés par les acteurs dans leurs activités quotidiennes. A la vue des courbes obtenues, nos interlocuteurs sont revenus dans l'action en décrivant le déroulement de leur activité sur une campagne complète (figure 2). Les éleveurs ont mis en relation l'évolution du lait livré avec leurs pratiques d'alimentation, de pâturage, de reproduction, le travail et les événements ayant ponctué la campagne. L'évolution de la collecte a renvoyé les gestionnaires à l'évolution des circuits commerciaux et des produits sur le temps long, aux difficultés rencontrées pendant la durée de leur activité, et aux incitations de la coopérative envers les éleveurs.

Les représentations graphiques qui ne schématisaient au départ que les livraisons ou la collecte se sont enrichies des pratiques, des entités sur lesquelles elles portaient, des temporalités dans lesquelles elles s'opéraient. Nous avons ainsi coconstruit, au fil de chaque entretien, de nouveaux graphiques, factuels et calendaires, représentant l'organisation sur l'année et l'évolution sur le long terme de chaque activité élémentaire (figure 3). Ils ont été un support de réflexion pour cheminer de la description de ce qui est fait à la caractérisation du mode d'organisation (entre autres, entités de gestion, identification de périodes, enchaînement entre périodes, leviers d'action), et aux cohérences sous-jacentes.

Dans le cas des éleveurs, un écrit a permis d'acter cette réflexion. Nous y avons consigné a) la représentation factuelle visualisant la courbe de livraison, et le calendrier de conduite du troupeau et d'utilisation du pâturage, et b) les appréciations de l'éleveur et la façon dont il exprimait sa stratégie de production. Cet écrit a permis une double validation par l'éleveur, d'une part, du cadre de représentation des systèmes d'élevage (une base temporelle pour représenter les liens entre les pratiques de conduite et la saisonnalité de la production de lait du troupeau) et, d'autre part, de la description de son système (stratégie, fonctionnement, diagnostic). La validation par chaque acteur de la façon de représenter et de rendre lisibles ses activités a eu un rôle essentiel dans le dispositif. Elle a permis de construire un sens partagé sur la façon de représenter et d'analyser les liens pratiques-production.

Faciliter l'élaboration d'une vision commune des activités présentes et de leurs interactions (étape 2)

Augmenter l'interconnaissance des activités présentes

- De l'évolution de la collecte à la trajectoire de la coopérative et à la formulation du problème de saisonnalité

Nous avons réuni les informations issues des entretiens individuels avec les quatre gestionnaires-coop dans une seule représentation de la

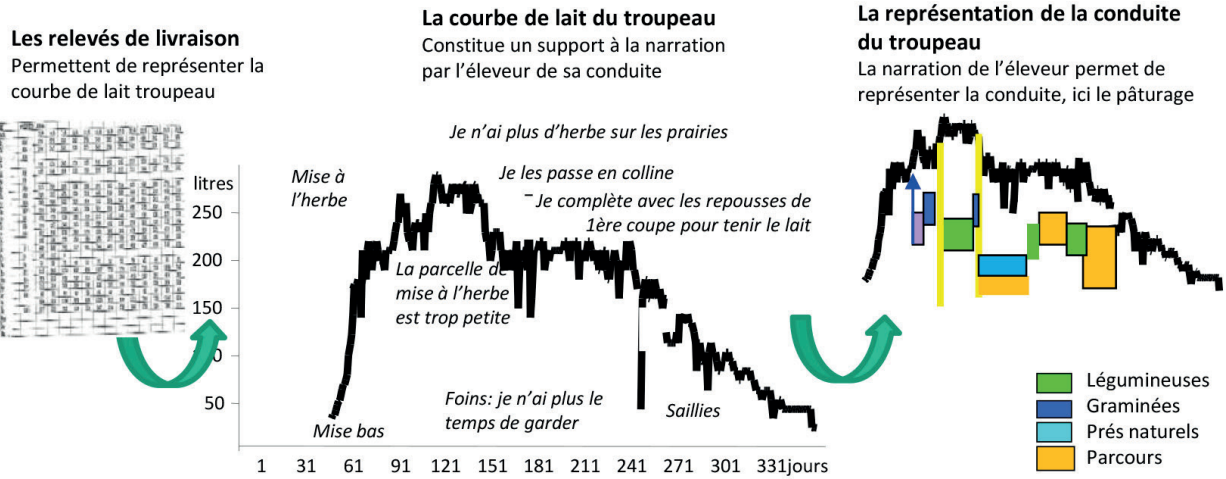


Figure 2 : de la courbe laitière du troupeau de chèvres d'un éleveur cévenol à la représentation de sa conduite du troupeau.

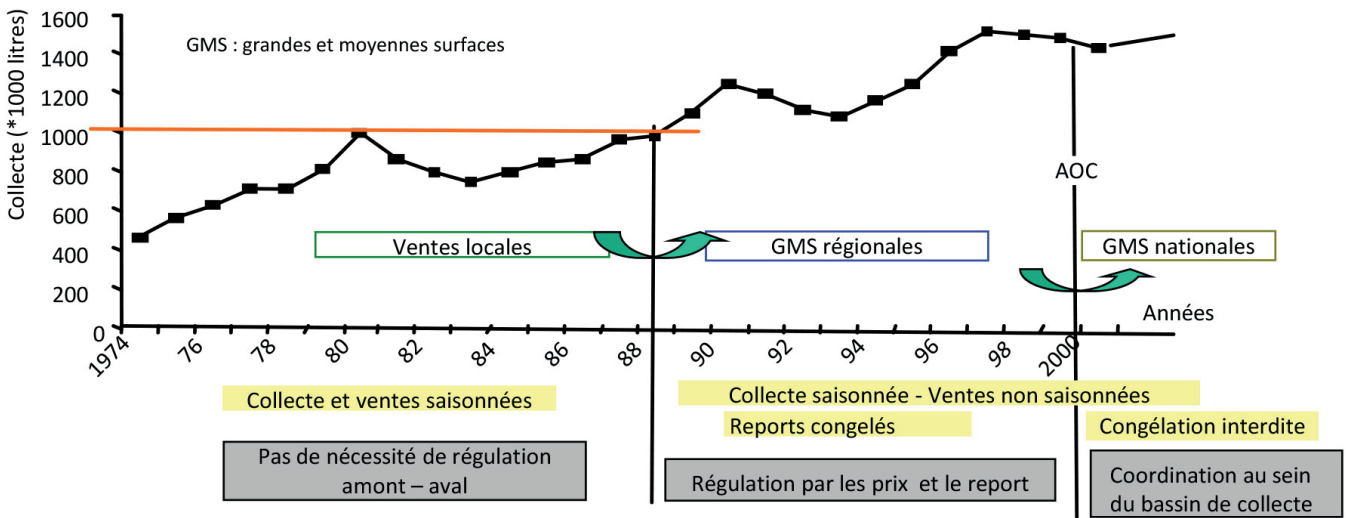


Figure 3 : trajectoire de la coopérative laitière caprine cévenole entre 1974 et 2006.

collecte et de la stratégie commerciale sur le temps long. Cette représentation factuelle et chronologique a été mise en discussion avec l'ensemble des acteurs. Les gestionnaires-coop se sont appuyés sur cette schématisation pour expliciter l'évolution de la stratégie commerciale de la coopérative au cours de la trajectoire, compte tenu de l'évolution des marchés et de la collecte. Cet exercice a débouché sur l'énonciation en commun de la trajectoire de la coopérative depuis 1974 en trois périodes (figure 3). Durant la première (1974–88), la coopérative collectait et vendait à proximité. La production, la collecte et les ventes étaient saisonnières. La seconde (1988–2000) a été marquée par l'augmentation des volumes collectés (« le seuil du million de litres a été dépassé ») conduisant la coopérative à explorer les marchés éloignés en grande distribution (marchés non saisonnés). « On a mis en place des reports congelés, une grille de prix, on a incité les éleveurs à des mises bas d'automne ». Le modèle de contre-saison était qualifié de « bon pour la coopérative », en opposition aux modèles de saison. La troisième période a débuté avec la mise en place de l'AOC. Pour distinguer leur fromage d'un produit industriel, les acteurs de l'AOC (devenue AOP [P = partagée] en 2001) ont interdit, dans le cahier des charges l'utilisation de reports congelés. Ce choix les obligeait dès lors à repenser leurs moyens de gestion de la saisonnalité de la collecte.

Pour approfondir la réflexion et analyser les conséquences de ce choix sur l'ajustement entre la collecte et les ventes en cours de campagne, nous avons mobilisé ensuite une représentation de la collecte

mensuelle en regard des ventes AOP mensuelles. Elle a mis en évidence une évolution de la période creuse vers l'été, comme dans le cas de la coopérative drômoise. Ce constat a été capital pour l'analyse de la situation et des perspectives d'action. Cette représentation graphique a conduit les acteurs à reformuler la question à traiter qui est passée de « comment faire pour augmenter le lait d'automne ? » à « comment faire pour augmenter la collecte entre juillet et décembre ? ». Avec cette reformulation, les gestionnaires actaient qu'un modèle unique calé sur des mises bas d'automne ne permettrait pas à lui seul de résoudre les difficultés de gestion de la saisonnalité sur une période aussi longue (six mois). En revanche, une combinaison de livraisons avec des saisonnalités différentes pourrait être un moyen d'action. La validation collective d'une telle lecture a revalorisé l'intérêt de la diversité des systèmes d'élevage présents et a inspiré des perspectives d'action à travers l'identification de complémentarités entre systèmes d'élevage. La représentation et l'énonciation de la trajectoire, ainsi que la reformulation collective de la question à traiter au regard de la collecte ont été actées dans un écrit partagé avec tous les acteurs.

■ Des livraisons à la diversité des systèmes d'élevage et des pratiques

Nous (chercheurs) avons représenté la diversité des systèmes d'élevage (figure 4) à partir de trois clés d'entrée (la période de reproduction, le profil de livraison, et le calendrier de conduite de l'alimentation et du pâturage). Nous avons utilisé le même cadre de représentation

que celui utilisé pour représenter le mode de conduite et ses liens à la production du troupeau de chaque élevage. Cette représentation de la diversité a été mise en débat avec l'ensemble des acteurs. Les éleveurs ont identifié des proximités fonctionnelles entre leurs modes de production. Ils ont collectivement validé la diversité décrite et se sont individuellement situés dans ces modes de fonctionnement. Un nouvel écrit a consigné cette représentation de la diversité des fonctionnements, les logiques sous-jacentes et les positionnements des éleveurs.

Analyser les interactions entre activités

En compilant les livraisons des éleveurs qui se situaient dans une même stratégie de conduite du troupeau, nous avons représenté la contribution à la collecte de chaque mode de fonctionnement (figure 5). Cette représentation a permis aux acteurs de réfléchir aux rôles spécifiques de chaque type de système d'élevage pour l'approvisionnement de la coopérative sur la période considérée comme cruciale (juillet à décembre). Ils ont ainsi constaté que les systèmes d'élevage ayant des mises bas de printemps (saison naturelle) assuraient 60 % de l'approvisionnement en été et début automne, et que les systèmes dessaisonnés (mises bas en automne) assuraient 60 % de la collecte en automne et début hiver. Ce constat a fait évoluer le regard des acteurs sur l'intérêt de la diversité au sein du bassin de collecte de la laiterie. Les systèmes d'élevage ayant des mises bas en saison naturelle, considérés jusqu'alors comme traditionnels, en opposition aux systèmes de contre-saison qualifiés par les éleveurs de « bons pour la coop », ont été légitimés à nouveau au regard du rôle qu'ils jouaient dans l'approvisionnement de la laiterie en été.

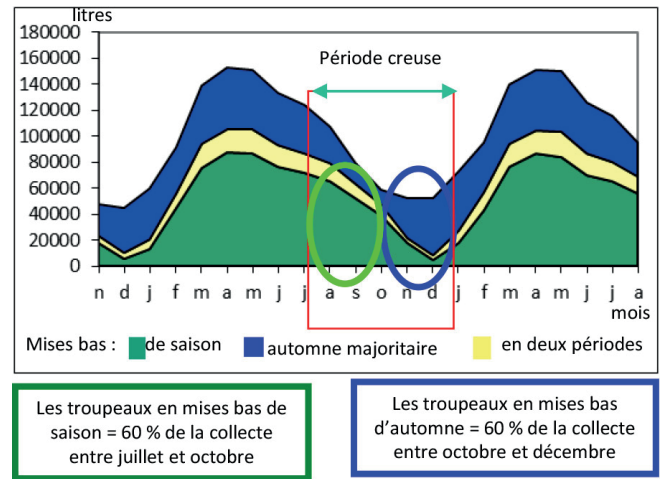


Figure 5 : contribution à la collecte de lait caprin des trois systèmes « idéaltypes » d'élevage cévenol.

Penser le futur : identifier les pistes d'action (étape 3)

Raisonnant les complémentarités entre modèles d'élevage au regard de la collecte, les acteurs ont identifié trois « idéaltypes » (Weber, 1956 ; Schnapper, 1999) de systèmes d'élevage (tableau I) : faire du

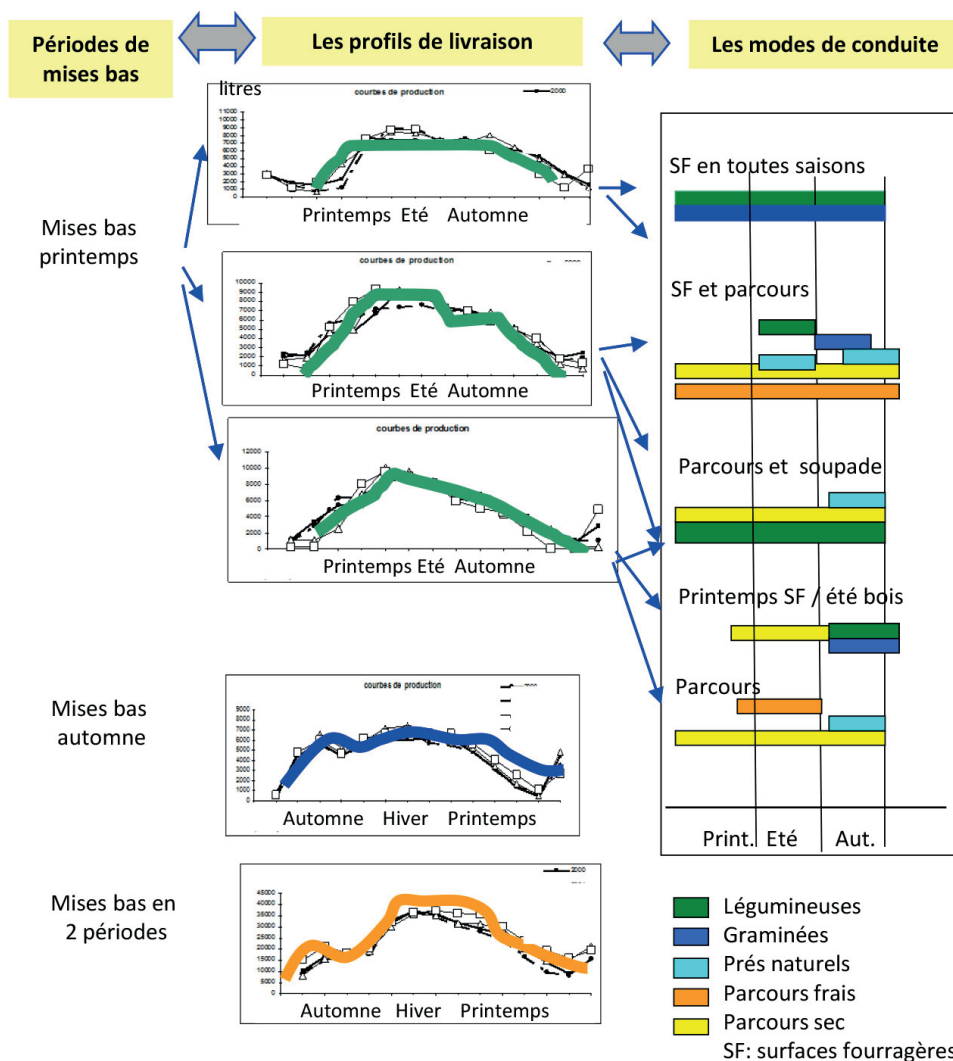


Figure 4 : diversité des systèmes d'élevage caprin cévenol en trois clés d'entrée (extraits).

lait à l'herbe et tenir le lait jusqu'en été, faire du lait d'hiver et démar- rer la production en septembre-octobre, et produire en toute saison. Chaque éleveur s'est situé dans l'idéaltype le plus proche de son projet d'élevage. Suite à ce positionnement, nous avons travaillé avec chacun sur les modifications techniques et organisationnelles qu'il jugeait réalisables au cours de l'année à venir pour contribuer au mieux à la collecte sur le créneau identifié. Pour les éleveurs en mise bas de prin- temps, la réflexion a porté principalement sur la gestion du pâturage et l'identification de périodes critiques pour la ressource (fin de prin- temps et été). Pour ceux en mise bas d'automne, la question a porté principalement sur la constitution de stock et l'équilibre foin/pâturage sur les parcelles cultivées. Enfin les éleveurs pratiquant deux périodes de mise bas étaient plus confrontés à la difficulté de gérer dans le temps l'équilibre des lots de reproduction. L'exercice a débouché sur la simulation d'une courbe de production prévisionnelle par élevage. Ceci a été acté dans un écrit. Une partie des éleveurs a utilisé cet écrit sur la campagne suivante pour comparer le prévu et le réalisé, et pour ajuster chemin faisant certaines pratiques. Après compilation des pré- visions de livraison discutées avec chaque éleveur, nous avons simulé la répartition de la collecte de la laiterie en année n + 1.

Tout au long de ce dispositif, divers types de représentations gra- phiques ont été utilisés et transformés. Le tableau II montre les rôles spécifiques de ces représentations dans le processus de conception.

■ DISCUSSION

Objets factuels, temporels et graphiques à l'échelle des entités de gestion

L'intérêt ici était d'utiliser des objets simples, factuels, situés au niveau des entités de gestion pour favoriser l'implication des éleveurs ou des gestionnaires dans la réflexion (Napoléone et Soulard, 2010). Ainsi, à la vue de la courbe de lait de leur troupeau ou de la collecte, ils replongeaient dans l'action de tous les jours, dans leurs difficultés qu'ils mettaient en mots dans leurs récits. Utiliser la production du troupeau ou encore le lait livré, c'était mobiliser les mêmes repères que ceux de l'éleveur ou du gestionnaire. Ce type d'objet facilitait leur investigation empirique, au cours d'allers-retours entre la modélisa- tion et l'action de tous les jours.

Issus des pratiques, ces objets factuels se distinguaient d'indica- teurs résultant de calculs techniques ou économiques, par exemple les résultats du contrôle laitier qui renvoyaient à la performance et à la productivité et orientaient l'analyse sur une évaluation experte. Les indicateurs technico-économiques auraient présenté le risque de mettre à distance l'éleveur du fait des positions et représentations sociales, comme le montre Darré (1994 ; 2006). Avec de tels indica- teurs, nous n'aurions pas pu analyser la situation en mettant au centre l'action et le sens qu'elle avait pour les acteurs.

Faciliter la prise de recul sur ses pratiques

Le premier type de support graphique (le lait troupeau ou la collecte) mettait l'acteur dans une posture exploratoire au regard de ses propres activités. Il facilitait l'expression du récit de vie sur le déroulement de l'activité. Ce récit permettait de repérer les « objets de l'action » auxquels l'éleveur faisait référence, pour coconstruire petit à petit une seconde génération de graphiques représentant le déroulement de l'activité (la conduite du troupeau et l'utilisation du territoire, ou une chronique pour la coopérative mettant en lien ventes, stocks, col- lectes, ou autre). Cette nouvelle représentation graphique constituait un support à partir duquel l'acteur formulait le mode d'organisation et de gestion de l'activité. Ce cheminement réflexif débouchait sur une modélisation du mode d'organisation (par exemple sous forme de séquences, de périodes de changement, d'éléments structurels dans chaque période, de facteurs de changement et de leviers d'action). Cette première partie de la démarche concernait les activités élémen- taires et pouvait être conduite avec des éleveurs comme avec des ges- tionnaires de coopérative.

Se situer par rapport aux autres

La représentation de la diversité des pratiques et des systèmes d'éle- vage a été construite en conservant le cadre de formalisation des acti- vités élémentaires. Garder un même cadre pour passer de l'exploit- ation à la diversité des systèmes d'élevage a aidé chaque éleveur à se situer par rapport aux autres et à identifier des proximités fonc- tionnelles. Cette représentation a permis aux acteurs de partager une lecture en commun de la diversité des fonctionnements des systèmes d'élevage et de repérer la façon dont chacun se situait dans cette diver- sité. D'autre part, la représentation choisie au plus près des pratiques

Tableau I
Des systèmes d'élevage cévenol « idealtypes » aux ajustements de pratiques individuels

Idéaltype	Enjeux au regard de la collecte	Les moyens d'action
<p>Du lait à l'herbe Une mise bas unique en saison (février-mars) pour « faire du lait à l'herbe » et avoir une période de repos (des animaux et des éleveurs) au cours du tarissement. « J'ai besoin d'arrêter de produire, et de renouveler l'envie avec l'arrivée du printemps et les ventres des chèvres qui s'arrondissent. »</p>	<p>Tenir le lait jusqu'en juillet août</p>	<p>Le principal levier est la gestion du pâturage. Par ex. des petites parcelles sont mises en culture pour éviter des chutes de production à des périodes très précises comme le passage printemps été. Ou bien des légumineuses sont implantées pour compléter en été le pâturage sur parcours.</p>
<p>Du lait en hiver Une mise bas unique en automne pour faire du lait d'hiver et avoir une période de repos l'été. « Cela me permet de faire les foin plus facilement et d'être disponible l'été avec la famille. »</p>	<p>Démarrer la production dès septembre octobre</p>	<p>La gestion la reproduction est pensée pour réussir la reproduction à contre-saison. Un des enjeux principaux est la qualité et la quantité des stocks de fourrage pour réussir la première partie de la lactation.</p>
<p>Du lait en toute saison Pour régulariser la production sur l'année, le travail sur l'élevage et la trésorerie</p>	<p>Livrer du lait en toute période</p>	<p>Arriver à gérer des lots de mises bas et à maintenir l'équilibre entre les lots au fil des années. Certains animaux peuvent être conduits en lactation longue (taris tous les deux ans).</p>

Tableau II

Retour sur les représentations graphiques (nature et caractéristiques) de la coordination entre les éleveurs et une coopérative laitière caprine cévenole

Type d'objet	Contenu des graphiques	Rôles dans le processus de conception collective	Acteurs impliqués dans l'échange
Courbe de livraison	Livraisons quotidiennes	Aide à la formalisation	L'éleveur
Calendrier des pratiques d'élevage	Livraisons quotidiennes Reproduction Pâturages utilisés Alimentation en chèvrerie Travail	Aide à la prise de recul ↓ Parler de ce que l'on fait	
Représentation de la diversité des modes d'élevage	Profils des livraisons Organisation reproduction Organisation du pâturage, de l'alimentation en chèvrerie	Identification de proximité Connaissances sur la diversité Construction d'une lecture commune ↓ Ouvrir le champ des possibles Elargir les points de vue	Entre éleveurs Avec les gestionnaires de la laiterie
Courbe de collecte et chronique de la coopérative	La collecte quotidienne en année n-1 Volumes annuels depuis 1974 Volumes annuels collectés Lieux de ventes Evolution de la demande Produits fabriqués	Aide à la formalisation et à la prise de recul ↓ Parler de ce que l'on fait	Gestionnaires de laiterie
Trajectoire de la coopérative	Volumes annuels collectés Lieux de ventes Evolution de la demande Produits fabriqués Evénements particuliers Outils de coordination	Aide à l'échange Aide à l'interprétation et au diagnostic Construction d'une lecture commune ↓ Ouverture du champ des possibles (reformulation de la question)	Entre gestionnaires Avec les éleveurs
Contribution à la collecte	La collecte quotidienne en année n-1 Le cumul des livraisons quotidiennes par idéaltype	Aide au diagnostic Pistes d'action ↓ Conception collective Aide aux coordinations	Eleveurs et gestionnaires

a favorisé l'échange entre éleveurs sur les liens entre leurs pratiques et les profils de production troupeau (soit de livraison). Cet exercice a fait émerger des savoirs d'action des éleveurs. Il a contribué à l'émergence de connaissances situées et partagées, directement utilisables pour la suite par les éleveurs (élaboration d'un prévisionnel, réalisation, comparaison entre le prévisionnel et le réalisé, analyses des écarts et réflexions sur les adaptations à réaliser, etc.).

Objets de l'action passeurs de frontières

Ces objets permettaient aussi d'établir des liens fonctionnels entre les activités présentes (la gestion des 27 élevages et celle de la collecte-transformation-commercialisation). Chaque acteur avait sa propre interprétation de la situation, compte tenu de ses activités et de ses objectifs. Ce type d'outil permettait à chacun de rendre lisibles les éléments qu'il utilisait pour construire son interprétation. Un échange sur ces clés respectives de lecture pouvait s'engager. Il s'agissait ici d'une négociation entre les acteurs pour déboucher sur une lecture et un diagnostic partagé de la situation.

La formulation par écrit de cette interprétation concertée et les questions à traiter qui en résultaient étaient des étapes cruciales qui

conditionnaient les pistes d'action envisagées. Nous rejoignons ici le concept d'objet-frontière (Star et Griesemer, 1989) qui permet à des personnes ayant des rationalités différentes de travailler ensemble. Pour Star (2010), ces « objets-frontière sont à la fois temporels, encastés dans l'action, sujets à réflexion et à l'adaptation locale ». Henderson (1991) insiste sur l'intérêt des représentations visuelles pour faciliter les interprétations croisées entre différents groupes professionnels au cours du processus cognitif. Elles facilitent l'élaboration d'un langage commun et la construction de critères d'appréciation partagés (Torre et Chia, 2001 ; Chia, 2004).

Dans la phase de recherche de solutions, la représentation graphique facilite l'imagination de nouveaux scénarios d'organisation. Scénario est pris ici au sens d'un ensemble formé par la description d'une situation future et par le cheminement des événements – qui doivent présenter une cohérence – permettant de passer de la situation d'origine à une situation future (Godet, 1991). Plusieurs scénarios peuvent être imaginés, représentés, mis en discussion, pour n'en retenir à la fin qu'un seul estimé à la fois souhaitable pour diverses raisons (notamment techniques, économiques, travail) et réalisable aux yeux des acteurs.

Intérêt des objets intermédiaires construits à partir des pratiques dans la mise en place d'actions collectives

Les représentations graphiques utilisées dans cette étude ont permis la prise de recul et facilité l'analyse conjointe entre acteurs concernés par la gestion de la collecte, considérée comme une ressource commune. La démarche rejoint celle mise en place dans d'autres travaux de coordination d'acteurs autour de la gestion d'une ressource, comme pour les problématiques de gestion du territoire. Ces travaux mobilisent en général des objets intermédiaires pour aider des acteurs ayant des points de vue très différents à se construire une vision partagée de la dynamique de la ressource commune. Nombre d'entre eux utilisent la coconstruction de modélisation de l'état et de la dynamique de la ressource commune (Lardon et al, 2001). Par exemple la démarche de modélisation d'accompagnement (Bousquet et al., 2002) propose des jeux de rôles pour aider les acteurs à se mettre en situation et à imaginer des scénarios d'évolution.

La particularité de la démarche de notre étude était de modéliser dans un premier temps chacune des activités élémentaires, avec chacun des acteurs, avant de travailler avec l'ensemble des acteurs sur la diversité, puis sur les interactions entre activités. Cet exercice a contribué à la prise de recul de chaque acteur sur sa propre situation et l'a aidé à se situer par rapport aux autres et à sa contribution à l'ensemble du résultat. La recherche de scénarios en était ainsi relativement finalisée, permettant des allers-retours entre le niveau collectif et le niveau individuel, ce qui a facilité l'appropriation et la mise en situation par la suite.

Nous avons insisté dans cet article sur le rôle des représentations graphiques bâties à partir des pratiques et des objets techniques, dans l'aide à la conception innovante et dans la coordination. Pour autant, d'autres types d'informations externes à la situation d'action, techniques ou économiques, auraient pu intervenir ponctuellement à certaines étapes de la réflexion. Ainsi, des informations sur des cas types régionaux, l'intérêt de tel aliment, l'évolution des marchés, les soutiens à l'élevage, ou autre, peuvent être mobilisées dans l'étape de diagnostic ou dans la recherche de pistes d'action. Une simulation de l'intérêt d'un nouveau modèle technique par planification de flux peut aussi apporter des éléments complémentaires de réflexion aux acteurs, dans la phase de recherche de solution.

Reproduire ce type de dispositif ?

Cette étude de cas a mis en évidence l'intérêt d'établir un dispositif sur le temps long (plusieurs années) et d'utiliser des objets intermédiaires issus des pratiques des acteurs. La construction progressive des représentations, la reconnaissance des savoirs et des pratiques locales, la prise en compte du vocabulaire et des entités de gestion utilisées au quotidien ont contribué à la réussite de ce type de dispositif en facilitant la confiance entre acteurs, la symétrie de l'information, l'apprentissage organisationnel.

L'établissement d'une confiance entre acteurs pour construire des objets intermédiaires issus de leurs pratiques ne va pas forcément de soi. Ce processus peut notamment se heurter aux positions sociales des acteurs et aux catégories déjà établies par les acteurs entre les systèmes d'élevage jugés pertinents au regard de la question à traiter (par exemple « les systèmes bons pour la coop »). La négociation de cette question et de la manière de la traiter contribue à l'établissement des conditions de cette confiance. Dans le processus, par tâtonnement, l'animateur propose des objets intermédiaires qui peu à peu vont conduire les acteurs à porter des regards nouveaux sur la situation et à les énoncer. Progressivement, la place de chacun se précise, facilitant la suite du processus de coordination ; à charge de l'animateur d'acter et de mettre en partage ces évolutions.

La symétrie des informations entre acteurs, c'est-à-dire la prise en compte des mêmes informations pour étudier une question, permet à

tous d'avoir un regard sur la situation et le problème commun à traiter. Il ne s'agit pas bien sûr de partager toutes les informations utiles à chacun dans la conduite de ses activités. Il s'agit de la symétrie des informations traitées dans le cadre de l'action collective impliquant tous les acteurs. Les représentations graphiques, comme les échanges sur leurs interprétations par les acteurs, contribuent à la construction d'une vision en commun de la situation. Par ailleurs, les acteurs doivent pouvoir mesurer, au fil du processus, l'avancée de la réflexion collective. C'est le rôle joué par les écrits, actant étape après étape les acquis, les connaissances et les questions restant en suspens.

L'apprentissage organisationnel peut être vu à divers niveaux, de l'élevage à la coopérative, à la relation éleveurs - gestionnaires. Les discussions sur la diversité des modèles techniques, ou encore sur leurs intérêts au regard d'une courbe de collecte contribuent à l'identification de règles, de principes, de critères d'appréciation.

Les principes présentés dans ce texte et sous-tendant le dispositif mis en place ont été testés dans plusieurs situations françaises (Napoléone, 2001, Napoléone et Chia, 2010) et à ce titre présentent une certaine genericité. Toutefois, ce dispositif n'est pas une démarche clé en main. Il doit être adapté à chaque situation pour trouver localement la bonne façon de mettre en place le cheminement d'aide à la coordination et la forme la plus pertinente à donner aux objets intermédiaires, ainsi que le montre Etienne (2012) pour les supports de géoprospective.

■ CONCLUSION

A la question posée en introduction « La diversité des systèmes d'élevage présents sur le bassin de collecte peut-elle devenir un moyen d'action pour réguler la collecte au cours de l'année ? », nous pouvons répondre oui, mais... Oui, la diversité des systèmes de production, permet l'activation de complémentarités pour mieux ajuster la saisonnalité de la collecte laitière sur un bassin de collecte à celle des ventes. Mais cela nécessite d'avoir une lecture partagée de la situation pour imaginer des pistes d'action coordonnées entre le management à l'échelle des élevages et celui concernant la gestion de la collecte, de la transformation et des ventes.

Pour aider à cette coordination nous avons montré l'intérêt de construire des objets intermédiaires au plus près des pratiques pour aider à la prise de recul et à l'intercompréhension. Nous avons montré aussi l'importance de mettre en place un dispositif facilitant les échanges entre acteurs. Ce processus aide, dans un premier temps, à déconstruire le schéma initial que chaque acteur a de la situation, schémas qui peuvent comporter des césures entre eux, que ce soit entre la production et la transformation, ou entre des façons différentes de concevoir ce qui est un modèle de production. Par la suite, le dispositif facilite une reconstruction collective du cadre d'interprétation de la situation. Dans ce processus, les objets intermédiaires pragmatiques et la construction de récits prennent une place centrale. Ils aident petit à petit à mettre en synergie des points de vue et à imaginer des perspectives d'action négociées en cohérence avec des enjeux individuels et collectifs.

REFERENCES

- Bousquet F., Bareteau O., d'Aquino P., Etienne M., Boissau S., Aubert S., Le Page C., et al., 2002. Multi-agent systems and role games: Collective learning processes for ecosystem management. In: Complexity and ecosystem management: The theory and practice of multi-agent systems (Ed. Janssen Marco A.). Edward Elgar, Cheltenham, UK, 248-285
- Chia E., 2004. Principles, methods of participatory research: proposal for draft animal power. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 57 (3-4): 233-240, doi : 10.19182/remvt.9895
- Daré W., Ducrot R., Botta A., Etienne M., 2009. Repères méthodologiques pour la mise en œuvre d'une démarche de modélisation d'accompagnement Lirac - projet ComMod. Cardère, Avignon, France, 128 p.

- Darré J.P., 1994. Pairs et experts dans l'agriculture. Dialogues et production de connaissances pour l'action. Erès, Ramonville Saint-Agne, France, 228 p.
- Darré J.-P., 2006. La recherche coactive de solutions entre agents de développement et agriculteurs. GRET, 112 p. (coll. Etudes et travaux)
- Etienne M., 2011. Companion modelling: an adaptative approach? In: Companion modelling: a participatory approach to support sustainable development (Ed. Etienne M.). Quae, Versailles, France, 271-278 (coll. Update Sciences and Technologies)
- Etienne M., 2012. La modélisation d'accompagnement : une forme particulière de géoprospective. *Espace Géogr.*, **41** : 128-137, doi: 10.3917/eg.412.0128
- Godet M., 1991. Méthode des scénarios. In : De l'anticipation à l'action. Dunod, Paris, France, 39-55
- Henderson K., 1991. Flexible sketches and inflexible data bases: visual communication, conscription devices, and boundary objects in design engineering. *Sci. Technol. Hum. Values*, 16 (4): 448-473, doi: 10.1177/016224399101600402
- Lardon S., Maurel P., Piveteau V., 2001. Représentations spatiales et développement territorial. Hermès Sciences, Paris, France, 438 p.
- Lorino P., Nefussi J., 2007. Tertiarisation des filières et reconstruction du sens à travers des récits collectifs. *Rev. Fr. Gest.* (170) : 75-92, doi : 10.3166/rfg.170.75-92
- Napoléone M., 2001. De la gestion de la répartition de la production laitière d'un troupeau à la gestion des approvisionnements d'une firme. *Options Méditerr. Sér. A* (46) : 177-181
- Napoléone M., 2008. Comment les systèmes d'élevage caprin répondent-ils à l'évolution des besoins d'une coopérative laitière ? In : L'élevage en mouvement - flexibilité et adaptation des exploitations d'herbivores. Quae, Versailles, France, 219-228
- Napoléone M., Chia E., 2010. Repenser la coordination entre agriculteur et coopérative laitière - Vers une gestion concertée de la saisonnalité de la collecte. *Gérer Comprendre* (102) : 58-69, doi: 10.3917/geco.102.0058
- Napoléone M., Lasseur J., Etienne M., 2008. Devices based on models to accompany stakeholders in enhancing collective learning and action on livestock farming systems. In: 8th Symp. IFSA, Clermont-Ferrand, France, 6-10 July 2008
- Napoléone M., Soulard C., 2010. From agricultural practices to boundaries' objects in the collective actions design. In: Proc. Symp. Innovation and Sustainable Development in Agriculture and Food, Montpellier, France, 28-30 June 2010, 11 p.
- Schnapper D., 1999. La compréhension sociologique. Démarche de l'analyse typologique. PUF, Paris, France, 125 p.
- Star S., 2010. Ceci n'est pas un objet-frontière : Réflexions sur l'origine d'un concept. *Rev. Anthropol. Connaiss.*, **4** (1) : 18-35, doi: 10.3917/rac.009.0018
- Star S.L., Griesemer J.R., 1989. Translations and boundary objects: amateurs and professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39. *Soc. Stud. Sci.*, **19** (3): 387-420, doi : 10.1177/030631289019003001
- Torre A., Chia E., 2001. Pilotage d'une AOC fondée sur la confiance. *Gérer Comprendre* (65) : 55-67
- Vinck D., 1999. Ingénieur au quotidien. Ethnographie de l'activité de conception et d'innovation. PUG, Fontaine, France, 232 p.
- Weber M., 1956. Essai sur la théorie de la science. Publié à titre posthume. Traduit de l'allemand par Chavy J.P., Dampierre E., 1971. Plon, Paris, France, 411 p.

Summary

Napoléone M. Intermediate objects to help coordination between breeders and dairies. Example of a goat dairy cooperative in Southern France

Managing the seasonality of milk production is a challenge for collection and processing companies. We explored here the relevance of enhancing complementarities between production systems in a collection basin. The implementation of a coordination mechanism was proposed to identify these complementarities with regard to an issue negotiated between the farmers and the dairy. It was designed as an itinerary: i) identify primary activities, ii) analyze their interactions, iii) phrase a shared diagnosis, and iv) identify courses of action. At each step, we proposed to produce graphic representations built from the practices of the actors and the objects to which they related. These representations were used as intermediate objects. From an action-research project conducted with a small dairy cooperative in the south of France, we showed that the representations of deliveries or collection could be used as intermediate objects to enable the understanding of herd management or marketing strategy of the cooperative, and to help analyze the interactions between these activities and the development of a common project. In conclusion, simple and pragmatic representations have been shown to be effective and interesting tools to adopt in the course of collective actions involving coordination between breeders and cooperatives.

Keywords: goats, milk collection, dairy cooperatives, seasonality, pastoralists, operations research, Mediterranean zone

Resumen

Napoléone M. Objetos intermedios para ayudar a la coordinación entre criadores y lecherías. El ejemplo de una cooperativa de productos lácteos caprinos en el sur de Francia

La gestión de la estacionalidad de la producción de leche es un desafío para las empresas de recolección y procesamiento. Exploramos aquí el interés de valorar las complementariedades entre los sistemas de producción presentes en una cuenca de recolección. Se propuso el establecimiento de un mecanismo de coordinación para identificar estas complementariedades alrededor de un tema negociado entre los criadores y la lechería. Se concibió como un itinerario: a) la formalización de las actividades elementales, b) el análisis de sus interacciones, c) la formulación de un diagnóstico concertado, y d) la identificación de vías de acción. En cada etapa, se propusieron representaciones gráficas basadas en las prácticas de los actores y los objetos sobre las cuáles éstos se basaron. Estas representaciones se utilizaron como objetos intermedios. Sobre la base de un proyecto de investigación de acción llevado a cabo con una pequeña cooperativa de productos lácteos en el sur de Francia, demostramos que las representaciones de la distribución o recolección podían utilizarse como objetos intermedios para facilitar la comprensión del manejo de hato y la estrategia comercial de la cooperativa, facilitando el análisis de las interacciones entre estas actividades y el desarrollo de un proyecto conjunto. En conclusión, las representaciones simples y pragmáticas demostraron ser herramientas efectivas e interesantes a utilizar en el contexto de acciones colectivas que involucran la coordinación entre criadores y cooperativas.

Palabras clave: caprino, recogida de leche, cooperativas lecheras, estacionalidad, pastoralistas, investigación operativa, zona mediterránea

Effects of feed and health interventions on small ruminant production in mixed crop-livestock systems in Southern Mali

Augustine A. Ayantunde^{1*} Clarisse Umutoni^{1,2} Théophile Dembele³ Koita Seydou³ Oumar Samake³

Keywords

small ruminant, livestock numbers, mixed farming, household food security, Sahel

Submitted: 23 November 2018

Accepted: 24 April 2019

Published: 12 July 2019

DOI: 10.19182/remvt.31747

Summary

In Mali, small ruminants are a necessary part of mixed crop and livestock systems, and they fulfill various roles in the food security of households as sources of meat and milk, and means of additional income to meet food and cash needs. However, small ruminant production is challenged by the poor performance of animals, which is mainly caused by inadequate nutrition and diseases. A pilot study that combined feed and health interventions was conducted in two villages, Sirakele and Zanzoni in Koutiala District in the south of the country. The objective was to assess the effects of the combined interventions on small ruminant production in mixed crop-livestock systems. Zanzoni served as control, and Sirakele received both feed and health interventions. Twenty households were randomly selected in each village and the study lasted one year, from August 2016 to August 2017. Results showed that within a year the average goat and sheep flock size in the feed and health intervention group doubled, whereas it mostly remained the same in the control group. The mortality rate was significantly lower in the treatment group than in the control one. In addition, the goats and sheep gained 42.98 ± 3.28 and 47.12 ± 2.73 g/day in the treatment group, whereas they only gained 22.59 ± 2.29 and 16.58 ± 2.74 g/day in the control group, respectively. The results confirmed that feed and health interventions significantly improved small ruminant production.

■ To cite this article: Ayantunde A.A., Umutoni C., Dembele T., Seydou K., Samake O., 2019. Effects of feed and health interventions on small ruminant production in mixed crop-livestock systems in Southern Mali. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 72 (2): 65-72, doi: 10.19182/remvt.31747

■ INTRODUCTION

Small ruminants are a necessary part of mixed crop and livestock systems in Mali and they fulfill various roles in household food security as a source of meat and milk, and means of additional income to meet food and cash needs (Wilson, 1986; Ba et al., 1996). In West African Sahel, the majority of farmers raise small ruminants for immediate source of income, insurance against emergencies, and to mitigate effects in case of crop failures (Wilson, 1991). Small ruminants also produce manure, which is an invaluable source of organic

matter to improve soil fertility. In Mali, about 90% of the households own sheep and goats, as they are important for livelihood strategies of poor rural areas (Ba et al., 1996). Rural women and youth are much involved in small ruminant rearing which provides them with employment opportunities (Wilson, 1991; Lebbie, 2004). The short generation intervals of small ruminants compared to those of cattle allow for rapid flock growth provided there are adequate nutrition and veterinary care. Moreover, small ruminants tend to withstand drought much better (Lebbie, 2004). Wilson (1991) reported that, during the early 1980s' drought in the Sahel, cattle losses were over 80%, whereas those of small ruminants were not more than 50%.

The potential for rapid flock growth and the varied functions of small ruminants in mixed crop-livestock systems could be means to improve household food security and poverty alleviation of smallholder farmers. However, small ruminant production in Mali is challenged by a poor performance mainly caused by inadequate nutrition and diseases (Wilson, 1986; Ba et al., 1996). Given the low inputs into sheep and goat production from smallholder farmers, supplementary feeding is often on an *ad hoc* basis (Ayantunde et al., 2014) and the animals are rarely vaccinated or regularly treated for diseases (Ba et al., 1996).

1. International Livestock Research Institute (ILRI), BP 1496, Ouagadougou, Burkina Faso.

2. Current address: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Niamey, Niger.

3. Association malienne d'éveil au développement durable (AMEDD), Koutiala, Mali.

*Corresponding author

Email: a.ayantunde@cgiar.org



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

Consequently, a high mortality rate is common in small ruminant flocks in Mali (Ba et al., 1996) as it is the case in other Sahelian countries. Mortality could be reduced by vaccinating small ruminants against main diseases such as pasteurellosis and *peste des petits ruminants* (PPR), and by deworming them. In addition to healthcare, strategic supplementation is essential to improve their performance (Ben Salem and Smith, 2008; Nantoumé et al., 2011; Konlan et al., 2017). Previous studies have yielded promising results on feed and health interventions to improve small ruminant production in Ghana under the Africa RISING project (Avornyo et al., 2015; Konlan et al., 2017).

The underlying hypothesis for this pilot study was that combining improved management practices would result in higher animal productivity, income, and household food security than one technology alone. The objective was to assess the effects of combined feed and health interventions on small ruminant production in mixed crop-livestock systems in Southern Mali. Specific objectives were: (i) to assess the effects of feed and health interventions on sheep and goat live-weight changes, flock dynamics (birth, death, and offtake) and manure production, and (ii) to quantify the costs and benefits of feed and health package in smallholder small ruminant production.

■ MATERIALS AND METHODS

Study sites

The study was performed in Sirakele (12.51° N, 5.48° W) and Zanzoni (12.61° N, 5.57° W) villages in Koutiala District in Southern Mali. Sirakele is a village in the rural commune of Songoua at about 15 kilometers north of Koutiala, and Zanzoni is in the commune of Fakolo at about 35 kilometers north of Koutiala. Koutiala District is the main cotton production area of Mali. The project villages are in the 'zones of influence' of the Africa Research in Sustainable Intensification for the Next Generation (Africa RISING) program in Mali, supported by the United States Agency for International Development (USAID). Africa RISING aims at creating opportunities for smallholder farms to move out of hunger and poverty through sustainably intensified farming systems that improve food, nutrition, and income security, particularly for women and children, and conserve or enhance the natural resource base.

Both villages are in a region where mixed crop-livestock systems prevail. Both sites have a Sudanian climate characterized by a dry and a rainy season that last about six months each. The dry season is usually between November and April, and the rainy season between May and October. Annual rainfall varies between 750 and 1100 mm. Crop farming and livestock husbandry are the main sources of household food and income. The main feed resources are natural pastures, crop residues and agro-industrial by-products. The feed resources in both sites were similar to those reported by Umutoni and Ayantunde (2014) in Koutiala and Bougoni districts in Southern Mali.

Household selection

Sheep and goat flocks belonging to twenty households in each village were monitored during a year (August 2016 – August 2017). The forty households were randomly selected based on the ownership of sheep and or goats, and the willingness to participate in the study, which entailed monitoring animals for about a year. The two villages were randomly allocated to one of the two groups: Zanzoni households were in the control group, whereas Sirakele households were in the treatment group.

Animal management

The sheep and goat flocks in the treatment group received vaccination against pasteurellosis, *peste des petits ruminants* (PPR) and trypanosomiasis, deworming and regular health care in case of any sickness,

and supplementary feed (300 g of cottonseed cake per animal per day) throughout the 12 months. Cottonseed cake was used as supplement as it was readily available in the sites because of the widespread cultivation of cotton. The amount of cottonseed cake (200–300 g per animal) was based on Konlan et al. (2017) in a similar study in Ghana. The physiological status to determine the amounts of supplement to be distributed was not included as it was difficult to adjust quantities in rural conditions. Ovipeste and Pastovin vaccines (produced by the Laboratoire central vétérinaire in Bamako) were used against PPR and pasteurellosis, respectively. Sheep and goats under feed and health interventions were vaccinated once a year against PPR at the dosage of 1 ml per animal, and twice a year against pasteurellosis at the dosage of 2 ml per animal. The treatment animals were also vaccinated against trypanosomiasis with Veriben B12 (diminazene, antipyrine and long-lasting-effect vitamin B12) (CEVA), and Kelamidium (CAPHAVET). Prophylaxis in the form of antibiotic and multivitamin injections, and deworming were given to the treatment group; tetracycline (oxytetracycline) was injected quarterly; deworming was done twice a year, at the beginning of the study in August and at the end of the rainy season in October using Synanthic (oxfendazole) (Boehringer Ingelheim). The treatment group was also treated for other diseases when necessary.

The flocks in the control group did not receive supplement feed nor health intervention. However, farmers in this group did treat their sick animals though irregularly and offered crop residues particularly sorghum straw, cotton straw and groundnut haulms after the crop harvest, and browses (leaves of shrubs and trees) in the late dry season on an *ad hoc* basis. In both sites, daily management consisted in letting most sheep and goats graze on natural pastures in the rainy season, and on crop residues in the dry season. Fattening animals, lactating does and ewes, and sick animals were usually kept around the homesteads and fed. Lambs and kids were not allowed to graze until the age of three to four months. Upon return from grazing, the animals in the treatment group were offered cottonseed cakes as supplement, which was often consumed immediately. At night, the animals in both groups were tethered to stakes or penned in enclosures or shelters around the homesteads.

About 94% of the sheep were of the Djallonke breed, the others were Sahelian long-legged. The latter were mainly males for fattening. The main goat breed was also West African Dwarf (about 96%) and the others were Sahelian long-legged.

Flock monitoring and data collection

All the sheep and goats in both groups were ear-tagged and weighed at the beginning of the study. At this time, the total flock in Zanzoni comprised 78 sheep and 84 goats, 162 animals in total, whereas in Sirakele the total flock comprised 106 sheep and 135 goats, 241 animals in total. All the animals in both groups were weighed three days consecutively every month. Average live weight change was estimated by regression of individual live weight on time. All the animals that were weighed at least six times during the year were included in the calculation of average daily gain (ADG). Fewer observations (number of animals) were included in the calculation of the average weights at one and three months of age because of the absence of young animals (≤ 3 month kids and lambs) at monthly weighings as many households did not bring them. However, they were brought for weighing as they became older.

Two field technicians were responsible for monitoring the animals and they visited each household every month to collect data on any change in the flock (demographic event) including birth, death, sale, slaughter, giving out or receiving an animal as a gift, caretaking arrangement, and loss through theft. The data on the occurrence of death in the flocks was used to calculate the mortality rate, i.e. the number of deaths recorded as a percentage of the total flock at the beginning of the study. The offtake rate was calculated as the number of animals sold, slaughtered and given out as a percentage of the total

flock at the beginning of the study. The manure deposited in enclosures or shelters was collected each morning after the sheep and goats were taken out of the pens in each household in both groups; it was air dried and stored in a bag for weighing every month by the field technicians of the Association malienne d'éveil au développement durable (AMEDD).

Collection of feed and fecal samples

Two samples of feed resources fed to the experimental animals were collected in the early and late dry seasons. The feed resources were mainly crop residues, browses and agro-industrial by-products. In total, 46 feed samples were collected and ground to pass through a 2-mm sieve for laboratory analysis of their chemical composition. Two fecal (manure) samples of 0.5 kg fresh weight were collected monthly from each household and air dried. Collected samples for each household were combined per season (wet/rainy, early dry and late dry) and ground. In total 120 fecal samples were prepared for laboratory analysis.

Laboratory analysis of feed and fecal samples

Samples of feed resources in the sites were collected mainly in the early and late dry seasons (from October 2016 to May 2017), air dried and prepared for laboratory analyses. Feed samples were analyzed for dry matter (DM), ash content, nitrogen (N), fiber components (neutral detergent fiber [NDF], acid detergent fiber [ADF], acid detergent lignin [ADL]) and *in vitro* organic matter digestibility (IVOMD) with the near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) technique. Sample fineness for NIRS analysis was 2 mm. The wavelength range to estimate the chemical composition was 1100 to 2500 nanometer. NIRS is an indirect analytical method based on the development of empirical models in which the concentration of a feed constituent is predicted from complex spectral data (De Boever et al., 1995). Crude protein was estimated from nitrogen content (nitrogen \times 6.25). Metabolizable energy (Mcal/kg DM) was derived from IVOMD. The fecal samples were analyzed for DM, organic matter (OM), N, and phosphorus (P) concentrations.

Statistical analysis

Data analysis was performed with SAS (1987) using means procedures for descriptive statistics. The T-test was used to compare the means of demographic events (e.g. birth rate, mortality rate, offtake rate), average daily gains, quantities of manure collected per household and costs and benefits between the control and treatment groups. Unless otherwise specified, the level of significance was set at $p < 0.05$.

RESULTS

Flock structure and dynamics

The average flock size per household at the beginning of the study for sheep was 3.90 ± 0.82 in the control and 5.30 ± 0.81 in the feed and health intervention groups (Table I). The average goat flock size was 4.20 ± 0.97 in the control group and 6.75 ± 1.24 in the treatment one. After a year, the sheep and goat flock sizes of the control group remained mostly the same as those at the beginning of the study, whereas they doubled with feed and health interventions within the same period (Table I). In the treatment group the number of sheep increased from 106 at the beginning of the study to 238 at the end, and the number of goats increased from 135 to 254 (Figure 1). Results on flock dynamics showed significant differences in the birth, mortality and offtake rates between control and treatment groups, e.g.

30.4% mortality rate in the control group versus 13.3% in the treatment group (Table II).

Body weight development and growth

The results showed that feed and health interventions had significant effects on body weight development and ADG of sheep and goats (Table III). The ADG of sheep and goats in the control group were 16.58 ± 2.74 and 22.59 ± 2.29 g/day, respectively, whereas those of sheep and goats in the treatment group were almost double, 47.12 ± 2.73 and 42.98 ± 3.28 g/day, respectively. At one year of age, sheep and goats in the treatment group weighed significantly more than those in the control group (Table III).

Manure production and nutrient content

Results of manure collected from sheep and goats by households under control and feed-health interventions are presented in Table IV.

Table I

Flock composition at the beginning and at the end of the study in two villages (one control, the other with feed and health interventions) in Southern Mali

	Zanzoni Control (n = 20*) (mean \pm SE)	Sirakele Treatment (n = 20*) (mean \pm SE)
Beginning of the study (August 2016)		
Average num. of male sheep	0.75 \pm 0.33 ^a	1.10 \pm 0.25 ^a
Average num. of female sheep	3.15 \pm 0.69 ^a	4.20 \pm 0.70 ^a
Average total num. of sheep	3.90 \pm 0.82 ^a	5.30 \pm 0.81 ^a
Average num. of male goats	0.50 \pm 0.20 ^a	1.60 \pm 0.42 ^b
Average num. of female goats	3.70 \pm 0.81 ^a	5.15 \pm 0.97 ^a
Average total num. of goats	4.20 \pm 0.97 ^a	6.75 \pm 1.24 ^a
End of the study (August 2017)		
Average num. of male sheep	0.65 \pm 0.22 ^a	5.20 \pm 0.93 ^b
Average num. of female sheep	2.95 \pm 0.73 ^a	6.70 \pm 0.93 ^b
Average total num. of sheep	3.60 \pm 0.84 ^a	11.90 \pm 1.56 ^b
Average num. of male goats	1.15 \pm 0.33 ^a	3.90 \pm 0.89 ^b
Average num. of female goats	3.45 \pm 0.72 ^a	8.80 \pm 1.35 ^b
Average total num. of goats	4.60 \pm 0.99 ^a	12.70 \pm 2.04 ^b

* Num. of households; SE: standard error; ^{a,b} Values followed by different super-scripts on the same line are statistically significant ($p < 0.05$).

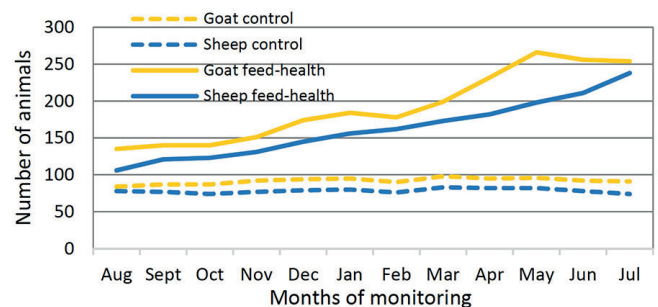


Figure 1: Sheep and goat flock growth in Koutiala District, Southern Mali (August 2016 – August 2017).

Table II

Flock dynamics of sheep and goats in two villages (one control, the other with feed and health interventions) in Southern Mali between August 2016 and August 2017

	Zanzoni Control (n = 20*) (mean ± SE)	Sirakele Treatment (n = 20*) (mean ± SE)
Average num. of births / household	5.72 ± 2.10 ^a	15.20 ± 3.41 ^b
Birth rate (%)	69.9 ± 3.4 ^a	126.7 ± 4.9 ^b
Mortality rate (%)	30.4 ± 2.7 ^a	13.3 ± 3.1 ^b
Offtake rate (%)	30.4 ± 2.9 ^a	38.8 ± 3.1 ^b
Average price / animal sold (FCFA)	19,777 ± 841 ^a	24,887 ± 964 ^b
Average income from animal sale / household (FCFA)	38,537 ± 7,560 ^a	169,125 ± 26,545 ^b
Average num. of animals purchased / household	0.02 ± 0.01 ^a	0.34 ± 0.04 ^a
Average num. of animals slaughtered for consumption / household	0.04 ± 0.02 ^a	0.09 ± 0.02 ^a
Average num. of animals given out as gift / caretaking / household	0.04 ± 0.01 ^a	0.03 ± 0.01 ^a
Average num. of animals received for caretaking / household	0.01 ± 0.01 ^a	0.08 ± 0.03 ^a
Average num. of animals lost to theft / household	0.03 ± 0.01 ^a	0.04 ± 0.02 ^a

* Num. of households; Initially there were 241 sheep and goats in Sirakele, and 162 sheep and goats in Zanzoni; SE: standard error; ^{a,b} Values followed by different superscripts on the same line are statistically significant (p < 0.05).

Table III

Weight and growth of sheep and goats in two villages (one control, the other with feed and health interventions) in Southern Mali between August 2016 and August 2017

	Zanzoni Control		Sirakele Treatment	
	n	(mean ± SE)	n	(mean ± SE)
Goats				
Weight at 1 month (kg)	10	2.45 ± 0.16 ^a	36	2.62 ± 0.09 ^a
Weight at 3 months (kg)	36	5.65 ± 0.17 ^a	101	5.71 ± 0.13 ^a
Weight at 1 year (kg)	14	12.89 ± 0.80 ^a	36	16.78 ± 0.34 ^b
ADG (g/day)	131	22.59 ± 2.29 ^a	311	42.98 ± 3.28 ^b
Sheep				
Weight at 1 month (kg)	6	2.92 ± 0.27 ^a	10	3.00 ± 0.13 ^a
Weight at 3 months (kg)	15	7.23 ± 0.39 ^a	34	6.75 ± 0.22 ^a
Weight at 1 year (kg)	3	18.5 ± 0.76 ^a	17	22.34 ± 0.88 ^b
ADG (g/day)	117	16.58 ± 2.74 ^a	225	47.12 ± 2.73 ^b

SE: standard error; ADG: average daily gain; ^{a,b} Values followed by different superscripts on the same line are statistically significant (p < 0.05).

Table IV

Manure collected from sheep and goats by household in two villages (one control, the other with feed and health interventions) between September 2016 and August 2017 in Southern Mali

	Zanzoni Control (n = 20*) (mean ± SE)	Sirakele Treatment (n = 20*) (mean ± SE)
Early dry season (October–January)		
Collected manure (g DM/day)	815 ± 46 ^a	1729 ± 65 ^b
Collected manure (g DM/animal/day)	96.12 ± 3.78 ^a	119.72 ± 4.55 ^b
Collected manure (g DM/day/animal/kg live weight)	5.14 ± 0.19 ^a	5.88 ± 0.24 ^a
Nitrogen concentration (g/kg DM)	20.95 ± 0.31 ^a	21.35 ± 0.29 ^a
Phosphorus concentration (g/kg DM)	3.76 ± 0.13 ^a	4.96 ± 0.14 ^b
Manure nitrogen output (g/day)	16.48 ± 0.81 ^a	37.03 ± 1.47 ^b
Manure phosphorus output (g/day)	2.81 ± 0.14 ^a	8.64 ± 0.43 ^b
Manure nitrogen output (g/animal/day)	1.98 ± 0.07 ^a	2.57 ± 0.10 ^a
Manure phosphorus output (g/animal/day)	0.35 ± 0.02 ^a	0.60 ± 0.03 ^a
Late dry season (February–May)		
Collected manure (g DM/day)	891 ± 49 ^a	2392 ± 104 ^b
Collected manure (g DM/animal/day)	102 ± 4.06 ^a	121.52 ± 4.52 ^b
Collected manure (g DM/day/animal/kg live weight)	5.67 ± 0.20 ^a	5.68 ± 0.21 ^a
Nitrogen concentration (g/kg DM)	21.15 ± 0.39 ^a	20.89 ± 0.34 ^a
Phosphorus concentration (g/kg DM)	3.89 ± 0.15 ^a	3.74 ± 0.19 ^a
Manure nitrogen output (g/day)	18.74 ± 1.04 ^a	50.51 ± 2.60 ^b
Manure phosphorus output (g/day)	3.29 ± 0.20 ^a	9.04 ± 0.64 ^b
Manure nitrogen output (g/animal/day)	2.14 ± 0.09 ^a	2.52 ± 0.10 ^a
Manure phosphorus output (g/animal/day)	0.38 ± 0.02 ^a	0.45 ± 0.03 ^a
Wet season (June–September)		
Collected manure (g DM/day)	774 ± 41 ^a	2234 ± 104 ^b
Collected manure (g DM/animal/day)	95.54 ± 4.27 ^a	112.27 ± 4.64 ^b
Collected manure (g DM/day/animal/kg live weight)	5.29 ± 0.24 ^a	5.62 ± 0.24 ^a
Nitrogen concentration (g/kg DM)	18.83 ± 0.36 ^a	22.73 ± 0.49 ^b
Phosphorus concentration (g/kg DM)	7.21 ± 0.15 ^a	6.73 ± 0.11 ^a
Manure nitrogen output (g/day)	14.53 ± 0.81 ^a	51.30 ± 2.78 ^b
Manure phosphorus output (g/day)	5.54 ± 0.32 ^a	15.31 ± 0.82 ^b
Manure nitrogen output (g/animal/day)	1.78 ± 0.09 ^a	2.52 ± 0.11 ^a
Manure phosphorus output (g/animal/day)	0.69 ± 0.04 ^a	0.75 ± 0.03 ^a

* Num. of households; SE: standard error; DM: dry matter; ^{a,b} Values followed by different superscripts on the same line are statistically significant (p < 0.05).

The households that received feed-health interventions collected more manure than those under control across all seasons (early dry, late dry and wet seasons). The manure collected was higher in both groups in the late dry season (102 ± 4.06 g DM/animal/day in the control group, and 121.52 ± 4.52 g DM/animal/day in the treatment group) than in the wet season.

Nutritional quality of available feed resources

Apart from natural pastures, the other major feed resources in the sites were crop residues, agro-industrial by-products and browses. Common crop residues included sorghum and cotton straws, cowpea hay and groundnut haulms (Table V). Agro-industrial by-products consisted of cottonseed cakes and maize bran. Cottonseed cakes had the highest crude protein contents. Legume residues (cowpea hay and groundnut haulms) were also high in crude protein and *in vitro* organic matter digestibility. Browses are important feed resources in the late dry season when there is feed scarcity (Umutoni and Ayan-tunde, 2014); they generally had high crude protein content but also high lignin content which limited intake and digestibility (Table V).

Partial cost and benefit analysis

The results of partial cost and benefit analysis of the control and feed-health interventions showed that the net return in the intervention group was slightly higher than that in control (Table VI) although statistically insignificant. The annual net return in the treatment group was $95,349 \pm 25,388$ FCFA per household compared to $88,575 \pm 8,693$ FCFA per household in the control. The sources of revenue were weight gained, manure collected and offtake (Table VI). Costs were for veterinary care and feed.

Table VI

Partial cost and benefit analysis (FCFA/household/year) from sheep and goat rearing in two villages (one control, the other with feed and health interventions) in Southern Mali

	Zanzoni Control (n = 20*) (mean ± SE)	Sirakele Treatment (n = 20*) (mean ± SE)
Revenue from weight gain ¹	46,596 ± 3,364 ^a	241,058 ± 14,189 ^b
Revenue from manure collected ²	5,886 ± 519 ^a	15,474 ± 844 ^b
Revenue from animal sale	38,537 ± 7,560 ^a	169,125 ± 26,549 ^b
Gross return	91,020 ± 8,738 ^a	425,657 ± 34,961 ^b
Supplement (cottonseed cake) cost ³	0 ^a	300,988 ± 17,717 ^b
Veterinary cost ⁴	2,445 ± 176 ^a	29,320 ± 1,725 ^b
Total cost	2,445 ± 176 ^a	330,308 ± 19,442 ^b
Net return	88,575 ± 8,693 ^a	95,349 ± 25,388 ^a

* Num. of households; ¹ 750 FCFA/kg live weight based on average sale price of sheep and goats in livestock markets in Koutiala; ² 20 FCFA/kg air-dried manure; ³ 150 FCFA/kg; ⁴ Pasteurellosis and trypanosomosis vaccinations: 175 FCFA/animal; Treatments and deworming: 200 FCFA/animal/quarter; ^{a,b} Values followed by different superscripts on the same line are statistically significant ($p < 0.05$).

Table V

Chemical composition of the main feed resources for ruminants in the villages of Zanzoni and Sirakele in Southern Mali (% on a DM basis)

Feed	OM	CP	NDF	ADF	ADL	IVOMD	ME
Crop residue							
Cowpea (leaf and stem)	88.46	19.06	36.06	24.57	5.65	72.03	9.83
Groundnut (leaf and stem)	88.67	16.30	54.69	44.22	9.32	61.63	8.85
Cotton (leaf and stem)	95.74	13.01	47.42	20.79	6.09	71.21	9.47
Sorghum (leaf and stem)	94.41	4.23	71.59	46.29	6.38	51.91	7.68
Agro by-product							
Cottonseed cake	89.33	25.15	65.28	43.54	8.35	71.04	9.73
Maize bran	94.13	16.15	42.19	10.08	1.97	74.64	10.44
Herbage							
<i>Cenchrus biflorus</i>	85.28	17.78	49.79	34.31	7.13	65.76	8.96
Browse							
<i>Vitellaria paradoxa</i> (leaf)	90.43	11.15	41.09	32.79	12.64	58.56	8.69
<i>Sclerocarya birrea</i> (leaf)	93.67	14.98	45.28	44.88	18.27	41.06	6.25
<i>Guiera senegalensis</i> (leaf)	96.69	10.97	49.11	43.43	14.89	55.77	8.62
<i>Ziziphus mauritiana</i> (leaf)	93.77	17.76	45.28	30.87	8.77	64.99	9.70
<i>Saba senegalensis</i> (leaf)	90.07	10.12	36.36	28.47	12.69	51.46	7.86

DM: dry matter; OM: organic matter; CP: crude protein; NDF: neutral detergent fiber; ADF: acid detergent fiber; ADL: acid detergent lignin; IVOMD: *in vitro* organic matter digestibility; ME: metabolizable energy (MJ/kg DM)

■ DISCUSSION

Flock structure and dynamics

Females, irrespective of the group, dominated sheep and goat flocks. At least 80% of the sheep flock were female at the beginning of the study, and at least 75% of the goat flock were female at the same period. These results are similar to those reported by Wilson (1986) in the agropastoral system of Central Mali (at least 75% of the sheep and goat flocks). Generally, females dominate the flock for reproduction and flock growth; the offtake rate of male sheep and goats is often high compared to that of females, as males are often sold to meet household cash needs (Ba et al., 1996). In our study, we did not collect sex disaggregated data for the offtake but anecdotal evidence from the participating households who supported the claim that offtake was higher in males than in females. Generally, the number of available animals, ready cash needs, prevailing market prices, age and condition of the animals influenced the offtake. Interventions that led to a significant increase in the flock size will tend to increase offtake as shown by the significant difference between the offtake rates in the two groups in our study. In Mali and other West Africa Sahelian countries, sale of small ruminants is one of the key strategies to cope with crop failure (Lebbie, 2004). The annual offtake rates for sheep and goat flocks in our study were similar to those of 29.5% reported by Ejlersen et al. (2012) in Southern Mali. Wilson (1986) reported lower offtake rates (19–26%) for small ruminants in agropastoral systems in Central Mali.

The average sheep and goat flock size per household at the beginning of the study was lower than that of 9.48 and 23.57, respectively, reported by Wilson (1986) in agropastoral flocks in Central Mali. The larger flock size in agropastoral flocks than in mixed crop-livestock flocks in Southern Mali is to be expected as the farmers are more oriented toward cropping than rearing livestock, whereas agropastoralists are livestock keepers by tradition although they have settled down to grow crops (Ayantunde et al., 2011).

Feed and health interventions also led to a significant increase in the flock size of sheep and goats within a short period through better reproductive and growth performance. Ba et al. (1996) reported similar results in Mali when introducing health treatment alone. Konlan et al. (2017), and Avornyo et al. (2015) also reported synergistic benefits of the combined effect of providing concentrate feed and healthcare to small ruminants kept by smallholder farmers in Northern Ghana.

The results on flock dynamics confirmed that the mortality rate is always high in a small ruminant flock without adequate healthcare and nutrition (Konlan et al., 2017). According to Wilson (1986), the mortality rate can be up to 30% in sheep and goat flocks in Central Mali extensive livestock systems, where healthcare is inadequate and nutrition poor, particularly in the dry season. Ejlersen et al. (2012) reported mortality rates of 25–32% in sheep flocks and 13–23% in goat flocks in Southern Mali based on a recall survey. The major causes of death in both sites were similar, namely respiratory problems, diarrheas and fever, losses due to predators, and injuries. Ba et al. (1996) reported similar causes of death in small ruminant flocks in a semi-arid area of Mali. There has not been any report on an animal disease only present in the control site, but a disease could have contributed to the high mortality rate we observed there.

Body weight development and growth

The ADG values for sheep and goats in the control and treatment groups were similar to those reported by Avornyo et al. (2015) for sheep and goats, and by Konlan et al. (2017) for sheep in studies on feed supplementation and provision of healthcare (17.8 and 45.4 g/day for sheep under control and healthcare, respectively). The live weights of goats and sheep at 3 and 12 months in our study were lower than those

reported by Wilson (1986) with 7 kg for goats and 9 kg for sheep at 3 months, and 18 kg for goats and 24 kg for sheep at 12 months of age. This could be attributed mostly to differences in feeding levels, as well as to the breed, as the Sahelian long-legged is the main sheep and goat breed in the agropastoral systems of Central Mali; it is heavier than the West Africa Dwarf, the dominant breed in Southern Mali. The higher body weight of sheep and goats starting at four months of age and significant at one year suggests that the effect of supplementary feeding and healthcare on body weight development is cumulative.

Manure production and nutrient content

The results showed that feed and health interventions were also beneficial for soil fertility improvement as the farmers could collect more manure to apply to their crop fields. The main challenge of manure collected at homesteads was transportation to the crop field, particularly if it was far from the village. The higher quantities of manure collected in the late dry season than in the wet season could be attributed to the longer time spent by the animals around the homestead in the late dry season since there was nearly no feed in grazing areas at this period. In the wet season, it was generally more difficult to collect manure as the water content in feces was high. The amounts of manure collected from animals in both groups (Table IV) were much lower than those of 10 to 13 g DM / kg live weight / day reported by Ayantunde et al. (2007) in sheep under feeding trials using fecal collection bags. This shows that there were losses in the collection of manure by farmers in our study. Actually, the manure deposited by the animals during grazing could not be collected and this could explain the lower quantities recorded.

The nitrogen and phosphorus concentrations in the manure in our study were much higher than those of 10.7 to 12.8 g/kg DM and 1.9 to 2.8 g/kg DM, respectively, reported by Ayantunde et al. (2007) with sheep fed groundnut haulms as a supplement in the early dry season in Niger. The higher values in our study could be partly attributed to a better quality feed in Southern Mali than millet straw used as basal feed, and groundnut haulms used as a supplement in Ayantunde et al. (2007), since a high nutrient feed will generally result in a higher nutrient content in manure (Ayantunde et al., 2018). The manure had been permeated by urine, feedstuffs offered to the animals and dust, which might also have contributed to the higher values obtained in this study. Indeed the manure collected by the households to spread on crop fields was often a mixture of feces and urine, showing that some nutrients returned to the soil. Higher manure nitrogen and phosphorus contents were observed in the treatment group than in the control group, again confirming that better nutrition results in better manure quality.

Nutritional quality of available feed resources

The crude protein contents of cowpea hay and groundnut haulms in this study were higher than those reported by Umutoni and Ayantunde (2014). This could be attributed to the period of collection (immediately after the grain harvest in October) and the associated differences in the leaf to stem ratio. Legume residues such as cowpea hay and groundnut haulms are usually collected immediately after harvest in the early dry season, then stored and used to feed the animals in the dry season or sometimes sold as prices are often high (Ayantunde et al., 2014). Cereal straws are usually left on the field to be grazed by the animals. However, some farmers collect and store them to feed the household flocks. The quantity and quality of feed resources decreased as the dry season progressed. In addition, the availability of crop residues decreased as the dry season progressed while that of browse increased. Fodder trees and shrubs play an important role in ruminant nutrition in the late dry season (March to May) in the West African Sahel (Ickowicz and Mbaye, 2001). Browsers are major feed resources in the late dry season when there is feed scarcity (Umutoni

and Ayantunde, 2014) and they generally have a high crude protein content, but they are high in lignin content which limits intake and digestibility. The preference for browse species varied according to the season and the animal species. Goats tended to prefer browses compared to sheep; hence, browses are a significant part of the goat diet during the late dry season (Zampaligré et al., 2013).

Partial cost and benefit analysis

The results showed that traditional small ruminant production with low inputs (no supplementary feeds and minimal health interventions) is profitable provided there is no major disease outbreak, which could explain why smallholder farmers rear them. However, the farmers could generate more revenues by providing supplementary feed and healthcare to their small ruminants. For households with large size flocks, it is not only profitable but it is also advised to provide supplementary feed and standard healthcare (vaccination against PPR and pasteurellosis, deworming and curative measures) to their animals. With reported mortality rate of 80% (Ba et al., 1996) the risk is high to lose most of the animals in the event of a major disease outbreak such as PPR. The annual profits reported in this study were lower than those of 362,700 FCFA obtained from 100 dairy sheep, and 476,400 FCFA obtained with 100 dairy goats by Nantoumé et al. (2011) in Kaye region of Mali. If the annual profits reported by Nantoumé et al. (2011) were adjusted to the flock size in our study, the annual profits in our study would be higher than the returns from dairy sheep and goats. Our results confirmed that feed and health interventions to improve small ruminant production could be profitable. It is however critical to provide farmers with access to animal care services.

Crop residues, particularly leguminous crop residues such as cowpea hay or groundnut hay could be used as feed supplements instead of very expensive cottonseed cakes to reduce feed cost. In addition, in the area context, health intervention alone (vaccination against PPR, pasteurellosis and trypanosomosis at a cost of 175 CFA per animal) might be much more profitable than combined health and feed interventions. This could be elucidated through further research involving four groups (control, feed supplementation alone, health intervention alone, combined feed and health) instead of the two of this study.

CONCLUSION

Feed and health interventions led to profitable flock growth of sheep and goats within a short period by the significant increase in the birth rate and reduction of the mortality rate. This rapid flock growth increased off-take opportunities for the households. Supplementary feeding improved body weight development and increased the quantities of manure available to fertilize crop fields. Traditional small ruminant production with low external inputs is profitable as long as there is no major disease outbreak and there is a good feed resource base as in Southern Mali, but some additional income can be generated if the household invests in supplementary feeding and healthcare of the flock. This study showed that small ruminant husbandry could be profitable even with provision of supplementary feed and healthcare. However, the main challenge the smallholder farmers may face is the unavailability of veterinary services.

Acknowledgments

We are grateful to the farmers in Sirakele and Zanzoni in Koutiala District for their kind participation. Furthermore, we thank the Association malienne d'éveil pour le développement durable (AMEDD) for their support in data collection. This study was conducted under the Feed the Future Africa RISING project in West Africa funded by USAID. The authors are solely responsible for the opinions expressed in this paper.

Author contributions statement

AAA participated in the design and planning of the study, wrote the first draft and reviewed the manuscript; CU participated in the planning of the study and reviewed the manuscript; TD, KS and OS participated in the planning of the study and collected the data; all authors authorize the submission of the final version for publication.

REFERENCES

- Avoronyo F.K., Ayantunde A., Shaibu M.T., Konlan S.P., Karbo N., 2015. Effect of feed and health packages on the performance of village small ruminants in Northern Ghana. *Int. J. Livest. Res.*, **5**: 91-95, DOI 10.5455/ijlr.20150717102356
- Ayantunde A.A., Blummel M., Grings E., Duncan A.J., 2014. Price and quality of livestock feeds in suburban markets of West Africa's Sahel: Case study from Bamako, Mali. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **67** (1): 13-21, doi: 10.19182/remvt.10155
- Ayantunde A.A., de Leeuw J., Turner M.D., Said M., 2011. Challenges of assessing the sustainability of (agro) pastoral systems. *Livest. Sci.*, **139**: 30-43, doi: 10.1016/j.livsci.2011.03.019
- Ayantunde A.A., Delfosse P., Fernández-Rivera S., Gerard B., Dan Gomma A., 2007. Supplementation with groundnut haulms for sheep fattening in the West African Sahel. *Trop. Anim. Health Prod.*, **39**: 207-216, doi: 10.1007/s11250-007-9009-1
- Ayantunde A., Hiernaux P., Fernandez-Rivera S., Sangare M., 2018. Nutrient management in livestock systems in West Africa Sahel with emphasis on feed and grazing management. In: Improving the profitability, sustainability and efficiency of nutrients through site specific fertilizer recommendations in West Africa agro-ecosystems (Eds. Bationo A., Ngaradoum D., Youl S., Lompo F., Fening J.). Springer, Cham, UK, 11-23, doi: 10.1007/978-3-319-58789-9_2
- Ba S.B., Udo H.M.J., Zwart D., 1996. Impact of veterinary treatments on goat mortality and off-take in the semi-arid area of Mali. *Small Rum. Res.*, **19**: 1-8, doi: 10.1016/0921-4488(95)00740-7
- Ben Salem H., Smith T., 2008. Feeding strategies to increase small ruminant production in dry environments. *Small Rum. Res.*, **77**: 174-194, doi: 10.1016/j.smallrumres.2008.03.008
- De Boever J.L., Cottyn B.G., Vanacker J.M., Boucque C.V., 1995. The use of NIRS to predict the chemical composition and the energy value of compound feeds for cattle. *Anim. Feed Sci. Tech.*, **51**: 243-253, doi: 10.1016/0377-8401(94)00695-6
- Ejlertsen M., Poole J., Marshall K., 2012. Sustainable management of globally significant endemic ruminant livestock in West Africa: Estimates of livestock demographic parameters in Mali; Res. Rep. 31. ILRI, Nairobi, Kenya
- Ickowicz A., Mbaye M., 2001. Forêts soudanaises et alimentation des bovins au Sénégal: potentiel et limites. *Bois For. Trop.*, **55**: 47-61
- Konlan S.P., Ayantunde A., Addah W., Dei H.K., 2017. The combined effects of the provision of feed and healthcare on nutrient utilization and growth performance of sheep during the early or late dry season. *Trop. Anim. Health Prod.*, **49**: 1423-1430, doi: 10.1007/s11250-017-1343-3
- Lebbie S.H.B., 2004. Goats under household conditions. *Small Rum. Res.*, **51**: 131-136, doi: 10.1016/j.smallrumres.2003.08.015
- Nantoumé H., Kouriba A., Diarra C.H.T., Coulibaly D., 2011. Amélioration de la productivité des petits ruminants : moyen de diversification des revenus et de lutte contre l'insécurité alimentaire. *Livest. Res. Rural Dev.*, **23** (5), 110
- SAS Institute, 1987. SAS/STAT for personal computers. Cary, NC, USA, SAS Institute
- Umutoni C., Ayantunde A.A. 2014. Evaluation of feed resources in mixed crop-livestock systems in the Sudano-Sahelian zone of Mali. Africa RISING Project. Tech. Rep. May 2014. ILRI, Nairobi, Kenya
- Wilson R.T., 1986. Livestock production in central Mali: Long-term studies on cattle and small ruminants in the agro-pastoral systems. Res. Rep. 14. ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, 113 p.
- Wilson R.T., 1991. Small ruminant production and small ruminant genetic resource in tropical Africa. FAO, Rome, Italy, 231 p. (Animal Prod. Health Paper; 88)
- Zampaligré N., Dossa H.L., Schlecht E., 2013. Contribution of browse to ruminant nutrition across three agro-ecological zones of Burkina Faso. *J. Arid Environ.*, **95**: 55-64, doi: 10.1016/j.jaridenv.2013.03.011

Résumé

Ayantunde A.A., Umutoni C., Dembele T., Seydou K., Samake O.
Effets des interventions alimentaire et sanitaire sur la production des petits ruminants dans les systèmes de production mixtes agriculture-élevage au sud du Mali

Les petits ruminants font partie intégrante des systèmes de production mixtes agriculture-élevage au Mali et jouent divers rôles dans la sécurité alimentaire des ménages en tant que sources de viande et de lait, et de moyens de revenus supplémentaires pour répondre aux besoins alimentaires et péculinaires. Cependant, la production des petits ruminants est compromise par la mauvaise performance des animaux, principalement due à une alimentation inadéquate et aux maladies. Une étude pilote associant des interventions alimentaire et sanitaire a été menée dans deux villages, Sirakele et Zanzoni, dans le district de Koutiala dans le sud du pays. L'objectif était d'évaluer les effets de ces interventions combinées sur la production de petits ruminants dans des systèmes mixtes de culture et d'élevage. Zanzoni a servi de témoin tandis que Sirakele a bénéficié d'interventions alimentaire et sanitaire. Vingt ménages ont été sélectionnés au hasard dans chaque village et l'étude a duré un an, d'août 2016 à août 2017. Les résultats ont montré que, sur une année, la taille moyenne des troupeaux de chèvres et d'ovins a doublé dans le groupe avec interventions alimentaire et sanitaire, alors qu'elle est restée quasi la même dans le groupe témoin. Le taux de mortalité a été significativement plus faible dans le groupe avec traitement que dans le groupe témoin. De plus, les gains de poids des chèvres et des ovins ont été respectivement de $42,98 \pm 3,28$ et $47,12 \pm 2,73$ g/jour dans le groupe avec traitement, alors qu'ils n'ont été que de $22,59 \pm 2,29$ et $16,58 \pm 2,74$ g/jour dans le groupe témoin. Les résultats ont confirmé que les interventions alimentaire et sanitaire amélioreraient significativement la production des petits ruminants.

Mots-clés : petits ruminants, effectif du cheptel, polyculture élevage, sécurité alimentaire des ménages, Sahel

Resumen

Ayantunde A.A., Umutoni C., Dembele T., Seydou K., Samake O.
Efectos de intervenciones en la alimentación y la salud sobre la producción de pequeños rumiantes en sistemas mixtos agrícola-ganaderos en el sur de Malí

En Malí, los pequeños rumiantes son una parte integral de los sistemas mixtos de agricultura y ganadería, cumpliendo diversos roles en la seguridad alimentaria de los hogares, como fuentes de carne y leche, así como fuentes de ingresos adicionales para satisfacer las necesidades alimenticias y financieras. Sin embargo, la producción de pequeños rumiantes se ve afectada por el bajo rendimiento de los animales, debido principalmente a una nutrición inadecuada y a enfermedades. Se realizó un estudio piloto que combinó intervenciones sobre la alimentación y la salud en dos aldeas, Sirakele y Zanzoni en el distrito de Koutiala, en el sur del país. El objetivo fue evaluar los efectos de las intervenciones combinadas en la producción de pequeños rumiantes en sistemas mixtos de cultivos y ganado. Zanzoni sirvió como control, y Sirakele recibió intervenciones sobre la alimentación y la salud. Veinte hogares fueron seleccionados al azar en cada aldea y el estudio duró un año, de agosto de 2016 a agosto de 2017. Los resultados mostraron que, en un año, el tamaño promedio de los rebaños de cabras y ovejas en el grupo de intervención sobre los alimentos y la salud se duplicó, mientras que en el grupo control se mantuvo más o menos igual. La tasa de mortalidad fue significativamente menor en el grupo de tratamiento que en el control. Además, las cabras y las ovejas ganaron $42,98 \pm 3,28$ y $47,12 \pm 2,73$ g/día en el grupo de tratamiento, respectivamente, mientras que solo ganaron $22,59 \pm 2,29$ y $16,58 \pm 2,74$ g/día en el grupo de control, respectivamente. Los resultados confirmaron que las intervenciones sobre la alimentación y la salud mejoraron significativamente la producción de pequeños rumiantes.

Palabras clave: pequeños rumiantes, número de cabezas, explotación agrícola combinada, seguridad alimentaria en el hogar, Sahel

Pig populations at risk of *Taenia solium* cysticercosis and subsequent financial losses in West and Central Africa

Emmanuel Assana^{1*} Julius Awah-Ndukum¹
André Pagnah Zoli¹ Clément Agnem Etchike¹
Aristide Sassa Mebenga¹ Vitalis Chepnda²
Meritxell Donadeu^{3,4} Baptiste Dungu⁵

Keywords

Swine, cysticercosis, *Taenia solium*, simulation models, stochastic models, West Africa, Central Africa, Africa South of Sahara

Submitted: 14 July 2017
Accepted: 5 June 2019
Published: 12 July 2019
DOI: 10.19182/remvt.31257

Summary

Taenia solium cysticercosis is a serious problem for pig breeders and a major public health risk in Africa. There is growing interest in eradicating porcine cysticercosis in endemic areas to reduce or eliminate indirectly human taeniasis and neurocysticercosis. However, there is a lack of reliable data on pig populations affected by the disease because of the unavailability of specific diagnostic tools. A stochastic model helped to estimate pig populations at risk of *T. solium* cysticercosis, prevalence of the disease, and related financial losses in West and Central Africa. Results revealed that over 16 million pigs (95% confidence interval [CI]: 13.7–20.1) were kept in conditions favorable to *T. solium* cysticercosis. The estimated number of pigs infected with this disease was 6.89 million (95% CI: 4.26–9.88), i.e. 30.0% prevalence (95% CI: 26.6–43.8). The estimated direct financial losses for pig farmers and traders were 165 million euros (95% CI: 117.2–213.0). The study highlights the needs to raise awareness on the situation and implement control measures against *T. solium* taeniasis/cysticercosis in both regions.

■ How to quote this article: Assana E., Awah-Ndukum J., Zoli A.P., Etchike C.A., Mebenga A.S., Chepnda V., Donadeu M., Dungu B., 2019. Pig populations at risk of *Taenia solium* cysticercosis and subsequent financial losses in West and Central Africa. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 72 (2): 73-81, doi: 10.19182/remvt.31257

■ INTRODUCTION

Taenia solium taeniasis/cysticercosis, a parasitic zoonotic disease transmitted between pigs and humans, is endemic in most of sub-Saharan Africa where its persistence is associated with poor sanitary conditions including open-air defecation, free-range pig husbandry, lack of awareness or control of diseases using available tools (Assana et al., 2013). The life cycle of *T. solium* involves humans as the natural

definitive hosts for the adult tapeworm, which lodges in the intestines of individuals. In the conditions where latrines are unavailable or not used, eggs of the tapeworm are released with the human feces in the environment. Following ingestion by pigs, eggs hatch and oncospheres develop in pig tissues causing porcine cysticercosis. The life cycle of the parasite is completed when uncooked contaminated pork is consumed by humans, leading to intestinal adult tapeworm infection (taeniasis). Humans may also be infected by cysticerci following accidental ingestion of *T. solium* eggs. In humans, cysticerci may establish in the brain, causing neurocysticercosis (NCC). NCC-associated epilepsy was recently considered as the parasitic food-borne infection having the largest number of disability adjusted life years (DALY) in the world (Torgerson et al., 2015). There has been a growing urge to eliminate *T. solium* porcine cysticercosis using vaccination and treatment of pigs to reduce or eliminate indirectly the burden of human taeniasis and neurocysticercosis in endemic areas including Africa. However, there is a dearth of information on the epidemiology of the disease and pig production systems in Africa. Comprehensive reliable epidemiological data on the size and distribution of pigs at risk of cysticercosis and infected pigs are essential to understand the disease importance in pig populations for an effective control

1. The University of Ngaoundere, School of Veterinary Medicine and Sciences, PO Box 454, Ngaoundere, Cameroon.
2. Ministry of Livestock, Fisheries and Animal Industries, National Program for the Prevention and Control of Zoonoses, Yaounde, Cameroon.
3. The University of Melbourne, Faculty of Veterinary and Agricultural Sciences, Veterinary Clinical Centre, Werribee, Victoria 3030, Australia.
4. Initiative for Neglected Animal Diseases (INAND), Midrand, South Africa.
5. MCI, Santé animale, Mohammedia 28810, Maroc

* Corresponding author
Tel.: +237 79 85 63 32
Email: assana_e@yahoo.fr; e.assana@univ-ndere.cm



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

program. Moreover, as recently highlighted, an economic assessment used more extensively would identify priority animal diseases to be tackled (Roger et al., 2017).

Funding agencies have a limited research interest in pig production in Africa. Subsequently, pigs are the least well-known of all major species of domestic livestock in the continent (Blench, 2000). In most countries of sub-Saharan Africa, government involvement in pig production is linked to regulation with regard to surveillance of the African swine fever. Pig production and marketing systems are not structured. Lack of interest in controlling *T. solium* cysticercosis and unavailability of appropriate and specific diagnostic tools have been reported (Assana et al., 2013; Braae et al., 2015).

The diagnostic tools used to collect epidemiological data on porcine cysticercosis are tongue palpation, meat inspection and serological tests. The carcass inspection of pigs described in the literature concerns mainly abattoir surveys for the examination of different muscles for the presence of *T. solium* cysticerci. There are few studies on porcine cysticercosis using village-based field surveys in Africa. On the other hand, tongue inspection is applied for detection of cysts in live pigs in certain areas in endemic countries (Assana et al., 2001; Dorny et al., 2004). In many cases, some infected pigs are excluded before reaching the abattoir or the pig markets (Praet et al., 2010). Moreover, the sensitivity of tongue palpation and meat inspection is low (Dorny et al., 2004). Evidently, porcine *T. solium* cysticercosis is underreported in the epidemiological studies using these methods. Nevertheless, both tongue palpation and meat inspection methods have a specificity approaching 100% indicating that cysticerci identified by these methods classify the animal as true infected with *T. solium* cysticercosis (Dorny et al., 2004). Therefore, at the present time meat inspection and tongue palpation are the only practical and cost-effective techniques available for the diagnosis of porcine *T. solium* cysticercosis under field conditions (Guyatt and Fèvre, 2016).

Concerning immunodiagnosis of porcine cysticercosis, the most frequently used test in epidemiological studies conducted in West and Central Africa is a monoclonal antibody-based antigen detection ELISA (B158/B60 Ag-ELISA), which does not allow differentiating *T. solium* from *T. hydatigena* (Dorny et al., 2004; Dermauw et al., 2016). It is clear that this serological test has overestimated the real prevalence of porcine *T. solium* cysticercosis in the endemic areas of West and Central Africa, where *T. hydatigena* was present in studies carried out during the past two decades (Assana et al., 2013; Braae et al., 2015). In the studies conducted in Africa, the prevalence of meat and tongue cyst-positive pigs was lower than the prevalence of antigen-positive pigs (Guyatt and Fèvre, 2016). Subsequently, critical views have been raised to indicate that most positive pigs presented in the epidemiological studies in Africa in the past decades using Ag-ELISA are often not infected with any cysticercosis (Lightowlers et al., 2016).

Concerning the burden of *T. solium* cysticercosis, there is only one source of data on estimated losses caused by the disease in West and Central Africa published more than a decade ago (Zoli et al., 2003). New data have been obtained on cysticercosis since 2003 in many other countries in the regions. It has been suggested that the previous estimates of the occurrence of porcine *T. solium* infection using Ag-ELISA in Africa in the past decades and the burden estimates for pig farmers have to be adjusted (Dermauw et al., 2016). In this context, our study used data from tongue and meat inspection in combination with information on pig farming systems in a comprehensive stochastic model to determine the size of pig populations at risk of *T. solium* infection, the expected prevalence of the disease, and related financial losses for pig farmers in West and Central Africa. We emphasized the agricultural burden caused by this zoonosis in the regions.

■ MATERIALS AND METHODS

Study area

In this study, 28 countries are considered to belong to West and Central Africa regions (Zoli et al., 2003). South Sudan has been included in the Central Africa region since its independence in 2011. All major species of domestic livestock are reared in these regions.

Central Africa comprises 13 countries (Angola, Burundi, Cameroon, Central African Republic, Chad, Congo, Democratic Republic of Congo, Equatorial Guinea, Gabon, Rwanda, Sao Tome and Principe, South Sudan and Zambia). According to country statistics (www.geonames.org), the region has a population of 167,082,216 inhabitants in a total area of 7,734,364 square kilometers. Extending from the equatorial forest of Congo Basin to the Saharan desert zone of the north of Chad, it holds various characteristics and climates. The population is largely engaged in rural activities that include crop and animal productions.

West Africa comprises 15 countries (Benin, Burkina Faso, Cabo Verde, Cote d'Ivoire, Gambia, Ghana, Guinea, Guinea Bissau, Liberia, Mali, Niger, Nigeria, Senegal, Sierra Leone, Togo). The total human population is 296,203,410 in an area of 5,012,903 km² with the highest population in Nigeria (www.geonames.org). The area holds much sociocultural, economic, demographic and religious diversity. Similarly to Central Africa, the human population is mainly engaged in agricultural activity.

Cultural and linguistic evidences and local pig breeds strongly suggest that pig keeping was common in many areas of West and Central Africa before the introduction of exotic breeds from Europe in the fifteenth century (Blench, 2000). Pig production has increased during the past decade from 5% to 10% (Porphyre, 2009; FAO, 2017). However, the African swine fever remains a major limiting factor for the development of modern pig production in both regions.

Pig populations at risk of infection with *T. solium* cysticercosis

The parameters used to estimate pig populations at risk of *T. solium* cysticercosis infection in West and Central Africa are presented in Tables I and II and Figure 1. These parameters were gathered from a comprehensive literature review of published community studies on pig management, environmental conditions favoring *T. solium* transmission, and epidemiological data on porcine cysticercosis in West and Central Africa. Experts also provided additional unpublished data. Data on pig populations in each country were compiled from the Food and Agriculture Organisation database (FAO, 2017).

Pig management systems

Pig management systems in West and Central Africa are presented in Table II. Pigs were mainly kept by small-scale farmers under traditional systems, which represented 60–90% of total pig populations in the regions. Briefly, there were the scavenging system where the pig searched for its own feed, the semi-intensive system where the majority of the feed consisted of domestic waste and the animals were enclosed only during the night, and the intensive system where the animals were provided feed and housing. In the scavenging system, animals had access to home scraps and waste including human feces when latrines were not used. During the cropping and rainy seasons, pigs were kept in enclosures but were released after the crop harvest and dry seasons to roam freely.

Factors favoring porcine *T. solium* cysticercosis

An exposure factor for cysticercosis infection is defined in this study as the environment where the life cycle of *T. solium* is completed. Several conditions favoring *T. solium* transmission have been reported in endemic areas of Africa (Tables I and II). These conditions among

Table IParameters to estimate the number of pigs at risk of *Taenia solium* cysticercosis infection, and related losses in West and Central Africa

Parameters	Distribution	Value/range	References
Live pig production	Fixed	22,562,685	FAO, 2017
Live pig population in each country	Fixed	6,800–7,066,905	FAO, 2017
Pork in each country (tons)	Fixed	115–239,400	
Herd size (small-scale farmers)	Gamma	4–10 Probable: 6.9	Survey in Cameroon (Assana, unpubl. data) Survey in Senegal (A. Teko-Agbo, pers. commun.)
Population at risk of infection (%)	Uniform	60–90	Porphyre, 2009
Prevalence of porcine cysticercosis in each country determined by tongue or meat exam	Uniform	0.2–39	Res. literature (Table III)
Heavily infected pigs destroyed at slaughterhouses	Beta	13,114	Survey in Cameroon (G. Nsingo, pers. commun.)
Intervention cost (pig treatment/farmer) (€)	Uniform	0.4–1.5	Survey in Cameroon (G. Nsingo, pers. commun.)
Losses caused by porcine cysticercosis	Fixed	30% of price of adult pig	Praet et al., 2009
Pig price at the market (€)	Uniform	70–122	Survey in Cameroon (G. Nsingo, pers. commun.) Survey in Senegal (A. Teko-Agbo, pers. commun.) Survey in Benin (Goussanou et al., 2013)
Pig price at the trader's level (€)	Uniform	90–180	
Num. of pigs a farmer can sell / year	Uniform	2–6	Survey in Cameroon (Assana, unpubl. data)

Table IIPig management systems as main sources of exposure to *Taenia solium* infection in West and Central Africa

Systems	Housing	Ownership	Feeding	% (systems)	References
Scavenging	None	Often communal	None	5–9	Antunes et al., 2015
	Construction from local materials Confinement at night and during a period in the year	Individual	None or only when animals are confined during a short period in the year	20–40	Assana et al., 2001; Antunes et al., 2015
Herded	None	Individual	Seasonal diet		Blench, 2000
Tethered	None	Individual	Household waste	1–5	Blench, 2000
Semi-intensive	Semi-permanent construction from local materials	Individual smallholders	Household waste, millet brew waste, millet and maize bran and sometimes grown grass Animal are free during the dry season when crops are harvested in many rural areas	60–90	Blench, 2000; Gweba et al., 2010; Ngowi et al., 2017
Intensive	Modern pen made of concrete with zinc roofing Semi-permanent construction from local materials	Urban-based entrepreneurs and businessmen Small size intensive pig farm in rural areas	Agro-industrial by-products Household waste and concentrate in small-size pig farms	10	Ngwing et al., 2012

others include poor quality of life in rural areas, inadequate access to latrines, financial and knowledge constraints leading to major limitations to improved pig management and latrine building, open defecation enhanced by a lack of knowledge regarding transmission of the parasite, financial barriers to implement control measures, and lack of public sensitization (Ngowi et al., 2017). Except for Muslim localities, all areas in West and Central Africa where pigs are traditionally reared

had environmental conditions that favor transmission of *T. solium* cysticercosis.

Epidemiological data on porcine cysticercosis

Epidemiological data showed irregular reporting of porcine cysticercosis in West and central Africa; the diagnostic methods used were

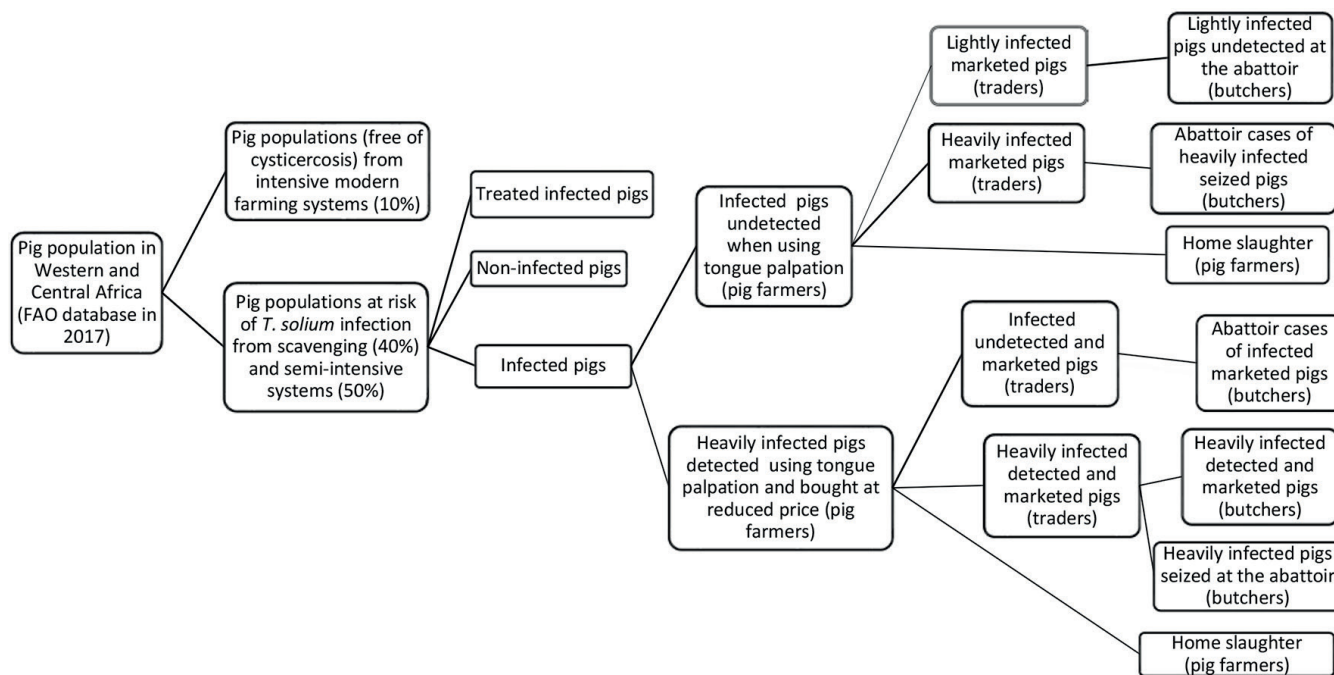


Figure 1: Flowchart to estimate the number of pigs at risk of Taenia solium infection and infected pigs in West and Central Africa.

tongue examination, meat inspection and serology (Table III). However, the extensive seroepidemiological data available on porcine cysticercosis were not used in this study. Cross-reaction between *T. hydatigena* and *T. solium* in serological tests could overestimate the real

prevalence of porcine *T. solium* cysticercosis in endemic areas where *T. hydatigena* was present. Although data on *T. hydatigena* in pigs have been reported in a few countries including Nigeria (Fabiya, 1979), Ghana (Permin et al., 1999), Burkina Faso (Dermauw et al., 2016) and Zambia (Chembensofu et al., 2017), this parasite could be common in pigs in West and Central Africa along with *T. solium*. Moreover, transient antibody responses and short-term antigen presence have been reported in *T. solium* cysticercosis serology in humans (Mwape et al., 2013), which might be the case for porcine cysticercosis.

Table III

Taenia sp. prevalence in pigs from tongue or meat inspection in West and Central Africa

Countries	Prevalence (%)	References
Angola	6.8	Kama, 1998
Benin	3.7–8.4	Goussanou et al., 2013
Burkina Faso	0.6–30*	Geerts et al.; 2004, Dermauw et al., 2016
Burundi	2–39	Newell et al., 1997
Cameroon	11–22	Assana et al., 2001; Ngwing et al., 2012
Chad	16.2–26	Assana et al., 2001
Cote d'Ivoire	2.5	Geerts et al., 2004
DRC	5.5–10	Praet et al., 2010
Gambia	0.2	Secka et al., 2010
Ghana	11.7	Permin et al., 1999
Nigeria	5.8–20.5	Onah and Chiejina, 1995; Gweba et al., 2010
Rwanda	20	Geerts et al., 2004
Senegal	1.2	Secka et al., 2010
Togo	17	Dumas et al., 1990
Zambia	10.8	Sikasunge et al., 2008

DRC: Democratic Republic of Congo

* This prevalence at abattoir level is underestimated. In Burkina Faso pigs perceived to be infected based on tongue palpation are rarely sent to official abattoirs (Dermauw et al., 2016). The seroprevalence of porcine cysticercosis (antigen detection) is approximated 40% (Ganaba et al., 2011; Dermauw et al., 2016) within which PCR results showed that only one quarter could be *T. hydatigena* antigen. Thus 30% of pigs infected with *T. solium* were detected at farm level by tongue palpation and excluded from the abattoir.

Annual financial losses caused by porcine cysticercosis

The pork trade chain involves farmers, traders, butchers, retailers and consumers (Figure 1). In many areas of endemic countries, traders examine the pig's tongue and the pig's price depends on the presence or absence of cysts. Once purchased, the trader transports the pig to a butcher or a retailer. The latter will make sure that the pig's tongue is free of cysts. At the abattoir, the entire infected animal can be lost. It is assumed that pork with a high cyst burden is more detectable than pork with a low cyst burden. In the present study, economic losses for pig keepers were estimated based on 30% reduction of the price of a cysticercosis-infected pig in Cameroon (Praet et al., 2009; Ngwing et al., 2012). The purchase price of a healthy pig has been reported in Benin (Goussanou et al., 2013) and Cameroon (Ministry of Livestock, Fisheries and Animal Industries) and ranges from 70 to 122 euros (45,000 to 80,000 CFA francs from Central Africa [XAF]) and 90 to 180 € (60,000 to 118,000 XAF) at the level of pig farmers and traders, respectively. For the economic losses at the level of butchers, the number of carcasses destroyed or seized in the abattoir of Yaounde in Cameroon (G. Nsingo, 2013, pers. commun.), Senegal (A. Teko-Agbo, 2012, pers. commun.) and Benin (Goussanou et al., 2013) was assumed to be similar to those in the other countries of West and Central Africa.

The cost of interventions such as treatment of animals was estimated based on information obtained from Cameroon, Tanzania and Uganda (E. Assana and S. Gumbi, unpubl. data). In Cameroon, pig farmers usually try to treat their pigs if they find them infected during routine tongue palpation before bringing them to the market. For this purpose, they do self-prescription and use indigenous products (E. Assana, unpubl. data).

R model

We used the R model described by Praet et al. (2009) and Trevisan et al. (2017). Briefly, R software (Development Core Team, version 3.4.0) uses the Markov Chain Monte Carlo (MCMC) technique and allows calculating 95% confidence intervals. The parameters compiled in Table I were used to build the R function. A flowchart was constructed to estimate the proportion of pig populations at risk of infection with *T. solium* and of infected animals (Figure 1).

To estimate the prevalence of porcine cysticercosis, the sensitivity of meat inspection and tongue examination as visual tests was considered to be between 20–50% and specificity was assumed to be 100% (Dorny et al., 2004). Consequently, many infected carcasses were missed and only the heavily infected ones were detected by these tests. Moreover, observations in abattoirs in Cameroon showed that about 10% of infected pigs were condemned during veterinary inspections (G. Nsingo, unpubl. data), the rest was marketed at normal prices. Similar

findings have been reported in Benin (Goussanou et al., 2013). The expected true number of infected pigs and true prevalence of porcine cysticercosis were computed with the R model based on the characteristics of tongue and meat inspection as diagnostic tools (Table IV). The R function was simulated from 10,000 to 200,000 iterations to compute the optimal number of pigs at risk of *T. solium* infection, the number of infected pigs, the expected prevalence of porcine cysticercosis, and the related cost. Different probabilistic distributions were used according to the information available on each of the parameters in Table I. The R model is presented in Supplementary Materials I, II and III.

RESULTS

Pig population size at risk of *T. solium* infection

Pigs are present in all countries of West and Central Africa (Table V). Angola, Burkina Faso, Cameroon and Nigeria had the highest pig population at risk of *T. solium* cysticercosis infection. The total

Table IV

Two-by-two contingency table containing parameters used in the stochastic model to estimate the prevalence of *Taenia solium* in pigs in West and Central Africa

	Outcome of tongue/meat inspection		
	Proportion of pigs found infected with cysticercci	Proportion of pigs found free of cysticercci	Total
Proportion of infected pigs	$P \times Se$	$P \times (1 - Se)$	P
Proportion of infection-free pigs	$(1 - P) \times (1 - Sp)$	$(1 - P) \times Sp$	$1 - P$
Total	$P \times Se + (1 - P) \times (1 - Sp)$	$P \times (1 - Se) + (1 - P) \times Sp$	1

$$P \times Se + (1 - P) \times (1 - Sp) = P'; P = (P' + Sp - 1) / (Se + Sp - 1)$$

where P' represents the proportion of pigs found infected with cysticercci of *T. solium* during tongue/meat inspection, P the true prevalence of *T. solium* cysticercosis in pigs (estimated by the stochastic model presented in Suppl. Mat.), Se the sensitivity of tongue/carcass inspection comprised between 0.20 and 0.50 (Dorny et al., 2004), and Sp the specificity of tongue/carcass inspection and is equal to 1.

Table V

Live pig populations at risk of *Taenia solium* cysticercosis in West and Central Africa

West Africa			Central Africa		
Countries	Pig populations ^a	Pig populations at risk ^b	Countries	Pig populations ^a	Pig populations at risk ^b
Benin	431,000	356,784	Angola	2,874,400	2,546,849
Burkina Faso	2,345,800	2,066,010	Burundi	479,197	391,525
Cabo verde	85,000	73,317	Cameroon	1,800,000	1,600,984
Cote d'Ivoire	370,000	228,212	CAR	1,000,000	848,251
Gambia	8,192	6,522	Chad	33,500	28,327
Ghana	682,000	500,003	Congo	95,000	79,591
Guinea	106,000	80,593	DRC	991,727	828,616
Guinea Bissau	463,000	322,135	Equatorial Guinea	6,800	5,966
Liberia	290,000	192,573	Gabon	220,000	140,315
Mali	77,288	66,760	Rwanda	1,015,000	878,426
Niger	42,500	32,954	Sao Tome & P.	35,000	21,275
Nigeria	7,066,905	4,563,176	South Sudan	14,406 ^c	11,217
Senegal	397,400	280,589	Zambia	1,100,000	964,736
Sierra Leone	65,000	50,797			
Togo	467,570	342,471			
Total	12,897,655	9,162,896		9,665,030	8,346,078

^a FAO estimates in 2017; ^b Number of pigs calculated by R model; ^c IGAD, 2015; CAR: Central African Republic; DRC: Democratic Republic of Congo

pig population in the regions represented an annual income for pig farmers estimated at 2.16 billion euros (95% CI: 1.61–2.72). About 16,914,656 (95% CI: 13,706,008–20,137,836) pigs were reared in conditions favoring *T. solium* cysticercosis. The distribution of pigs at risk of *T. solium* infection is presented in Figure 2.

The number of pig populations at risk of *T. solium* cysticercosis for each country was calculated based on dominant scavenging and semi-intensive production systems presented in the literature (60–90% of pig populations). Each of the four leading countries in pig production had at least 1,000,000 pigs under systems favoring *T. solium*. Although

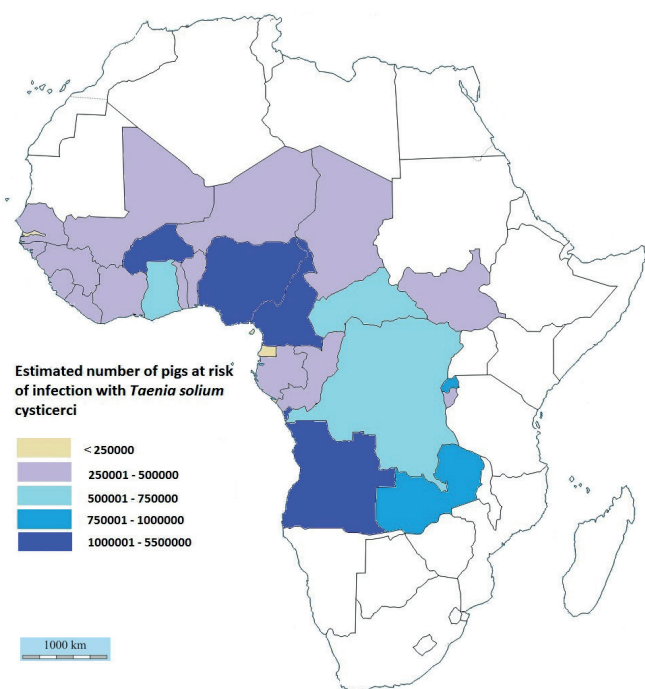


Figure 2: Distribution of pig populations at risk of infection with *Taenia solium* cysticercosis in West and Central Africa.

published data on *T. solium* porcine cysticercosis are lacking for some countries, the transmission occurs in all areas where pigs are reared under traditional conditions. For example, no information is available on the pig production of South Sudan in FAO database, but the Intergovernmental Authority on Development (IGAD) estimated in 2015 that the country had 14,406 pigs reared under traditional systems by communities in Upper Nile State, suggesting that *T. solium* transmission may be occurring between humans and pigs in the country.

Number of pigs infected with *T. solium* and related financial losses

Based on reported prevalence rates of porcine cysticercosis obtained by tongue palpation and meat inspection in 15 countries of West and Central Africa, the R model estimated the annual number of infected pigs at 6,895,868 (95% CI: 4,262,734–9,881,338), i.e. a prevalence of 30.05% (95% CI: 26, 62–43, 80). Tables VI and VII show the estimated number of infected pigs and expected prevalence of porcine cysticercosis by country, respectively. Over 90% of the total estimated infected pigs were found in the fifteen countries. Nigeria, Angola, Cameroon, Burkina Faso and Zambia had the highest populations of infected pigs.

Visual methods (tongue palpation and meat inspection) estimated 2,384,048 (95% CI: 1,691,797–3,073,781) heavily infected pigs which were not entirely condemned, but marketed at low prices. Financial losses caused by the reduction of the price of infected pigs were estimated at 165 million euros (95% CI: 117,241,510–213,013,030) for the 15 countries. In the case of massive infection, the entire animal was destroyed at the abattoir. This constituted a loss for butchers estimated at 243,935 pigs (95% CI: 121,669–413,172) for the 15 countries (Table VIII). The annual cost related to condemnation and destruction of carcasses for butchers was estimated at 33 million euros (95% CI: 14,500,103–51,113,219). The cost of drugs and indigenous products used by pig farmers trying to prevent reduced prices for their infected animals was estimated at 0.4–1.53€ per pig. The related annual cost of treatment was estimated at 16 million euros (95% CI: 6,896,975–27,672,763) for the 15 countries. The average direct loss for farmers in each country was estimated at 4.5 million euros (95% CI: 3,248,250–5,901,660).

Table VI

Estimated annual number of *Taenia solium* infected pigs detected by tongue and meat inspection and financial losses at the farmer's level in 15 countries of West and Central Africa

Countries	Expected infected pigs		Estimated costs	
	Num.	95% CI	(€)	95% CI
Angola	114,938	32,967–196,978	3,310,218	949,474–5,671,959
Benin	25,866	13,550–38,150	744,986	391,218–1,098,836
Burkina	445,036	156,052–735,259	12,841,614	4,495,506–21,188,191
Burundi	98,301	13,993–182,463	2,826,854	402,911–5,256,576
Cameroon	297,155	202,993–391,212	855,809	5,848,790–11,263,248
Chad	6,932	5,357–8,506	199,591	154,252–244,915
Cote d'Ivoire	4,816	596–9,026	138,758	17,049–260,150
DRC	84,290	51,335–117,214	2,428,083	1,478,563–3,376,686
Gambia	87	11–166	2,476	316–4,780
Ghana	61,351	41,933–80,801	1,768,107	1,207,526–2,327,645
Nigeria	954,226	450,915–1,457,024	27,451,674	12,984,877–41,970,159
Senegal	10,124	4,294–15,982	291,657	123,321–460,425
Togo	53,829	29,354–78,219	1,547,678	844,934–2,252,332
Rwanda	111,758	24,956–198,431	3,224,256	714,412–5,718,441
Zambia	115,528	99,848–131,182	115,485	2,874,787–3,777,235

CI: confidence interval; DRC: Democratic Republic of Congo

Table VII

Expected true number of infected pigs and true prevalence of *Taenia solium* cysticercosis in West and Central Africa

Countries	Expected true infected pigs		Expected prevalence	
	Num.	95% CI	(%)	95% CI
Angola	328,662	267,057–403,218	11.4	9.3–14.0
Benin	73,722	60,120–89,989	17.1	13.9–20.9
Burkina Faso	1,262,892	1,071,005–1,467,324	53.8	45.6–62.5
Burundi	277,864	236,923–320,912	58.0	49.4–67.0
Cameroon	843,373	708,284–991,436	46.8	39.3–55.0
Chad	19,647	16,673–22,668	58.6	49.8–67.7
Cote d'Ivoire	13,756	11,087–17,052	3.7	2.0–4.6
DRC	240,011	196,871–290,532	24.2	19.85–29.3
Gambia	248	192–318	3.0	2.3–3.9
Ghana	174,696	174,696–211,224	25.6	21.0–30.9
Nigeria	2,710,800	2,254,888–3,225,081	38.3	31.9–45.6
Senegal	28,919	23,393–35,684	7.3	5.8–8.9
Togo	152,875	126,357–183,386	32.7	27.0–39.2
Rwanda	317,091	262,467–380,562	31.2	25.9–37.5
Zambia	3,28,524	271,175–395,121	29.9	24.6–35.9

CI: confidence interval; DRC : Democratic Republic of Congo

Table VIII

Plausible losses caused by *Taenia solium* cysticercosis in West and Central Africa

	Infected pigs		Estimated losses	
	Num.	95% CI	(€)	95% CI
Heavily infected marketed pigs	2,384,048	1,691,797–3,073,781	165,214,534	117,241,510–213,013,030
Heavily infected seized or destroyed pigs	243,935	121,669–413,172	32,931,961	14,500,103–51,113,219
Pig treatment cost			16,307,742	6,896,975–27,672,763

CI: confidence interval

DISCUSSION

Studies on the estimated losses caused by porcine cysticercosis in West and Central Africa are scarce. A rough estimation for the two regions using a conservative estimation method (Zoli et al., 2003) and a stochastic approach limited to West Cameroon (Praet et al., 2009) have been reported. Our study is the first to estimate the broader picture of the agricultural burden of *T. solium* cysticercosis in West and Central Africa using Monte Carlo simulations. The results showed that the highest estimated numbers of expected infected pigs and pigs at risk of infection with *T. solium* were mainly in five countries: Nigeria, Angola, Cameroon, Burkina Faso and Zambia. However, a high proportion of infected pigs has been reported in Chad, particularly in the south of the country where people are not Muslim and rear pigs (Assana et al., 2001), as well as in a few communities particularly of the Upper Nile State, in a dominant South Sudan Muslim population rearing pigs (IGAD, 2015). Although Nigeria ranked first in pig production in West and Central Africa (about 4% of the country total domestic livestock population) and with a high prevalence of *T. solium* cysticercosis in pigs, 80% of these pigs are found in non-Muslim areas of the subhumid north, and south Guinea savannah zones of the country (Gweba et al., 2010). These findings suggest that isolated pig rearing communities in predominantly Muslim countries including Northern Africa could be endemic for the zoonosis (*T. solium* cysticercosis in pigs and human taeniasis). Moreover, the number of pigs reared under free roaming/scavenging systems is increasing following

the growing demand for meat in urban areas (Porphyre, 2009; Assana et al., 2013), with the plausible subsequent increase of the prevalence of porcine cysticercosis in endemic areas.

The modern pig production systems, which can stop the life cycle of *T. solium*, are not progressing in Africa because of the poor conditions of pig farmers (Kagira et al., 2010). Although great sociocultural, economic, demographic and religious diversities exist in countries of West and Central Africa, variations in pig management systems within the regions are assumed marginal. In addition, similar pig management systems have been reported in countries of Eastern and Southern Africa (Ngowi et al., 2004; Pondja et al., 2010; Thomas et al., 2013) indicating that *T. solium* cysticercosis affects all areas where pigs are reared under traditional systems.

The expected prevalence of 30.05% calculated in our study is similar to that reported by Guyatt and Fèvre (2016). In a recent study, Braae et al. (2015) used a Bayesian framework to estimate and map-informed district-level prevalence of porcine cysticercosis in Africa. A prevalence above 60% that included the results from serological tests was estimated for some districts. Prevalences higher than 60% in these studies might have been overestimated because of cross-reactions between *T. solium* and *T. hydatigena*. Another reason might be the high sensitivity of the serological tests, because in all the studies conducted to date in Africa on porcine cysticercosis, the prevalence in meat and tongue cyst-positive pigs was lower than that in antigen-positive pigs (Guyatt and Fèvre, 2016).

The direct financial loss caused by porcine cysticercosis estimated by Zoli et al. (2003) at about 25,201,088 € was more than three times lower than that estimated in our study. This difference could be related to the increase in the pig population size in the last decade and the MCMC method used in this study. The mean direct annual loss per country for farmers, traders and butchers in West and Central Africa estimated at 4.5 million euros was higher than 3 million USD of potential loss estimated by Trevisan et al. (2017) in Tanzania in East Africa. The loss is expected to increase following the growing demand for pork in urban areas in West and Central Africa (Porphyre, 2009). A recent study carried out in Zambia to assess the perceptions of the communities regarding pig management showed that confinement of pigs was not seen as an acceptable method to control porcine cysticercosis (Thys et al., 2016). In Burkina Faso, a similar behavior of pig farmers was described. Confinement of animals and construction of latrines are considered too economically constraining by pig farmers (Ngowi et al., 2017). However, they have expressed their willingness to prevent porcine cysticercosis (Ngowi et al., 2017): this disposition could facilitate the adoption of available control tools against this disease. In the past, several attempts have been made to control the disease. The most common actions cited in the literature are community mass chemotherapy, health education, programs to stimulate the use of latrines, improved meat inspection of pigs (Garcia et al., 2006). However, none of these approaches have been very successful. Recently, vaccination of pigs in combination with oxfendazole treatment was successful in eliminating *T. solium* transmission in Cameroon, Peru and Nepal (Assana et al., 2010; Garcia et al., 2016; Poudel et al., 2019).

CONCLUSION

T. solium cysticercosis affects pig populations and thus financially affects pig farmers, traders and butchers in West and Central Africa. The public health burden of *T. solium* taeniasis/cysticercosis complex was not assessed, but the high number of estimated infected pigs provided evidence that taeniasis and neurocysticercosis-associated epilepsy in humans are serious health problems in the regions. In a future study, the public health aspect of this zoonosis will be explored. However, the current results emphasize the need to introduce effective and sustainable interventions for managing the health of human and pig populations in the regions. There could be minimal intervention strategies targeting pigs in the endemic areas. Vaccination and treatment of pigs could be the key interventions to reduce indirectly the burden of human taeniasis and neurocysticercosis (Poudel et al., 2019). The endemic countries with the highest pig populations at risk of *T. solium* infection could be targeted in priority.

Acknowledgments

This study was supported by the special allocation account for research in higher education in Cameroon.

Author contributions statement

EA was the principal investigator. EA, JAN and APZ conceived, designed and coordinated the study. EA and JAN designed R models and carried out the statistical analysis and interpretation. EA, JAN, CAE, ASM, VC, MD and BD participated in the preparation of the manuscript. All authors have read and approved the final version of the manuscript.

REFERENCES

Antunes A.C.L., Vieira S., Malta M., Nunes T., Vaz Y., 2015. Swine production on Maio Island, Cape Verde: a household survey. *Rev. Port. Cienc. Vet.*, **110** (595-596): 155-159

- Assana E., Kyngdon C.T., Gauci C.G., Geerts S., Dorny P., De Deken R., Anderson G.A., et al., 2010. Elimination of *Taenia solium* transmission to pigs in a field trial of the TSOL18 vaccine in Cameroon. *Int. J. Parasitol.*, **40**: 515-519, doi: 10.1016/j.ijpara.2010.01.006
- Assana E., Lightowlers M.W., Zoli A.P., Geerts S., 2013. *Taenia solium* taeniosis/cysticercosis in Africa: risk factors, epidemiology and prospects for control using vaccination. *Vet. Parasitol.*, **195** (1-2): 14-23, doi: 10.1016/j.vetpar.2012.12.022
- Assana E., Zoli P.A., Sadou H.A., Nguékam, Voundou L., Pouedet M.S.R., Dorny P., et al., 2001. Prevalence of porcine cysticercosis in Mayo-Danay (North Cameroon) and Mayo-Kebbi (Southwest Chad). *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.* **54** (2): 123-127, doi: 10.19182/remvt.9790
- Blench R.M., 2000. A history of pigs in Africa. In: The origins and development of African livestock: Archaeology, genetics, linguistics and ethnography (Eds. Blench R.M., MacDonald K.C.). UCL Press, 355-367
- Braae U.C., Saarnak C.F.L., Mukaratirwa S., Devleeschauwer B., Magnussen P., Johansen M.V., 2015. *Taenia solium* taeniosis/cysticercosis and the co-distribution with schistosomiasis in Africa. *Parasit. Vectors*, **8**: 323, doi: 10.1186/s13071-015-0938-7
- Chembensofu M., Mwape K.E., Van Damme I., Hobbs E., Phiri I.K., Masuku M., Zulu G., et al., 2017. Re-visiting the detection of porcine cysticercosis based on full carcass dissections of naturally *Taenia solium* infected pigs. *Parasit. Vectors*, **10**, 572, doi: 10.1186/s13071-017-2520-y
- Dermauw V., Ganaba R., Cissé A., Ouedraogob B., Millogod A., Tarnagda Z., Van Hul A., et al., 2016. *Taenia hydatigena* in pigs in Burkina Faso: A cross-sectional abattoir study. *Vet. parasitol.* (230): 9-13, doi: 10.1016/j.vetpar.2016.10.022
- Dorny P., Phiri I.K., Vercruyse J., Gabriel S., Willingham III A.L., Brandt J., Victor B., et al., 2004. A Bayesian approach for estimating values for prevalence and diagnostic test characteristics of porcine cysticercosis. *Int. J. Parasitol.*, **34** (5): 569-576, doi: 10.1016/j.ijpara.2003.11.014
- Dumas M., Grunitzky K., Belo M., Dabis F., Deniau M., Bouteille B., Kassankogno Y., et al., 1990. Cysticercosis and neurocysticercosis: epidemiological survey in North Togo. *Bull. Soc. Path. Exot.*, **83** (2): 263-274
- Fabiyi J.P., 1979. Gastro-intestinal helminths of the pig on the Jos Plateau, Nigeria: relative prevalence, abundance and economic significance. *J. Helminthol.*, **53** (1): 65-71, doi: 10.1017/S0022149X00005757
- FAO, 2017. Statistical databases. FAO, Rome, Italy
- Garcia H.H., Gonzalez A.E., Gilman R.H., Moulton L.H., Verastegui M., Rodriguez S., Gavidia C., et al., for the Cysticercosis Working Group in Peru, 2006. Combined human and porcine mass chemotherapy for the control of *T. solium*. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, **74**: 850-855, doi: 10.4269/ajtmh.2006.74.850
- Garcia H.H., Gonzalez A.E., Tsang V.C.W., O'Neal S.E., Zavalaga F.L., Gonzalez G., Romero J., et al., for the Cysticercosis Working Group in Peru. 2016. Elimination of *Taenia solium* transmission in Northern Peru. *N. Engl J. Med.*, **374** (24): 2335-2344, doi: 10.1056/NEJMoa1515520
- Geerts S., Zoli A., Nguékam J.P., Brandt J., Dorny P., 2004. The taeniasis-cysticercosis complex in West and Central Africa. *South East Asian J. Trop. Med. Public Health*, **35** (suppl. 1): 262-265
- Goussanou J.S.E., Kpodekon T.M., Saegerman C., Eric Azagoun E., Youssao A.K.I., Farougou S., Praet N., et al., 2013. Spatial distribution and risks factors of porcine cysticercosis in southern Benin based meat inspection records. *Int. Res. Microbiol.*, **4** (8): 188-196
- Guyatt H.L., Fèvre E.M., 2016. Lingual palpation for porcine cysticercosis: a rapid epidemiological tool for estimating prevalence and community risk in Africa. *Trop. Med. Int. Health*, **21** (10): 1319-1323, doi: 10.1111/tmi.12760
- Gwebu M., Faleke O., Junaidu A., Fabiyi J.P., Fajinmi A.O., 2010. Some risk factors for *Taenia solium* cysticercosis in semi-intensively raised pigs in Zuru, Nigeria. *Vet. Italiana*, **46** (1): 57-67
- IGAD, 2015. The contribution of livestock to the South Sudan economy. Report. IGAD, Nairobi, Kenya, 33
- Kagira J.M., Kanyari W.N., Maingi N., Githigia S.M., N'gang'a J.C., Karuga J.W., 2010. Characteristics of the smallholder free-range pig production system in Western Kenya. *Trop. Anim. Health Prod.*, **42** (5): 865-873, doi: 10.1007/s11250-009-9500-y
- Kama K.L., 1998. Porcine and bovine cysticercosis in the south of Angola. In: Abstract Book of the 9th Int. Conf. Association of Institutions of Tropical Veterinary Medicine, Harare, Zimbabwe, 14-18 Sept., 1998, 62
- Lightowlers M.W., Garcia H.H., Guaci C.G., Donadeu M., Abela-Ridder B., 2016. Monitoring the outcomes of interventions against *Taenia solium*: options and suggestions. *Parasite Immunol.* **38** (3): 158-169, doi: 10.1111/pim.12291

- Mwape K.E., Phiri I.K., Praet N., Speybroeck N., Muma J.B., Dorny P., Gabriël S., 2013. The incidence of human cysticercosis in a rural community of eastern Zambia. *PLoS Negl. Trop. Dis.* **7** (3): e2142, doi: 10.1371/journal.pntd.0002142
- Newell E., Vyungimana F., Geerts S., Van Kerkhoven I., Tsang V.C.W., Engels D., 1997. Prevalence of cysticercosis in epileptics and members of their families in Burundi. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, **91** (4): 389-391, doi: 10.1016/S0035-9203(97)90251-0
- Ngowi H.A., Kassuku A.A., Maedab G.E.M., Boa M.E., Carabin H., Willingham III A.L., 2004. Risk factors for the prevalence of porcine cysticercosis in Mbulu District, Tanzania. *Vet. Parasitol.*, **120** (4): 275-283, doi: 10.1016/j.vetpar.2004.01.015
- Ngowi H., Ozbolt I., Millogo A., Dermauw V., Somé T., Spicer P., Jervis L.L., et al., 2017. Development of a health education intervention strategy using an implementation research method to control taeniasis and cysticercosis in Burkina Faso. *Infect. Dis. Poverty*, **6** (1): 95, doi: 10.1186/s40249-017-0308-0
- Ngwing N.A., Poné J.W., Mbida M., Zoli P.A., Njakoi H., Bilong, C.F., 2012. A preliminary analysis of some epidemiological factors involved in porcine cysticercosis in Bafut and Santa subdivision, North West Region of Cameroon. *Asian Pac. J. Trop. Med.* **5** (10): 814-817, doi: 10.1016/S1995-7645(12)60149-7
- Onah D.N., Chiejina S.N., 1995. *Taenia solium* cysticercosis and human taeniasis in the Nsukka area of Enugu State, Nigeria. *Ann. Trop. Med. Parasitol.*, **89** (4): 399-407, doi: 10.1080/00034983.1995.11812968
- Permin A., Yelifari L., Bloch P., Steenhard N.P., Nansen P., 1999. Parasites in cross-bred pigs in the Upper East Region of Ghana. *Vet. Parasitol.*, **87** (1): 63-71, doi: 10.1016/S0304-4017(99)00159-4
- Pondja A., Neves L., Mlangwa J., Afonso S., Fafetine J., Willingham III A.L., Thamsborg S.M., et al., 2010. Prevalence and risk factors of porcine cysticercosis in Angonia District, Mozambique. *PLoS Negl. Trop. Dis.*, **4** (2): e594, doi: 10.1371/journal.pntd.0000594
- Porphyre V., 2009. Enjeux et contraintes des filières porcines en Afrique de l'Ouest. *Grain Sel*, 46-47 : 26-27
- Poudel I., Sah K., Subedi S., Singh K.D., Kushwaha P., Colston A., Gauci C., et al., 2019. Implementation of a practical and effective pilot intervention against transmission of *Taenia solium* by pigs in the Banke district of Nepal. *PLoS Negl. Trop. Dis.*, **3** (2): e0006838, doi: 10.1371/journal.pntd.0006838
- Praet N., Kanobana K., Kabwe C., Maketa V., Lukanu P., Lutumba P., Polman K., et al., 2010. *Taenia solium* cysticercosis in the Democratic Republic of Congo: how does pork trade affect the transmission of the parasite? *PLoS Negl. Trop. Dis.* **4** (3): e817, doi: 10.1371/journal.pntd.0000406
- Praet N., Speybroeck N., Manzanedo R., Berkvens D., Nforinwe N.D., Zoli A., Quet F., et al., 2009. The disease burden of *Taenia solium* cysticercosis in Cameroon. *PLoS Negl. Trop. Dis.*, **3**: e406, doi: 10.1371/journal.pntd.0000406
- Roger F.L., Solano P., Bouyer J., Porphyre V., Berthier D., Peyre M., Bonnet P., 2017. Advocacy for identifying certain animal "diseases as neglected". *PLoS Negl. Trop. Dis.*, **11** (9): e0005843, doi: 10.1371/journal.pntd.0005843
- Secka A., Marcotty T., De Deken R., VanMarck E., Geerts S., 2010. Porcine cysticercosis and risk factors in The Gambia and Senegal. *J. Parasitol. Res.*, **2010**: doi: 10.1155/2010/823892
- Sikasunge C.S., Phiri I.K., Phiri A.M., Siziya S., Dorny P., Willingham III A.L., 2008. Prevalence of *Taenia solium* porcine cysticercosis in the Eastern, Southern and Western provinces of Zambia. *Vet. J.*, **176** (2): 240-244, doi: 10.1016/j.tvjl.2007.02.030
- Thomas L.F., De Glanville W.A., Cook E.A., Fèvre E.M., 2013. The spatial ecology of free-ranging domestic pigs (*Sus scrofa*) in western Kenya. *BMC Vet. Res.*, **9**: 46, doi: 10.1186/1746-6148-9-46
- Thys S., Mwape K., Lefèvre P., Dorny P., Phiri A.K., Marcotty T., Phiri I.K., et al., 2016. Why pigs are free roaming: communities perceptions, knowledge and practices regarding pig management and taeniosis/cysticercosis in a *Taenia solium* endemic area in eastern Zambia. *Vet. Parasitol.*, **225**: 33-42, doi: 10.1016/j.vetpar.2016.05.029
- Torgerson P.R., Devleeschauwer B., Praet N., Speybroeck N., Willingham III A.L., Kasuga F., Rokni M.B., et al., 2015. World Health Organization estimates of the global and regional disease burden of 11 foodborne parasitic diseases, 2010: A data synthesis. *PLoS Med.*, **12** (12): e1001920, doi: 10.1371/journal.pmed.1001920
- Trevisan C., Devleeschauwer B., Schmidt V., Winkler A.S., Harrison W., Johansen M.V., 2017. The societal cost of *Taenia solium* in Tanzania. *Acta Trop.*, **165**: 141-154, doi: 10.1016/j.actatropica.2015.12.021
- Zoli A., Shey-Njila O., Assana E., Nguékam, Dorny P., Brandt J., Geerts S., 2003. Regional status, epidemiology and impact of *Taenia solium* cysticercosis in Western and Central Africa. *Acta Trop.*, **87** (1): 35-42, doi: 10.1016/S0001-706X(03)00053-6

Résumé

Assana E., Awah-Ndukum J., Zoli A.P., Etchike C.A., Mebenga A.S., Chepnda V., Donadeu M., Dungu B. Populations porcines exposées au risque de cysticercose à *Taenia solium* et pertes économiques encourues en Afrique de l'Ouest et centrale

La cysticercose à *Taenia solium* est un problème majeur pour les éleveurs de porcs et représente un risque important pour la santé publique en Afrique. Il y a un intérêt croissant pour éradiquer la cysticercose porcine dans les zones endémiques afin de réduire ou d'éliminer indirectement le téniasis et la neurocysticercose chez les humains. Cependant, les données fiables sur les populations porcines impactées par la cysticercose sont insuffisantes en raison d'un manque d'outils de diagnostic spécifiques. Un modèle stochastique a permis d'estimer les populations porcines à risque de cysticercose à *T. solium*, la prévalence de cette maladie et les pertes économiques associées en Afrique de l'Ouest et centrale. Les résultats ont montré que plus de 16 millions de porcs (intervalle de confiance à 95 % [IC] : 13,7–20,1) étaient maintenus dans des conditions favorables à la cysticercose à *T. solium*. Le nombre de porcs infectés par cette maladie a été estimé à 6,89 millions (IC 95 % : 4,26–9,88), soit une prévalence de 30,0% (IC 95 % : 26,6–43,8). Les pertes économiques directes pour les éleveurs de porcs et les revendeurs ont été estimées à 165 millions d'euros (IC 95 % : 117,2–133,0). L'étude souligne la nécessité d'informer sur le problème et de mettre en œuvre des mesures de lutte à la fois contre le téniasis et la cysticercose à *T. solium* dans les deux régions.

Mots-clés : porcine, cysticercose, *Taenia solium*, modèle de simulation, modèle stochastique, Afrique occidentale, Afrique centrale, Afrique au sud du Sahara

Resumen

Assana E., Awah-Ndukum J., Zoli A.P., Etchike C.A., Mebenga A.S., Chepnda V., Donadeu M., Dungu B. Poblaciones de cerdos en riesgo de cisticercosis de *Taenia solium* y consiguientes pérdidas financieras en África occidental y central

La cisticercosis por *Taenia solium* es un problema grave para los criadores de cerdos y un riesgo importante para la salud pública en África. Existe un interés creciente en erradicar la cisticercosis porcina en áreas endémicas para reducir o eliminar indirectamente la teniasis humana y la neurocisticercosis. Sin embargo, existe una falta de datos confiables sobre las poblaciones de cerdos afectados por la enfermedad, debido a la falta de disponibilidad de herramientas de diagnóstico específicas. Un modelo estocástico ayudó a estimar las poblaciones de cerdos en riesgo de cisticercosis por *T. solium*, la prevalencia de la enfermedad y las pérdidas financieras derivadas en África occidental y central. Los resultados revelaron que más de 16 millones de cerdos (intervalo de confianza del 95% [IC] 13,7-20,1) fueron mantenidos en condiciones favorables a la cisticercosis por *T. solium*. El número estimado de cerdos infectados con esta enfermedad fue de 6,89 millones (IC del 95%: 4,26-9,88), o sea una prevalencia del 30% (IC del 95%: 26,6-43,8). La estimación de las pérdidas financieras directas para los criadores y comerciantes de cerdos, fueron de 165 millones de euros (IC del 95%: 117,2-213,0). El estudio destaca la necesidad de crear conciencia sobre la situación e implementar medidas de control contra la teniasis / cisticercosis por *T. solium* en ambas regiones.

Palabras clave: cerdo, cisticercosis, *Taenia solium*, modelos de simulación, modelos estocásticos, África occidental, África central, África al sur del Sahara

Epidémiologie de la trypanosomose animale africaine chez les bovins dans le département du Korhogo (Côte d'Ivoire)

Ohoukou Marcel Boka^{1*} Essehin Enock Jocelin Boka^{1,3}
Grégoire Yapi Yapi¹ Seïdinan Ibrahima Traoré⁴
Koffi Eric Kouamé²

Mots-clés

Bovin, *Glossina*, trypanosomose, épidémiologie, Côte d'Ivoire

Submitted: 10 May 2018
Accepted: 19 April 2019
Published: 12 July 2019
DOI: 10.19182/remvt.31748

Résumé

Une étude transversale a été menée dans le département du Korhogo, au nord de la Côte d'Ivoire, dans la zone agropastorale de Katégué, afin de mieux connaître l'épidémiologie de la trypanosomose animale africaine (TAA) chez les bovins. L'étude a associé une enquête entomologique et une enquête parasitologique et s'est déroulée en saison des pluies, de juillet à octobre 2015. Les prospections entomologiques ont été réalisées à l'aide de pièges Vavoua posés dans 30 sites aux biotopes divers. Pour l'enquête parasitologique, 407 bovins ont été prélevés sur la base d'un échantillonnage aléatoire stratifié sans distinction de race, de sexe et d'âge. Les résultats ont montré la présence d'un vecteur majeur de la TAA, la mouche tsé-tsé *Glossina palpalis gambiensis*, avec une densité apparente globale de $0,9 \pm 3,0$ glossines par piège par jour. Une seule espèce de trypanosome a été identifiée, *Trypanosoma vivax*, avec des prévalences relativement faibles aussi bien chez les glossines (11 ± 5 %) que chez les bovins (6 ± 2 %). Compte tenu de la gravité de la TAA chez les bovins, il s'avère nécessaire de sensibiliser les éleveurs du Korhogo, qui représente la principale zone d'élevage de bovins en Côte d'Ivoire, à la lutte contre les vecteurs de la TAA et à l'utilisation rationnelle des trypanocides.

■ Comment citer cet article : Boka O.M., Boka E.E.J., Yapi G.Y., Traoré S.I., Kouamé K.E., 2019. Epidemiology of African animal trypanosomosis in cattle in Korhogo Department (Ivory Coast). *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 72 (2): 83-89, doi: 10.19182/remvt.31748

■ INTRODUCTION

La trypanosomose animale africaine (TAA) est une affection parasitaire d'importance vétérinaire causée par des hémoparasites flagellés du genre *Trypanosoma*. Elle affecte le bétail et peut évoluer sous forme chronique ou aiguë (OIE, 2012). Sous sa forme chronique, la TAA est responsable d'une forte dégradation de l'état général des animaux infectés qui, en maigrissant, deviennent des non-valeurs économiques, peu aptes aux travaux agricoles et sans aucune valeur monétaire à la réforme (Kamuanga et Kaboré, 2005). Sous sa forme aiguë, cette parasitose est mortelle en trois à quatre semaines (Vitouley, 2005).

En Côte d'Ivoire, tout le territoire est infesté par les mouches tsé-tsé (Hursey, 1985), vecteurs cycliques de cette hémoparasitose animale. De ce fait, plus de 1,2 million de bovins sont soumis au risque trypanosomien (Pokou et al., 2010) ; la TAA constitue une contrainte à la bonne production du bétail dans le pays. La maladie sévit surtout dans le nord (Douati et al., 1986 ; Acapovi-Yao et al., 2013 ; Djakaridja et al., 2014)

1. Université Alassane Ouattara (UAO), Centre d'entomologie médicale et vétérinaire (CEMV), Bouaké, Côte d'Ivoire.

2. Université Peleforo Gon Coulibaly (UPGC), UFR des sciences sociales, Département de géographie, Korhogo, Côte d'Ivoire.

3. Projet d'appui au développement de l'élevage en Côte d'Ivoire (PADE-CI), Antenne nord, Korhogo, Côte d'Ivoire.

4. Laboratoire national d'appui au développement agricole (Lanada), Laboratoire régional de Korhogo (LRK), Côte d'Ivoire.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +225 07 41 30 75 / +224 627 91 58 20

Email : marcelboka2@yahoo.fr



où l'élevage bovin est très présent, mais les données épidémiologiques sur cette maladie dans la zone de Katégué sont inexistantes. L'objectif général de l'étude a ainsi été de disposer d'informations sur l'épidémiologie de la TAA chez les bovins de cette zone et trois objectifs spécifiques ont été retenus : a) inventorier les espèces de glossines présentes dans la zone et estimer leur abondance, b) évaluer le risque trypanosomien chez les glossines capturées et chez les bovins prélevés, et c) déterminer l'effet de la TAA sur l'état de santé des animaux prélevés.

MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude

L'étude a été réalisée dans la zone agropastorale de Katégué (09° 33' N et 05° 51' O) située dans le département du Korhogo, dans le nord de la Côte d'Ivoire, à environ 30 kilomètres de la ville de Korhogo (figure 1). Cette zone regroupe une dizaine de villages situés dans un rayon de 10 kilomètres environ autour du village de Katégué. La population appartient principalement au groupe linguistique Senoufo, bien que des Malinkés et des Peuls s'y trouvent également. Elle est majoritairement constituée d'agropasteurs ayant pour principales activités la culture du coton et l'élevage de bovins. Cette zone a été choisie parce qu'elle est caractérisée par la présence de nombreux troupeaux sédentaires de bovins et de bœufs de culture attelée. Ces animaux partagent les mêmes pâturages naturels et s'abreuvent, surtout en saison sèche, dans les portions non asséchées du principal cours d'eau, le Yoréloro, et dans le seul barrage agropastoral encore fonctionnel situé à Katégué.

Le paysage de cette zone est marqué par plusieurs types de formations végétales qui peuvent être des gîtes idéaux pour les glossines

responsables de la TAA. Ce sont surtout des savanes boisées et herba-cées parsemées de bois qui servent parfois de bois sacrés à la lisière des villages, ainsi que des galeries forestières situées le long du Yoréloro et des rivières affluentes, et le long du barrage agropastoral de Katégué.

Comme dans le reste du département, le climat est de type tropical soudanais avec une saison des pluies de mai à octobre et une saison sèche de novembre à avril, marquée par l'harmattan. La moyenne pluviométrique annuelle se situe entre 1100 et 1600 mm (Boko et al., 2016).

Préenquête et échantillonnage

Cette phase de l'étude a consisté en un recensement de tous les troupeaux sédentaires de bovins présents dans la zone d'étude. Les rencontres ont eu lieu dans tous les villages pendant une période d'environ 15 jours selon la disponibilité des éleveurs et des bouviers. Partant de ce recensement, un échantillonnage aléatoire stratifié fondé sur la taille des troupeaux de bovins a été réalisé.

Trois strates ont été identifiées : a) les troupeaux de petite taille (moins de 50 bovins) qui regroupaient 41 % des troupeaux et 21 % des animaux ; b) les troupeaux de taille moyenne (entre 50 et 100) qui regroupaient 38 % des troupeaux et 36 % des animaux ; et c) les troupeaux de grande taille (plus de 100) qui regroupaient 21 % des troupeaux et 43 % des animaux. Les effectifs de bovins à prélever par strates ont été déterminés en tenant compte du poids de chaque strate dans la population échantillonnée. Quatre, sept et 14 bovins ont été prélevés par troupeau, respectivement dans les troupeaux de petite, moyenne et grande taille. Au total, ce sont 407 bovins de tous âges, des deux sexes et de différentes races qui ont été échantillonnés

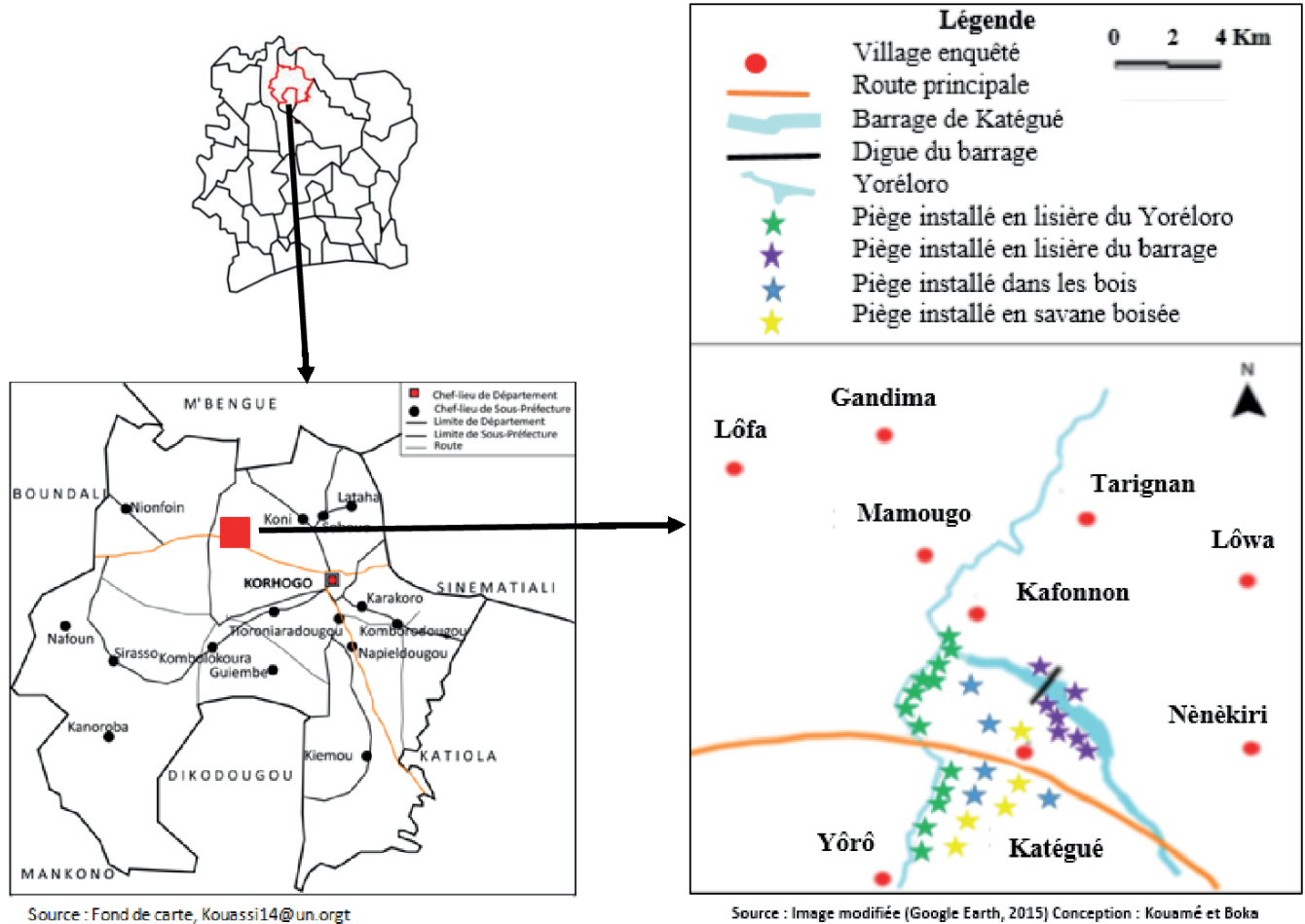


Figure 1 : zone d'étude et localisation des sites de capture des glossines dans le nord de la Côte d'Ivoire.

de façon aléatoire au sein des 56 troupeaux recensés dans la zone d'étude, soit environ 13 % du cheptel total recensé (tableau I). Les sites de piégeage des glossines ont été aussi identifiés lors de la pré-enquête. C'étaient principalement des biotopes situés autour des lieux d'abreuvement et de pâturage du bétail.

Enquête entomologique

Les captures de glossines ont été réalisées en saison des pluies, du 4 au 9 août 2015. Trente sites diversifiés (galeries forestières, bois, savanes boisées) ont été prospectés durant cinq jours consécutifs à l'aide de pièges Vavoua (Laveissière et Grébaud, 1990). Chaque piège posé a été géoréférencé et les glossines y ont été récoltées toutes les 24 heures. Elles ont été transportées à l'antenne locale du Laboratoire national d'appui au développement agricole (Lanada) de Côte d'Ivoire, dans des tubes à essai préalablement étiquetés et bouchés avec du coton, et emballées dans une serviette mouillée afin de créer un microclimat favorable à leur survie. Les mouches ont été identifiées à l'aide de la clé établie par Pollock (1982) et seules les glossines en bon état (88 ± 5 % des glossines capturées) ont été disséquées sous une loupe binoculaire (Optika) selon la technique décrite par Yoni et al. (2005).

Le proboscis (le couple labre-hypopharynx), les glandes salivaires et l'intestin moyen ont été séparés et préparés entre lame et lamelle pour la détection des trypanosomes au microscope optique. L'identification des espèces de trypanosomes a été faite selon leur localisation dans ces organes en utilisant la méthode de Lloyd et Johnson (1924).

Enquête parasitologique

Les données collectives et individuelles des animaux (type d'élevage, effectif, âge, type génétique, état corporel, date du dernier traitement antitrypanosomien) ont été enregistrées sur des fiches de collecte. La race des animaux a été identifiée sur la base des caractères morphologiques utilisés par Sokouri et al. (2007). Deux échantillons sanguins

ont été prélevés sur chaque bovin, au niveau d'une veinule auriculaire, à l'aide de tubes capillaires à microhématocrite selon la technique décrite par Camus (1983). Une goutte de sang provenant de l'un de ces tubes capillaires était déposée sur une lame porte-objet préalablement identifiée pour la réalisation de frottis sanguin sur le terrain (OIE, 2012).

Au laboratoire, les tubes capillaires ont été centrifugés pendant cinq minutes à 12 000 tours par minute. La lecture de l'hématocrite a été effectuée avec le disque de lecture de la centrifugeuse (Hettich Haematokrit 210). Un hématocrite d'une valeur inférieure ou égale à 25 % était considéré comme révélateur d'une anémie (Dao et al., 2008 ; Ingabiré, 2009).

Les frottis réalisés sur le terrain ont été fixés avec du méthanol puis colorés dans un bac contenant une solution de Giemsa à 10 %. Ils ont été ensuite observés au microscope optique à l'objectif 100 en vue d'identifier les trypanosomes suivant les critères morphologiques (taille et position du kinétoplaste, forme de l'extrémité postérieure, présence ou non d'un flagelle libre, présence ou non d'une membrane ondulante, taille du trypanosome) proposés par Hoare (1972) et l'OIE (2012).

Analyse des données

L'abondance des glossines est traduite par le calcul de la densité apparente par piège et par jour (DAP) selon la formule suivante :

$$DAP = \frac{\text{nb. de glossines capturées}}{(\text{nb. de pièges}) \times (\text{nb. de jours de capture})}$$

Les prévalences trypanosomiennes ont été calculées chez les glossines disséquées et chez les bovins prélevés selon les formules suivantes :

$$\text{Prévalence (glossines)} = \frac{\text{nb. de glossines infestées}}{\text{nb. de glossines disséquées}} \times 100$$

$$\text{Prévalence (bovins)} = \frac{\text{nb. de bovins parasités (positifs)}}{\text{nb. total de bovins prélevés}} \times 100$$

Tableau I

Echantillonnage des bovins en fonction des villages et de la taille des troupeaux dans le nord de la Côte d'Ivoire

Village	Nb. de troupeaux / village	Nombre de bovins par troupeau						Nb. total de bovins prélevés
		< 50 (strate 1) n ₁ = 647		50-100 (strate 2) n ₂ = 1146		> 100 (strate 3) n ₃ = 1339		
		Nb. de troupeaux	Nb. de bovins prélevés	Nb. de troupeaux	Nb. de bovins prélevés	Nb. de troupeaux	Nb. de bovins prélevés	
Katégué	10	4	16	4	28	2	28	72
Kafonnon	2	2	8	0	0	0	0	8
Nènèkiri	11	3	12	3	21	5	70	103
Lôwa	7	5	20	1	7	1	14	41
Tarignan	1	1	4	0	0	0	0	4
Mamougou	8	2	8	4	28	2	28	64
Gandiman	6	2	8	4	28	0	0	36
Lôfa	7	3	12	3	21	1	14	47
Yôrô	4	1	4	2	14	1	14	32
Total	56	23	92	21	147	12	168	407
		(m ₁)		(m ₂)		(m ₃)		

Calcul du nombre de bovins à prélever par troupeau : $M_i = (n_i / m_i) \times T/N$; où n_i représente le nombre de bovins recensés par strate, m_i le nombre de troupeaux recensés par strate, et T l'effectif théorique de bovins à échantillonner parmi un total de N bovins selon la table d'échantillonnage (350 arrondi à 400), avec une marge d'erreur de 5 %, $p = 0,5$; un niveau de confiance = 95 % ; $N = 3132$; $T = 400 \rightarrow T/N = 0,13$. Ainsi, $M_1 = 4$; $M_2 = 7$; $M_3 = 14$

Le test du Chi carré (χ^2) de Pearson a été utilisé pour la comparaison des prévalences. Les moyennes des DAP ont été comparées à l'aide d'une analyse de variance (test Anova). Le seuil de significativité de toutes les analyses a été fixé à 5 %.

■ RESULTATS

Résultats entomologiques

Abondance et identification des glossines

L'enquête entomologique a permis de récolter 138 glossines, soit une DAP globale de $0,9 \pm 3,0$ glossines par piège par jour. Les moyennes des DAP étaient significativement variables selon les biotopes prospectés (tableau II). Les glossines étaient toutes de la sous-espèce *Glossina palpalis gambiensis*. Le tri de ces glossines par sexe a permis de dénombrer 81 femelles et 57 mâles soit un sex-ratio (femelle sur mâle) de 1,42.

Infestation des glossines

Au total 122 glossines ont été disséquées et seules 14 d'entre elles étaient infestées – prévalence globale de 11 ± 5 % –, toutes au niveau du proboscis (les intestins et les glandes salivaires n'étaient jamais infestés) ce qui correspondait à *Trypanosoma vivax*. Les glossines femelles étaient plus infectées que les mâles mais de façon non significative (tableau III).

Résultats parasitologiques

Caractéristiques des bovins prélevés

Trois types de bovins ont été identifiés dans la zone d'étude : des taurins (15,23 %), représentés par les races Baoulé (9,10 %) et N'dama (6,14 %) qui sont censées être trypanotolérantes ; des zébus (21,13 %), principalement des races sahéliennes ; et des métis (63,64 %) issus de croisements divers (tableau IV). Le cheptel prélevé était dominé par des femelles âgées de plus de trois ans.

Infection des bovins

Après analyse des 407 frottis colorés, 26 ont été considérés comme positifs, soit une prévalence globale de 6 ± 2 %. *Trypanosoma vivax* a été le seul trypanosome identifié. Ce trypanosome a été détecté dans toutes les tranches d'âge avec toutefois de faibles prévalences chez les jeunes bovins (tableau V). Cette différence était significative ($\chi^2 = 8,4182$; $p < 0,02$).

Relation hémocrite et infection des bovins

L'hémocrite moyen des animaux prélevés était de 31 ± 6 %. Dans l'échantillon étudié, 81 ± 3 % des bovins avaient un hémocrite supérieur à 25 %, et 19 ± 3 % un hémocrite inférieur ou égal à 25 %,

avec une moyenne de 22 ± 2 %. Les bovins porteurs de trypanosomes avaient un hémocrite moyen (28 ± 7 %) inférieur à celui des animaux trouvés négatifs (32 ± 6 %), mais la différence n'était pas significative. De façon générale, une prévalence plus élevée de cas d'anémie (77 ; 19 ± 3 %) que d'infection trypanosomienne (26 ; 6 ± 2 %) a été observée. Cette différence était très significative ($\chi^2 = 28,9$; $p < 0,001$).

■ DISCUSSION

La prospection entomologique a révélé la présence de la tsé-tsé dans la zone d'étude. Cependant, la faible récolte de glossines, traduite par une DAP globale de $0,9$ g/p/j, pourrait s'expliquer par l'utilisation

Tableau II

Densité apparente (DAP) des glossines capturées en fonction des biotopes prospectés dans le nord de la Côte d'Ivoire

Site de piégeage	Nb. de pièges posés	Nb. de glossines capturées	DAP	F	ddl	P
Lisière du Yoréloro	13	104	$1,6 \pm 3,8$	3,89	K1 = 3 K2 = 26	-0,025
Lisière du barrage	7	25	$0,7 \pm 2,0$			
Bois	5	7	$0,3 \pm 1,5$			
Savane boisée	5	2	$0,1 \pm 0,8$			
Abondance globale	30	138	$0,9 \pm 3,0$			

< 0,025 : effet significatif

Tableau III

Infection des glossines disséquées en fonction du sexe (nord de la Côte d'Ivoire)

	Nb. de G. disséquées	Nb. de G. infectées	Prév. (%)	χ^2	P
Femelle	66	11	16 ± 9	3,81	> 0,05
Mâle	56	3	5 ± 5		
Prév. globale	122	14	11 ± 5		

G. : glossines ; Prév. : prévalence ; > 0,05 : effet non significatif

Tableau IV

Répartition des bovins prélevés en fonction de la race, du sexe et de la tranche d'âge (nord de la Côte d'Ivoire)

Race	Sexe		Total	Tranche d'âge			Total
	F	M		< 1 an	1-3 ans	> 3 ans	
N'dama	22	3	25	3	4	18	25
Baoulé	33	4	37	1	7	29	37
Zébus	47	39	86	11	31	44	86
Métis	197	62	259	28	105	126	259
Total	299	108	407	43	147	217	407
Fréquence (%)	73 ± 4	27 ± 4		11 ± 2	36 ± 4	53 ± 4	

Tableau V

Prévalence de la trypanosomose animale africaine chez les bovins en fonction de la race, du sexe et de la tranche d'âge (nord de la Côte d'Ivoire)

	Nb. de B. prélevés	Nb. de B. parasités	Prév. (%)	χ^2	P
Race					
N'dama	25	1	4 ± 7	3,20	> 0,05
Baoulé	37	0	0 ± 0		
Zébus	86	6	7 ± 5		
Métis	259	19	7 ± 3		
Sexe					
Femelle	299	19	6 ± 2	< 0,01	> 0,05
Mâle	108	7	6 ± 4		
Age					
< 1 an	43	1	2 ^{ab} ± 4	8,42	< 0,02
1-3 ans	147	4	2 ^a ± 2		
> 3 ans	217	21	9 ^b ± 3		

B. : bovins ; Prév. : prévalence ; > 0,05 : effet non significatif ; < 0,02 : effet significatif

^{a, b} Les valeurs sur une même colonne suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 %.

d'un seul type de piège et l'étude de seulement 30 sites de piégeage. Des études antérieures ont montré que l'association de plusieurs types de pièges et l'ajout d'attractif pouvaient amplifier les captures des glossines (Bouyer et al., 2005 ; Zinga Koumba et al., 2013). De plus, toute la zone d'étude est une zone d'intense activité agricole dominée par la culture du coton. L'utilisation intensive, associée à cette culture, d'insecticides et d'herbicides (dont certains comme le carbamate ont une action insecticide) pourrait être l'une des causes de la réduction de la densité des glossines. Ces pesticides, pour la plupart des insecticides non sélectifs, détruiraient les insectes présents dans les champs pulvérisés et aux alentours. Néanmoins, la DAP globale obtenue lors de cette étude était similaire à celle obtenue par Acapovi-Yao et al. (2013) dans le département voisin du Sinématiali (0,8 g/p/j). La faible capture de glossines pourrait enfin aussi être due à la plus forte dispersion des glossines en saison des pluies, période à laquelle elles ne restent pas concentrées dans les forêts-galeries comme mentionné par Djohan et al. (2015b).

Glossina palpalis gambiensis, la seule sous-espèce de glossine capturée, est d'ailleurs présente dans le Korhogo depuis plus de trois décennies (Laveissière et Challier, 1981 ; Douati et al., 1986 ; Acapovi-Yao et al., 2013). La capture de glossines du seul sous-genre *Nemorhina* pourrait être la conséquence de l'anthropisation du milieu. Selon Courtin et al. (2009), l'anthropisation provoque en savane la dégradation du couvert végétal et la quasi-disparition de la faune sauvage, indispensable à la présence des glossines de savane (sous-genre *Glossina*) et favorable aux fortes densités de glossines riveraines (sous-genre *Nemorhina*). En outre, la survie des glossines dans un biotope donné dépend de la présence conjuguée de plusieurs facteurs environnementaux propices (Laveissière et al., 2000 ; Solano et al., 2010). Dans la zone d'étude, ces conditions favorables semblent se localiser actuellement dans les galeries forestières présentes à la lisière des points d'eau (cours d'eau, barrage pastoral) qui sont les lieux où le plus grand nombre de glossines a été capturé. Ces biotopes sont d'ailleurs les lieux de prédilection des espèces du sous-genre *Nemorhina* dont *G. p. gambiensis* (de La Rocque, 2003). Les glossines femelles étaient plus nombreuses que les mâles, comme rapporté par d'autres auteurs (Laveissière et al., 2000 ; Bosson-Vanga et al., 2012) qui l'expliquent par la plus grande longévité des glossines femelles.

Trypanosoma vivax a été la seule espèce de trypanosome identifiée dans les glossines. Djohan et al. (2015a) avaient quant à eux identifié en 2012 trois espèces de trypanosomes (*T. congolense* type savane, *T. vivax*, *T. brucei* s.l.) à Kafolo, dans la région du Tchologo située également dans le nord de la Côte d'Ivoire. Cette divergence pourrait s'expliquer par le fait que ces auteurs ont utilisé des techniques moléculaires pour identifier les trypanosomes dans les glossines alors que ces méthodes n'ont pas été utilisées pour la présente étude. Les glossines femelles étaient plus infestées que les mâles par les trypanosomes, bien que non significativement. D'autres études mettent en évidence une infection plus grande des glossines femelles, comme celle de Allou et al. (2009) concernant *G. palpalis* au sud de la Côte d'Ivoire. Maudlin et al. (1991) l'expliquent par le fait que la capacité vectorielle des glossines femelles est trois fois plus importante que celle des mâles à cause de leur plus grande longévité et de leur plus grande faculté à se nourrir à intervalles plus rapprochés que les mâles.

La grande présence de bovins métis dans le cheptel échantillonné pouvait s'expliquer par l'absence de schéma d'amélioration génétique de la part des éleveurs ou, à l'inverse, par des stratégies délibérées de croisement des différentes races afin de bénéficier des caractéristiques des deux espèces bovines présentes (taurine et zébu). Cette situation se traduisait par l'hétérogénéité des troupeaux où des croisements désordonnés entre les espèces et les races engendraient des mélanges très importants, comme le montrent Sokouri et al. (2007) dans cette région du nord de la Côte d'Ivoire.

Généralement, trois espèces de trypanosomes pathogènes (*Trypanosoma vivax*, *T. congolense*, *T. brucei* s.l.) infectent le bétail (de La Rocque, 2003). Dans notre étude, *T. vivax* a été la seule espèce identifiée chez les bovins prélevés, comme elle a été la seule observée dans les glossines capturées. Selon Cuisance et al. (2003), ce trypanosome est le plus fréquemment rencontré chez les bovins. La non-identification des autres espèces de trypanosome chez les bovins pourrait cependant être due à la technique d'identification utilisée. En effet, bien que spécifiques, les techniques parasitologiques sont peu sensibles pour le diagnostic des infections actives du bétail par les trypanosomes, surtout lorsque les animaux sont en phase chronique d'infection (Gardiner, 1989 ; Desquesnes et Tresse, 1996). Cette hypothèse semble être confirmée par Koffi et al. (2014) qui ont mis en évidence, par la technique d'amplification en chaîne par polymérase (PCR), les trois espèces de trypanosomes pathogènes du bétail, avec une dominance de *T. brucei* s.l., dans le département de Bouna au nord-est de la Côte d'Ivoire. N'Djéchi et al. (2017) rapportent des observations similaires également avec la PCR dans le centre-ouest du pays.

La faible prévalence trypanosomienne observée chez les bovins prélevés pourrait être due à l'utilisation intensive d'insecticides ou d'acaricides, homologués ou non, chez les animaux pour la lutte contre les tiques. En effet, la présence de nombreuses tiques sur les bovins oblige les éleveurs à utiliser très fréquemment ces produits pour traiter les animaux parasités. Ces insecticides agissent comme des répulsifs qui limitent le contact entre les bovins traités et les insectes hématophages. L'utilisation en routine des trypanocides par les éleveurs pour la prévention ou la lutte contre la TAA contribuerait également à cette faible prévalence. Selon Cuisance et al. (2003), les trypanocides représentent 44 % du marché total des médicaments vétérinaires en Afrique subsaharienne. D'ailleurs, les antiparasitaires, dont les trypanocides, constituent les médicaments vétérinaires les plus vendus en Côte d'Ivoire (Yapo, 2011). Une prévalence similaire à celle observée dans notre étude (6 ± 2 %) a toutefois été obtenue par Djakaridja et al. (2014) chez les bovins dans le nord de la Côte d'Ivoire (6,9 %).

L'infection trypanosomienne a été observée dans toutes les tranches d'âge avec de plus faibles prévalences chez les jeunes bovins. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que les animaux les plus jeunes bénéficiaient, dans les élevages visités, d'un meilleur suivi sanitaire et médical.

De plus, la plupart des veaux de moins d'un an étaient maintenus au piquet toute la journée ou pâturaient aux alentours des parcs situés à la lisière des villages. Ils étaient par conséquent moins en contact avec les vecteurs de la TAA.

Le mode d'élevage adopté par les éleveurs de la zone et la grande présence de bovins adultes dans les troupeaux pourraient également contribuer à expliquer ce résultat. En effet, la rarefaction des ressources pastorales – surtout en saison d'hivernage comme rapporté par les éleveurs –, causée par l'accroissement des surfaces cultivées (entre autres vergers de manguiers, d'anacardiens, champs de coton), obligeait le bétail à pâturer dans des espaces restreints situés autour des points d'eau (cours d'eau, barrage pastoral) et dans les rares jachères non encore exploitées. Le grand attroupement du bétail dans ces zones pourrait être une source importante d'infection des animaux, favorisée par le contact direct avec les arthropodes vecteurs. Selon les travaux de Torr et al. (2007) sur l'effet de la taille et de la composition du troupeau sur les taux de piqûres individuels par les mouches tsé-tsé, les bovins les plus âgés présentent plus de « risque » d'être piqués que les plus jeunes. Cependant, nos résultats ne concordent pas avec ceux de Tanenbe et al. (2010), et Acapovi-Yao et al. (2016) qui rapportent que les jeunes bovins sont plus infectés par les trypanosomes que les adultes, mais de façon non significative.

La prévalence significativement plus élevée des anémies ($19 \pm 3\%$) que des infections trypanosomiennes ($6 \pm 2\%$) pourrait être expliquée par les limites de la technique d'étalement mince de sang utilisée pour l'identification des trypanosomes. Cette technique, bien que relativement sensible (OIE, 2012), n'aurait pas permis de détecter tous les cas positifs. Mais il est également possible que cette différence ait été due à la présence d'autres facteurs anémiant, notamment les hémoparasites transmis par les tiques, comme cela a été rapporté par Djakaridja et al. (2014) dans le nord de la Côte d'Ivoire.

CONCLUSION

Cette étude visait à mieux connaître l'épidémiologie de la TAA chez les bovins dans le département du Korhogo. *Glossina palpalis gambiensis*, l'un des vecteurs de cette hémoparasitose animale, a été le seul vecteur identifié dans la zone d'étude avec une DAP globale de $0,9 \pm 3,0$ g/p/j. *Trypanosoma vivax* a été quant à lui le seul trypanosome identifié avec des prévalences relativement faibles à la fois chez les glossines ($11 \pm 5\%$) et chez les bovins ($6 \pm 2\%$). Une prévalence plus élevée des cas d'anémie ($19 \pm 3\%$) a également été observée. Malgré les faibles prévalences enregistrées, le risque de transmission de la TAA chez les bovins de la région demeure. Le fort taux de métissage des bovins dans les troupeaux et l'élevage en divagation à la recherche constante de pâturages augmenteraient ce risque. Il serait nécessaire de sensibiliser les éleveurs de ce département, principale zone d'élevage de bovins en Côte d'Ivoire, à la lutte contre les vecteurs de la TAA et à l'utilisation rationnelle de trypanocides.

Déclaration des contributions des auteurs

OMB et GYY ont conçu et planifié l'étude ; OMB a supervisé les opérations de collecte sur le terrain et l'analyse des échantillons au laboratoire ; EEJB et SIT ont participé à la collecte et à l'analyse des données au laboratoire ; OMB, EEJB et KEK ont effectué les analyses statistiques et réalisé la figure 1 ; EEJB a rédigé la première version du manuscrit ; OMB et GYY ont révisé le manuscrit.

REFERENCES

Acapovi-Yao G., Cissé B., Mavoungou J.F., Kohagné Tongue L., Coulibaly N., 2013. Situation de la trypanosomose bovine dans les principales régions d'élevage au nord de la Côte d'Ivoire après la crise socio-militaire. *Rev. Afr. Santé Prod. Anim.*, **11** (1) : 17-22

- Acapovi-Yao G., Cissé B., Zinga Koumba C.R., Mavoungou J.F., 2016. Infections trypanosomiennes chez les bovins dans des élevages de différents départements en Côte d'Ivoire. *Rev. Méd. Vét.*, **167** (9-10) : 289-295
- Allou K., Acapovi-Yao G., Kaba D., Bosson-Vanga H., Solano P., N'goran K.E., 2009. Chorologie et infection par les trypanosomes de *Glossina palpalis* dans la forêt du Banco et ses reliques, Abidjan (Côte d'Ivoire). *Parasite*, **16** : 289-295, doi : 10.1051/parasite/2009164289
- Boko A.N.N., Cissé G., Koné B., Dedy S.F., 2016. Croyances locales et stratégies d'adaptation aux variations climatiques à Korhogo (Côte d'Ivoire). *Tropicicultura*, **34** (1) : 40-46
- Bosson-Vanga A.H., Acapovi-Yao G., Kaba D., Dofini F., Coulibaly B., N'dri L., Koné M., 2012. Infection de *Glossina palpalis palpalis* par les trypanosomes le long du fleuve Comoé dans la région d'Abengourou (Côte d'Ivoire). *J. Sci. Pharm. Biol.*, **13** (1) : 31-37
- Bouyer J., Desquesnes M., Kaboré I., Dia M.L., Gilles J., Yoni W., Cuisance D., 2005. Les trypanosomoses animales africaines. Le piégeage des insectes vecteurs. Cirdes, Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 12 p. (Santé animale en Afrique de l'Ouest ; 20)
- Camus E., 1983. Diagnostic de la trypanosomose bovine sur le terrain par la méthode de centrifugation hématocrite. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epizoot.*, **2** (3) : 751-769, doi : 10.20506/rst.2.3.130
- Courtin F., Sidibé I., Rouamba J., Jamonneau V., Gouro A., Solano P., 2009. Impacts des évolutions démographiques et climatiques sur la répartition spatiale des hommes, des tsé-tsé et des trypanosomes en Afrique de l'Ouest. *Parasite*, **16** (1) : 3-10, doi : 10.1051/parasite/2009161003
- Cuisance D., Itard J., Desquesnes M., Frezil J.-L., de La Rocque S., 2003. Trypanosomoses. Épidémiologie. In : Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail. Europe et régions chaudes. Tome 2 : Maladies bactériennes, mycoses, maladies parasitaires (éds. Lefèvre P.C., Blancou J., Chermette R.). Lavoisier, Paris, France, 1627-1650
- Dao B., Hendrickx G., Sidibé I., Belem A.M.G., de La Rocque S., 2008. Impact of drought and degradation of protected areas on the distribution of bovine trypanosomoses and their vectors in the Oti catchment basin of Northern Togo. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **61** (3-4) : 153-160, doi : 10.19182/remvt.9982
- De La Rocque S., 2003. Épidémiologie des trypanosomoses africaines. Analyse et prévision du risque dans des paysages en transformation. *Courr. Environ. INRA*, **49** : 80-86
- Desquesnes M., Tresse L., 1996. PCR sensitivity for *Trypanosoma vivax* detection with several methods of blood sample preparations. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **49** (4) : 322-327, doi : 10.19182/remvt.9504
- Djakaridja B., Yao Kouassi P., Gragnon Biego G., Acapovi-Yao G., Mavoungou J.F., N'goran Kouakou E., 2014. Situation épidémiologique des hémoparasites des bovins dans deux zones d'élevage de la Côte d'Ivoire : cas des anciennes régions des Savanes et de la vallée du Bandama. *Rev. Méd. Vét.*, **165** (9-10) : 297-303
- Djohan V., Kaba D., Rayaissé J.-B., Dayo G.-K., Coulibaly B., Salou E., Dofini F., et al., 2015a. Detection and identification of pathogenic trypanosome species in tsetse flies along the Comoé River in Côte d'Ivoire. *Parasite*, **22** (18) : 1-7, doi : 10.1051/parasite/2015018
- Djohan V., Kaba D., Rayaissé J.-B., Salou E., Coulibaly B., Dofini F., Kouadio K.A.M., et al., 2015b. Spatial and temporal diversity of tsetse flies along Comoé River in Côte d'Ivoire. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **68** (1) : 39-44, doi : 10.19182/remvt.20575
- Douati A., Kupper W., Kotia K., Badou K., 1986. Tsetse control (*Glossina*: Diptera, Muscidae) by means of screens and traps (static methods): two years control evaluation (Sirasso, north of Côte d'Ivoire). *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **39** (2) : 213-219, doi : 10.19182/remvt.8588
- Gardiner P.R., 1989. Recent studies of the biology of *Trypanosoma vivax*. *Adv. Parasitol.*, **28** : 229-317, doi : 10.1016/S0065-308X(08)60334-6
- Hoare C.A., 1972. The trypanosomes of mammals. A zoological monograph. Blackwell Scientific, Oxford, UK, 749 p.
- Hursey B.S., 1985. Lutte contre les glossines en Afrique. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epizoot.*, **4** (2) : 299-310, doi : 10.20506/rst.4.2.201
- Ingabiré C., 2009. Trypanosomose bovine au Ghana : prévalences sérologique et parasitologique ; intérêt de l'utilisation du système d'information géographique. Mém. Master II Santé publique vétérinaire, EISMV, Dakar, Sénégal, 30 p.
- Kamuanga M., Kaboré I., 2005. La lutte contre les glossines dans la zone agropastorale de Yalé (Burkina Faso) : résultats d'enquêtes socioéconomiques. *Tropicicultura*, **23** (3) : 146-153

- Koffi M., Kouadio K.I., Sokouri D.P., Wognin M.T., N'Guetta A.S.P., 2014. Molecular characterization of trypanosomes isolated from naturally infected cattle in the "Pays Lobi" of Côte d'Ivoire. *J. Appl. Biosci.*, **83**: 7570-7578, doi: 10.4314/jab.v83i1.10
- Laveissière C., Challier A., 1981. La répartition des glossines en Côte d'Ivoire. Cartes à 1/2 000 000^e. Orstom, Paris, France, 33 p. (Notice explicative ; 89)
- Laveissière C., Grébaud P., 1990. Recherches sur les pièges à glossines (Diptera : Glossinidae). Mise au point d'un modèle économique : le piège « Vavoua ». *Trop. Méd. Parasitol.*, **41** : 185-192
- Laveissière C., Grébaud P., Herder S., Penchenier L., 2000. Les glossines vectrices de la trypanosomiase humaine africaine. IRD/OCEAC, Yaoundé, Cameroun, 246 p.
- Lloyd L., Johnson W.B., 1924. The trypanosome infections of tsetse flies in Northern Nigeria and a new method of estimation. *Bull. Entomol. Res.* **14** (3): 265-288, doi: 10.1017/S0007485300028352
- Maudlin I., Welburn S.C., Milligan P., 1991. Salivary gland infection: a sex-linked recessive character in tsetse? *Acta Trop.*, **48** (1): 9-15, doi: 10.1016/0001-706X(90)90060-D
- N'Djetchi M.K., Ilboudo H., Koffi M., Kaboré J., Kaboré J.W., Kaba D., Courtin F., et al., 2017. The study of trypanosome species circulating in domestic animals in two human African trypanosomiasis foci of Côte d'Ivoire identifies pigs and cattle as potential reservoirs of *Trypanosoma brucei gambiense*. *PLoS Negl. Trop. Dis.*, **11** (10): e0005993, doi: 10.1371/journal.pntd.0005993
- OIE, 2012. Trypanosomosis (tsetse-transmitted). In: Manual of diagnostic tests and vaccines for terrestrial animals (mammals, birds and bees), Vol. 1. OIE, Paris, France, 809-818
- Pokou K., Kamuanga M.J.B., N'Gbo A.G.M., 2010. Farmers' willingness to contribute to tsetse and trypanosomosis control in West Africa: the case of northern Côte d'Ivoire. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **14** (3): 441-450
- Pollock J.N., 1982. Manuel de lutte contre la mouche tsé-tsé. Vol. 1, Biologie, systématique et répartition des tsé-tsé. FAO, Rome, Italie, 310 p.
- Sokouri D.P., Loukou N.E., Yapi-Gnaoré C.V., Mondeil F., Gnanbge F., 2007. Caractérisation phénotypique des bovins à viande (*Bos taurus* et *Bos indicus*) au centre (Bouaké) et au nord (Korhogo) de la Côte d'Ivoire. *Anim. Genet. Resour.*, **40**: 43-53, doi: 10.1017/S1014233900002182
- Solano P., Bouyer J., Itard J., Cuisance D., 2010. Cyclical vectors of trypanosomosis. In: Infectious and parasitic diseases of livestock (Lefèvre P.-C., Blancou J., Chermette R., Uilenberg G.). Lavoisier Tec & Doc, Paris, France, 155-183
- Tanenbe C., Gambo H., Musongong A.G., Boris O., Achukwi M.D., 2010. Prevalence of bovine trypanosomosis in the Faro and Deo, and Vina divisions in Cameroon: outcome of 20 years of tsetse control. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **63** (3-4): 63-69, doi: 10.19182/remvt.10099
- Torr S.J., Prior A., Wilson P.J., Schofield S., 2007. Is there safety in numbers? The effect of cattle herding on biting risk from tsetse flies. *Med. Vet. Entomol.*, **21** (4): 301-311, doi: 10.1111/j.1365-2915.2007.00705.x
- Vitouley S.H., 2005. Etude du potentiel trypanocide d'extraits aqueux de plantes médicinales pour le traitement de la trypanosomose animale africaine. Thèse Doct. Vét., Université Cheick Anta Diop, Dakar, Sénégal, 96 p.
- Yapo E.M., 2011. Analyse économique de la filière du médicament vétérinaire en Côte d'Ivoire. Thèse Doct. Vét., Université Cheick Anta Diop, Dakar, Sénégal, 93 p.
- Yoni W., Bila C., Bouyer J., Desquesnes M., Kaboré I., 2005. La dissection des glossines ou mouches tsé-tsé. Cirades, Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 12 p. (Santé animale en Afrique de l'Ouest ; 23)
- Zinga Koumba R.C., Bouyer J., Mavoungou J.F., Acapovi-Yao G.L., Kohagne Tongué L., Mbang Nguema O.A., Ondo K.P.O., et al., 2013. Assessment of the diversity of bloodsucking Diptera in a swampy forest clearing of Gabon with Vavoua and Nzi traps. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **66** (3): 91-96, doi: 10.19182/remvt.10136

Summary

Boka O.M., Boka E.E.J., Yapi G.Y., Traoré S.I., Kouamé K.E. Epidemiology of African animal trypanosomosis in cattle in Korhogo Department (Ivory Coast)

A cross-sectional study was conducted in the agropastoral zone of Kategue in Korhogo Department, Northern Ivory Coast, in order to understand better the epidemiology of African animal trypanosomosis (AAT) in cattle. The study combined an entomological survey and a parasitological survey and was conducted during the rainy season from July to October 2015. For the entomological survey, Vavoua traps were set up in 30 sites with various biotopes. For the parasitological survey, 407 cattle were sampled based on stratified random sampling without distinction of breed, sex and age. The results showed the presence of a major AAT vector, the tsetse fly *Glossina palpalis gambiense*, with an overall apparent density of 0.9 ± 3.0 tsetse per trap per day. Only one trypanosome species was identified, *Trypanosoma vivax*, with relatively low prevalences in both tsetse ($11 \pm 5\%$) and cattle ($6 \pm 2\%$). Given the severity of AAT in cattle, it is necessary to raise awareness among the breeders of Korhogo, the main cattle breeding area in Ivory Coast, for the control of AAT vectors and the rational use of trypanocides.

Keywords: cattle, *Glossina*, trypanosomosis, epidemiology, Côte d'Ivoire

Resumen

Boka O.M., Boka E.E.J., Yapi G.Y., Traoré S.I., Kouamé K.E. Epidemiología de la tripanosomosis animal africana en ganado en el departamento de Korhogo (Costa de Marfil)

Se realizó un estudio transversal en la zona agropastoral de Kategue, en el departamento de Korhogo, al norte de Costa de Marfil, para comprender mejor la epidemiología de la tripanosomosis animal africana (TAA) en el ganado. El estudio combinó una encuesta entomológica y una encuesta parasitológica y se llevó a cabo durante la temporada de lluvias, de julio a octubre de 2015. Para el estudio entomológico, las trampas de Vavoua se instalaron en 30 sitios con varios biotopos. Para la encuesta parasitológica, se muestrearon 407 bovinos en base a un muestreo aleatorio estratificado sin distinción de raza, sexo y edad. Los resultados mostraron la presencia de un vector TAA principal, la mosca tsetse *Glossina palpalis gambiense*, con una densidad aparente global de $0,9 \pm 3,0$ tsetse por trampa por día. Sólo se identificó una especie de tripanosoma, *Trypanosoma vivax*, con prevalencias relativamente bajas tanto en el tsetse ($11 \pm 5\%$) como en el ganado ($6 \pm 2\%$). Dada la gravedad de la TAA en el ganado, es necesario crear conciencia entre los criadores de Korhogo, la principal área de cría de ganado en Costa de Marfil, para el control de los vectores de la TAA y el uso racional de los tripanocidas.

Palabras clave: ganado bovino, *Glossina*, tripanosomosis, epidemiología, Côte d'Ivoire

