

Sommaire / Contents

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

31-41 L'intégration agriculture-élevage améliore-t-elle l'efficacité, le recyclage et l'autonomie énergétique brute des exploitations familiales mixtes au Burkina Faso ? Does crop-livestock integration improve energy-use efficiency, recycling and self-sufficiency of smallholder farming systems in Burkina Faso? Bénagabou O.I., Blanchard M., Bougouma/Yaméogo V.M.C., Vayssières J., Vigne M., Vall E., Lecomte P., Nacro H.B. (en français)

43-50 Systèmes d'élevage ovin et gestion des ressources génétiques animales dans la région du Plateau Central du Burkina Faso. Sheep herding systems and animal genetic resource management in the Central Plateau region of Burkina Faso. Tindano K., Moula N., Traoré A., Leroy P., Antoine-Moussiaux N. (in English)

PRODUCTIONS ANIMALES ET PRODUITS ANIMAUX ANIMAL PRODUCTION AND ANIMAL PRODUCTS

51-58 Pratiques d'élevage et indicateurs morphométriques de performance laitière chez les éleveurs de bovins Kouri au Niger. Breeding practices and morphometric indicators of the dairy performance of Kouri cattle according to farmers in Niger. Adamou Karimou I., Issa M., Abdou H., Malam Bako S., Marichatou H. (en français)

59-63 La complémentation des brebis Barbarines tous les deux jours durant la période de lutte n'affecte pas les performances reproductives. Supplementing Barbarine ewes every two days around mating does not hamper the reproductive performance in comparison to daily supplementation. Ben Khilil Z., Rekik M., Lassoued N. (in English)

65-69 Approche morphozométrique de chammelles (*Camelus dromedarius* L.) des populations algériennes Sahraoui et Targui. Morphometric approach of female camels (*Camelus dromedarius* L.) of the Algerian Sahraoui and Targui populations. Babelhadj B., Benaïssa A., Adamou A., Tekkouk-Zemmouchi F., Raache S., Babelhadj T., Guintard C. (en français)

ISSN 1951-6711

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

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

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

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

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

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

Webmestre/*Webmaster:* Christian Sahut

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

COMITÉ SCIENTIFIQUE / *SCIENTIFIC ADVISORY BOARD*

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



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

Cirad, Montpellier, décembre 2017

L'intégration agriculture-élevage améliore-t-elle l'efficacité, le recyclage et l'autonomie énergétique brute des exploitations familiales mixtes au Burkina Faso ?

Ouèbounga Ida Bénagabou^{1, 2, 3, 4 *} Mélanie Blanchard^{1, 2, 3}
Valérie M.C. Bougouma/Yaméogo⁴ Jonathan Vayssières^{2, 3}
Mathieu Vigne^{2, 3} Eric Vall^{2, 3} Philippe Lecomte^{2, 3}
Hassan Bismarck Nacro⁴

Mots-clés

Polyculture élevage, recyclage, matières organiques, plante fourragère, résidu de récolte, agroécologie, efficacité, Burkina Faso

Submitted: 28 September 2016

Accepted: 30 October 2017

Published: 11 December 2017

DOI: 10.19182/remvt.31479

Résumé

Face au défi majeur de la croissance démographique mondiale, le secteur agricole se doit de concilier une augmentation de la production alimentaire et une diminution de son impact environnemental. L'intégration agriculture-élevage (IAE) mise en œuvre dans les exploitations familiales mixtes à faible niveau d'intrants peut être un moyen d'y parvenir. L'un des grands principes de l'IAE est l'utilisation de ressources produites par les différents ateliers de l'exploitation pour la conduite des autres ateliers. L'IAE se construit autour de trois grandes pratiques : la traction animale, le stockage de fourrage et la production de fumure organique. L'objectif de cette étude a été d'analyser l'effet de ces pratiques sur l'autonomie, le recyclage et l'efficacité énergétique des exploitations familiales mixtes. Pour ce faire, les flux d'énergie brute de huit exploitations familiales mixtes de la zone cotonnière de l'ouest du Burkina Faso, suivies sur une période de 20 mois, ont été analysés grâce à la méthode d'analyse de réseau écologique (*ecological network analysis* [ENA]). Les résultats ont montré que le stockage de fourrage et la production de fumure organique ont permis aux exploitations d'augmenter leur recyclage et leur autonomie, et d'acquiescer une meilleure efficacité énergétique. La méthode ENA met en lumière les caractéristiques et les performances d'exploitations de différents types (agriculteurs, éleveurs, agroéleveurs) et évalue l'apport des pratiques de l'IAE sur ces performances. Il apparaît cependant qu'il existe des marges de manœuvre sur le niveau de mise en œuvre des pratiques d'IAE dans les exploitations familiales mixtes de la zone cotonnière de l'ouest du Burkina Faso permettant d'améliorer le recyclage de l'énergie.

■ Pour citer cet article : Bénagabou O.I., Blanchard M., Bougouma/Yaméogo V.M.C., Vayssières J., Vigne M., Vall E., Lecomte P., Nacro H.B., 2017. Does crop-livestock integration improve energy-use efficiency, recycling and self-sufficiency of smallholder farming systems in Burkina Faso? *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 70 (2) : 31-41, doi: 10.19182/remvt.31479

■ INTRODUCTION

L'augmentation attendue de la population mondiale à 9,6 milliards d'habitants d'ici 2050 se fera principalement en Afrique où la population devrait doubler sur ce pas de temps, passant ainsi de 1 milliard en 2015 à 2,1 milliards en 2050 (Nations unies, 2014). Afin de satisfaire les besoins alimentaires de la population croissante, de plus en plus urbaine et au régime alimentaire changeant, une augmentation des productions agricoles est nécessaire (Rae et al., 2010). La stagnation des rendements des systèmes agricoles des pays industrialisés construits sur un modèle productiviste à forte utilisation d'intrants agricoles (semences, énergies, engrais, herbicides, etc. ; Dorin et al., 2010) et la faible disponibilité pour étendre les terres agricoles dans

1. CIRDES-URPAN, 01 BP 454 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso.

2. CIRAD, UMR SELMET, F-34398 Montpellier, France.

3. SELMET, Univ Montpellier, CIRAD, INRA, Montpellier SupAgro, Montpellier, France.

4. UPB, IDR, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +226 70 00 15 61 ; email : idadec@yahoo.fr



ces zones invitent à saisir les opportunités existantes dans les zones moins peuplées pour un essor de leur production et leur contribution grandissante à la demande alimentaire mondiale (Sims, 2011).

En Afrique, les systèmes de production agricoles sont mis en œuvre par des exploitations familiales mixtes (Herrero et al., 2010), caractérisées par une utilisation limitée d'intrants agricoles et une faible productivité dues aux faibles revenus et pouvoirs d'achat des producteurs, et aux difficultés d'accès aux intrants (Traoré et al., 2013). Ces exploitations familiales mixtes mettent ainsi en œuvre l'intégration agriculture-élevage (IAE) constituant une alternative pour améliorer durablement leur productivité (Herrero et al., 2010). L'IAE repose sur trois piliers biotechniques permettant le recyclage de la biomasse et de l'énergie entre le système agricole et le système d'élevage : a) la traction (énergie) animale pour le système de culture, b) le transfert des fourrages (résidus de cultures, cultures fourragères) pour l'alimentation des animaux, et c) la production de fumure organique issue des déjections animales et du recyclage des résidus de culture à destination du système de culture (Landais et Lhoste, 1990 ; Smith et al., 1997).

La biomasse est une source d'énergie brute renouvelable commune aux exploitations familiales mixtes mais aussi un de ses facteurs limitants (alimentation animale, gestion de la matière organique des sols, production agricole). Le recyclage et l'autonomie en biomasse sont considérés comme une propriété essentielle pour assurer la durabilité des écosystèmes (Allesina et Ulanowicz, 2004). L'autonomie, le recyclage, et l'efficacité énergétique et minérale des exploitations familiales mixtes ont fait l'objet d'analyses à travers des évaluations de consommations d'énergie fossile et brute (Bénagabou et al., 2013 ; Vigne, 2012), et du recyclage et de l'autonomie en azote (Stark, 2016 ; Alvarez et al., 2014 ; Blanchard et al., 2013 ; Rufino et al., 2009b). Nous proposons dans cette étude de mobiliser la méthode ENA pour mesurer l'effet des pratiques d'IAE sur le fonctionnement et certaines performances des exploitations familiales mixtes (efficacité, recyclage et autonomie de l'énergie brute), en posant l'hypothèse que ces pratiques participent à une gestion durable des ressources des agroécosystèmes. Cette démarche nous permet d'identifier des pratiques améliorant les performances des exploitations.

Pour évaluer l'autonomie, le recyclage et l'efficacité énergétique, la méthode d'analyse de réseau écologique (*ecological network analysis* [ENA]) ; Alvarez et al., 2014 ; Dalsgaard et Oficial, 1997 ; Rufino et al., 2009a ; Stark, 2016) a été appliquée au réseau de flux d'énergie brute des agroécosystèmes étudiés. Cette méthode empruntée à l'économie, où elle a permis d'estimer la quantité de ressources nécessaire à la production d'une quantité de biens, mobilise le cadre d'analyse *input-output* (Leontief, 1951). Elle a été introduite en écologie par Hannon (1973) pour quantifier les relations dans les écosystèmes (Fath et Patten, 1999 ; Ulanowicz, 2001), et dans les agroécosystèmes pour analyser les relations entre les compartiments ou activités des exploitations agricoles (Dalsgaard et Oficial, 1997 ; Rufino et al., 2009a ; Stark, 2016).

Nous proposons dans cet article de mobiliser cette méthode pour évaluer l'effet des pratiques d'IAE sur l'efficacité, le recyclage et l'autonomie en énergie brute des exploitations familiales mixtes de l'ouest du Burkina Faso. Après avoir évalué l'effet de la structure de ces exploitations sur l'efficacité, le recyclage et l'autonomie des exploitations étudiées nous avons analysé l'effet des pratiques d'IAE sur ces différents paramètres.

■ MATERIEL ET METHODES

Site d'étude et exploitations familiales mixtes

L'étude a été conduite dans le village de Koumbia (province du Tuy), situé dans la zone cotonnière à l'ouest du Burkina Faso (latitude 12° 42' 207'' N, longitude 4° 24' 10'' O). Le climat y est soudano-guinéen avec une saison des pluies de mai à octobre (1000 mm/an), une saison sèche froide d'octobre à février, et une saison sèche chaude de

mars à avril. Les fortes densités humaines et animales, respectivement 55 habitants.km⁻² et 48 unités bovin tropical (UBT).km⁻², et l'importante emprise agricole (53 % du territoire) engendrent des compétitions fortes pour l'accès aux ressources, aboutissant à des conflits courants entre les usagers (Vall et al., 2006 ; Vall et Diallo, 2009).

Une typologie des exploitations familiales mixtes de la zone comprenant trois types a été proposée précédemment (Vall et al., 2006 ; 2012) : a) les agriculteurs, principalement orientés vers les productions agricoles avec du coton et des céréales destinés à la vente et à l'autoconsommation, et possédant un élevage d'animaux de trait (< 10 bovins) ; b) les éleveurs, orientés vers les productions animales avec des troupeaux de bovins (> 10 à plus de 110 bovins) et cultivant de petites surfaces agricoles (< 7,5 ha) ; et c) les agroéleveurs développant les deux activités avec des troupeaux d'élevage (> 10 bovins) et de grandes surfaces cultivées (> 7,5 à plus de 35 ha), grâce à une main-d'œuvre familiale importante et combinant parfois traction animale et motorisation (> 40 ha).

Huit exploitations représentatives de la diversité des pratiques d'IAE ont été sélectionnées pour cette étude : trois agriculteurs, deux agroéleveurs et trois éleveurs. Le choix du village et des exploitations s'est basé sur l'existence de données et d'une expertise sur les pratiques d'IAE et les flux de biomasses (Bénagabou et al., 2013 ; Dugué et al., 2013 ; Vall et Diallo, 2009 ; Vall et al., 2006 ; 2012), et sur leur récente implication dans les projets de recherche d'action en partenariat garantissant l'implication des producteurs et la fiabilité des données collectées (Vall et al., 2016).

Le choix de la méthode d'étude de cas basée sur un petit échantillon d'exploitations diversifiées s'explique par les contraintes temporelles et humaines du suivi mensuel des flux de biomasse et des pratiques d'IAE. La méthode ENA appliquée à l'analyse des agroécosystèmes nécessite en effet des données détaillées sur l'ensemble des flux entre les compartiments des agroécosystèmes (Alvarez et al., 2014 ; Dalsgaard et Oficial, 1997 ; Rufino et al., 2009a ; Stark, 2016). Cette approche trouve son intérêt dans la compréhension fine des pratiques individuelles (Dalsgaard et Oficial, 1997).

Méthode d'analyse de réseau écologique

Le réseau de flux a été analysé par la méthode d'analyse de réseau écologique (ENA) qui se base sur l'analyse des flux entrants (*inflows*), des flux sortants (*outflows*) et des flux internes (*internalflows*) de systèmes complexes. L'application de la méthode ENA au réseau de flux des exploitations familiales mixtes passe par deux grandes étapes : a) la conceptualisation qui consiste à délimiter les frontières de l'exploitation, diviser le système en compartiments, identifier les flux reliant les compartiments entre eux et avec le milieu extérieur, et réaliser le diagramme de flux ; et b) la modélisation du réseau de flux comprenant la sélection de l'élément fondamental auquel s'intéresse l'étude (énergie brute ici), la quantification des flux et des variations de stock, et la construction de la matrice des flux.

Modèle conceptuel des exploitations familiales mixtes

Les huit exploitations familiales mixtes ont été conceptualisées comme des systèmes composés de six compartiments : les champs, le troupeau, la famille, le grenier et le hangar pour le stockage des produits agricoles et des fourrages, et les lieux de production de fumure organique. Ce modèle conceptuel a été établi à dire d'expert en tenant compte des caractéristiques des exploitations familiales mixtes de la zone d'étude (autoconsommation, conduite des animaux sur parcours non gérés ; Vall et al., 2006 ; Vall et Diallo, 2009). La conceptualisation du système a abouti à la définition de 30 flux d'énergie brute (8 flux entrants, 9 flux sortants, 13 flux internes ; figure 1). La conceptualisation est une étape importante lors de l'application de la méthode ENA en définissant l'exhaustivité des flux à quantifier.

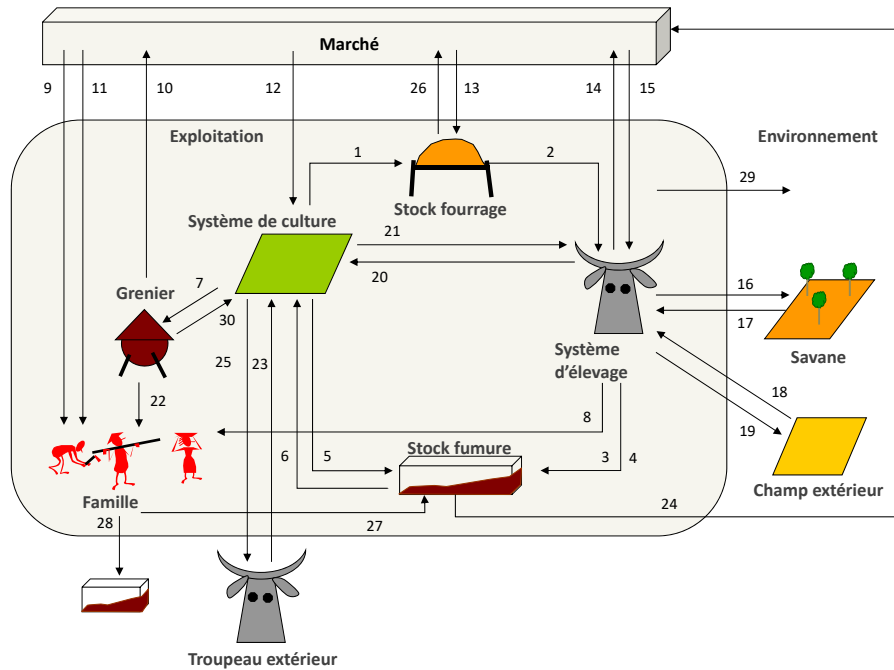


Figure 1 : modèle conceptuel des flux d'énergie brute d'une exploitation familiale mixte dans l'ouest du Burkina Faso.

1. Stockage des résidus de cultures ; 2. Distribution d'aliments et fourrage aux animaux ; 3. Déjections animales ; 4. Refus de fourrage par les animaux ; 5. Biomasse végétale vers les fosses ; 6. Épandage de la fumure organique ; 7. Stockage des productions agricoles ; 8. Productions animales autoconsommées ; 9. Achat de productions alimentaires ; 10. Vente de productions agricoles ; 11. Achat de produits non alimentaires (ex. bois) ; 12. Achat d'intrants agricoles (fumure, engrais et produits phytosanitaires) ; 13. Achat pour l'alimentation des animaux ; 14. Vente de produits animaux ; 15. Achat d'animaux ; 16. Dépôt de déjections animales sur les parcours par le troupeau ; 17. Consommation de fourrages sur les parcours par le troupeau ; 18. Consommation des résidus sur les champs extérieurs par le troupeau ; 19. Dépôt des déjections animales sur les champs extérieurs par le troupeau ; 20. Dépôt des déjections animales sur les champs par le troupeau ; 21. Consommation des résidus sur les champs par le troupeau ; 22. Consommation des productions agricoles par la famille ; 23. Dépôt des déjections animales par des troupeaux extérieurs sur les champs ; 24. Vente de fumure organique ; 25. Prélèvements de résidus de culture des champs par des troupeaux extérieurs ; 26. Vente des résidus de culture ; 27. Ordures ménagères produites par la famille ; 28. Dépôts des fèces et urines de la famille dans les latrines ; 29. Animaux morts et volés ; 30. Prélèvement de productions agricoles comme semences

Collecte des données

Un livret de suivi a été élaboré pour chacune des huit exploitations et s'articulait autour de sept rubriques : les caractéristiques structurelles des fermes et la composition des ménages, le système d'élevage, le système de cultures, la gestion des stocks de produits agricoles et de sous-produits, et la production de fumure organique. Ces livrets ont permis de collecter les données pour quantifier les 30 flux de biomasse identifiés dans la figure 1. Le suivi a été réalisé sur 20 mois (mai 2013 à décembre 2014) car certains flux (3, 4, 6 et 22) correspondaient à des activités s'étendant sur plus d'une année agricole (18 mois).

Certains flux ont été déclarés mensuellement par les chefs d'exploitation. C'était le cas : a) de l'achat de produits alimentaires (flux 9), d'intrants agricoles (flux 12), d'aliments pour animaux (flux 13), d'animaux (flux 15) ; b) de la vente de produits agricoles et d'animaux (flux 10 et 14), de fumure organique (flux 24), de résidus de culture (flux 26), du vol ou de la mort d'animaux (flux 29) ; et c) de l'autoconsommation des animaux et des produits animaux (flux 8 et 22), des semences (flux 30), de la biomasse végétale pour remplir les fosses (flux 5).

D'autres flux ont été mesurés dans les exploitations au moment de leur mise en œuvre. C'est le cas du stockage (flux 1), de la distribution des fourrages (flux 2), de la production de déjections animales (flux 3), du refus de fourrage (flux 4), de l'épandage de fumure organique (flux 6), du stockage des produits agricoles (flux 7) et des produits non alimentaires comme le bois consommé par la famille (flux 11), et des ordures ménagères produites par la famille (flux 27).

Les quantités de biomasse manipulées pour ces activités ont été pesées avec des pesons adaptés (5 à 200 kg) selon une fréquence variable (soit trois jours par mois pour les flux 2, 3, 4 et 11, soit un à cinq jours par an pour les flux 1, 6 et 7), en fonction du besoin de renseignement du flux. Ainsi, la mesure de la distribution des fourrages (flux 2) a consisté au nettoyage de l'étable le matin avant la distribution du fourrage. Les animaux constitués en lots recevaient le fourrage pesé. Le lendemain, les déjections animales (flux 3) étaient ramassées, séparées des refus d'affouragement (flux 4) par lot, pesées et mises en tas. L'évaluation de la teneur en matière sèche des biomasses a été réalisée sur les fourrages, les déjections animales et les refus.

Enfin, les autres flux, comme la quantité de fourrage ingérée sur les parcours (flux 17, 18, 21 et 25) et la quantité de déjection déposée sur les parcours (flux 16, 19, 23 et 20) ou dans les latrines (flux 28), ont pu être estimés à partir de données de littérature. Pour estimer l'ingestion des animaux sur les différents milieux, nous avons tenu compte de la capacité d'ingestion des animaux, des quantités de fourrage distribuées à la concession et des différents lieux de pâtures des animaux (champs internes et externes, respectivement pour la vaine pâture interne et externe et les parcours naturels). Les quantités de déjections animales déposées par les animaux sur les différents milieux (champs internes et externes, ou parcours naturels) ont été estimées selon le nombre d'UBT et leur temps de présence sur ces différents milieux, à partir du niveau d'ingestion sur ces milieux, de la quantité moyenne de fèces et d'urine produite par UBT et par jour, et du niveau d'ingestion moyen par UBT et par jour. Les déjections des animaux en stabulation dans les parcs de nuit ont été estimées, selon les catégories animales, à partir du temps de stabulation des animaux et de la capacité d'excrétion (fèces et urine) journalière.

Quelques hypothèses ont été formulées. La fumure organique est produite à partir de matières premières issues de la campagne agricole précédente (n-1 ; flux 3 et 4) et est utilisée pendant la campagne agricole suivante (n+1 ; flux 6). Ne disposant pas de données sur la production de résidus de culture et de déjections animales sur la campagne précédant le suivi, nous avons émis l'hypothèse que les pratiques et les niveaux de production et d'utilisation de fumure organique étaient similaires d'une année à l'autre. La même hypothèse a été retenue pour estimer la consommation par la famille de produits agricoles issus du grenier (flux 22). Ces hypothèses ont été validées auprès des huit exploitations étudiées en 2013 (Bénagabou et al., 2013).

Indicateurs de structure, de fonctionnement et de performance des réseaux de flux d'énergie brute issus de la méthode ENA

Parmi les indicateurs proposés par la méthode ENA, sept ont été sélectionnés pour analyser la structure, le fonctionnement et la performance des exploitations familiales mixtes de la zone d'étude (Finn, 1980 ; Stark, 2016) : a) un indicateur de structure (la densité des liens), b) les indicateurs de fonctionnement (flux totaux du système ou *total system throughflows* ; *path length* ; *internal cycling rate* ; *Finn cycling index*), et c) les indicateurs de performance (dépendance ; efficacité d'énergie brute) (tableau I).

Indicateurs de structure des exploitations familiales mixtes et de pratiques d'intégration agriculture-élevage

L'indicateur de structure des exploitations familiales mixtes choisi est le chargement animal des exploitations exprimé en nombre d'UBT par hectare de surface cultivée. Il renseigne le potentiel d'IAE au sein des exploitations familiales mixtes. En effet, une exploitation spécialisée dans l'agriculture ayant un chargement animal faible bénéficiera peu des bénéfices réciproques entre les activités de cultures et d'élevage.

Trois indicateurs décrivant les pratiques d'IAE ont été calculés : a) la quantité de résidus de culture et de fourrage (autoproduits et importés) stockés, rapportée à la taille du troupeau (en kg matière sèche [MS].UBT⁻¹.an⁻¹) ; b) la production annuelle de fumure organique, rapportée à la surface cultivée (en kg MS.ha⁻¹.an⁻¹), traduisant une IAE passive, n'impliquant pas de travail ni de transport de biomasses ; et c) les efforts de production de fumure organique à travers la production de fumure organique rapportée à la taille du cheptel (en kg MS.UBT⁻¹.an⁻¹), traduisant une IAE active impliquant la manutention et le transport de biomasse.

Le niveau de performance de ces pratiques est estimé à travers la couverture des besoins alimentaires des animaux permis par le stockage de

Tableau I

Indicateurs utilisés dans l'analyse de réseau des flux d'énergie brute dans des agroécosystèmes familiaux de l'ouest du Burkina Faso et leur calcul

| Indicateurs | Définitions et modes de calcul | Interprétations |
|--------------------------------------|--|--|
| Indicateur de structure | | |
| Densité des liens (Li/n) | Rapport entre le nombre de flux (Li) et le nombre de compartiments (n) dans le système | Evaluation de la diversité/complexité du système |
| Indicateurs de fonctionnement | | |
| Flux totaux du système (TST) | Somme de tous les flux traversant les compartiments du système | Mesure l'activité totale du système |
| <i>Path length</i> (PL) | Rapport entre TST et TIN | Evaluation de l'intensité du recyclage du système Nombre moyen de compartiments traversés par une unité de flux entrant entre son entrée dans le système et sa sortie |
| <i>Internal cycling rate</i> (ICR) | Rapport entre la somme des flux internes (TT) et le TST | Part de l'activité créée par les flux internes entre les compartiments |
| <i>Finn cycling index</i> (FCI) | Rapport entre TSTc et TST 0 < FCI < 1 avec 0 pas de recyclage et 1 recyclage total | Efficacité de recyclage de tous les compartiments Probabilité qu'une fraction de flux d'un compartiment y retourne directement ou indirectement |
| Indicateurs de performance | | |
| Autonomie | Rapport entre IN et TST | Evaluation du degré d'autonomie (A) du système A = 1 - D |
| Efficacité d'énergie brute | Rapport entre flux sortants et entrants | Evaluation de la performance énergétique du système |

IN : somme des flux entrants du système étudié ; TIN : somme des importations (IN) de chaque compartiment et des variations de stock des compartiments ; TT : somme des flux internes ; TSTc : cycle des flux totaux du système

fouillage (en pourcentage de 6,5 kg MS.jour⁻¹.UBT⁻¹) (Boudet, 1984) et la couverture des besoins en fumure organique des sols (en pourcentage de 2,5 t MS.ha⁻¹.an⁻¹) (Berger et al., 1987). La traction animale, troisième pilier de l'IAE, traite de l'énergie musculaire dépensée pour fournir du travail, différente de l'énergie brute concernée par cette étude ; elle n'a pas été abordée. Des analyses de corrélations entre les différentes variables ont été faites avec le logiciel XL STAT version 18.07.

■ RESULTATS

Diversité de pratiques d'intégration agriculture-élevage

Stockage de résidus de culture selon les types d'exploitation

Les quantités de fourrage stockées par les exploitations rapportées à la taille du troupeau ont varié de 0 à 929 kg MS.UBT⁻¹.an⁻¹ couvrant 0 à 41 % des besoins fourragers des animaux (tableau II). Les pailles de céréales (maïs, sorgho, riz) constituaient le principal stock de fourrage dans les exploitations, suivis des fanes de légumineuses (arachide, niébé), des cultures fourragères (mucuna) et du foin, en faible proportion chez un éleveur qui diversifiait le fourrage stocké.

Les éleveurs avaient les plus faibles quantités de fourrages stockés par unité de bétail (0 à 129 kg MS.UBT⁻¹.an⁻¹) leur permettant de couvrir seulement 0 à 6 % des besoins de leurs animaux. Les fourrages stockés (résidus de culture, pour certains du foin et pour d'autres des cultures fourragères comme le mucuna) étaient distribués à des animaux gardés à la ferme pour des raisons sanitaires, pour l'embouche, dans l'attente d'un vêlage, en période de lactation ou de production laitière. Un des éleveurs (E4) a fourni un effort particulier de stockage de fourrage (plus de 8 t MS stockées) pour répondre à ses objectifs de production laitière, couvrant seulement en moyenne 6 % des besoins de son grand troupeau.

Les agroéleveurs et les agriculteurs présentaient de plus grandes quantités de fourrages stockés par unité de bétail (175 à 929 kg MS.UBT⁻¹.an⁻¹) leur permettant de couvrir entre 8 et 41 % des besoins de leurs animaux. Ces exploitations stockaient principalement des résidus de culture, cultivaient peu de fourrage et ne fauchaient pas de foin de parcours. Les efforts de stockage restaient plus réduits que chez les éleveurs (entre 0,9 et 3,2 t MS stockées). Les fourrages étaient distribués à l'ensemble des animaux pour suppléer le manque de fourrage en saison sèche. Parmi les exploitations d'agroéleveurs et

Tableau II

Caractéristiques structurelles, indicateurs d'analyse de réseau écologique et d'intégration agriculture-élevage dans des exploitations familiales de l'ouest du Burkina Faso

| Variables | Unité | Éleveurs | | | Agriculteurs | | | Agroéleveurs | |
|--|-------------------------|----------|-------|-------|--------------|------|------|--------------|-------|
| | | E1 | E4 | E8 | A2 | A3 | A7 | AE5 | AE6 |
| Caractéristiques structurelles | | | | | | | | | |
| Surface totale cultivée | ha | 4,2 | 7,5 | 1,8 | 3,0 | 4,0 | 6,6 | 9,0 | 14,2 |
| Part assolement en coton | % | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 42 | 0 | 39 |
| Part assolement en céréales | % | 72 | 80 | 100 | 67 | 50 | 38 | 72 | 59 |
| Part assolement en légumineuses | % | 28 | 20 | 0 | 33 | 0 | 6 | 17 | 2 |
| Taille du troupeau | UBT | 30,2 | 64,1 | 43,5 | 5,6 | 3,6 | 3,5 | 16,1 | 10 |
| Chargement animal | UBT/ha | 7,2 | 8,6 | 24,1 | 1,9 | 0,9 | 0,5 | 1,8 | 0,7 |
| Indicateurs d'analyse de réseau écologique | | | | | | | | | |
| Li/n | s.u. | 1,8 | 1,8 | 1,6 | 2,2 | 2,2 | 2,0 | 2,2 | 2,2 |
| TST | kMJ | 1 557 | 3 519 | 2 138 | 416 | 432 | 578 | 1 229 | 1 230 |
| PL | | 1,6 | 1,9 | 1,4 | 1,8 | 3,0 | 2,7 | 2,4 | 2,7 |
| ICR | % | 38 | 48 | 27 | 43 | 67 | 63 | 58 | 63 |
| FCI | % | 16 | 21 | 6 | 20 | 58 | 13 | 22 | 24 |
| Autonomie | % | 27 | 32 | 22 | 37 | 73 | 71 | 59 | 66 |
| Efficacité d'énergie brute | s.u. | 0,25 | 0,25 | 0,28 | 0,19 | 0,95 | 1,34 | 0,26 | 0,73 |
| Indicateurs d'intégration agriculture-élevage | | | | | | | | | |
| Couverture besoin fourrager | % | 3 | 6 | 0 | 8 | 16 | 41 | 9 | 14 |
| Fouillage stocké par UBT | kg MS.UBT ⁻¹ | 66 | 129 | 0 | 175 | 370 | 929 | 202 | 308 |
| Foin fauché | % | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pailles | % | 63 | 85 | 0 | 92 | 88 | 88 | 98 | 89 |
| Fanes et culture fourragère | % | 37 | 8 | 0 | 8 | 12 | 12 | 2 | 11 |
| Couverture besoin en FO | % | 50 | 42 | 56 | 24 | 29 | 9 | 32 | 16 |
| FO/ha | kg MS.ha ⁻¹ | 1 250 | 1 062 | 1 393 | 600 | 731 | 227 | 812 | 401 |
| FO/UBT | kg MS.UBT ⁻¹ | 174 | 124 | 58 | 321 | 813 | 429 | 454 | 570 |
| Terre de parc | % | 81 | 63 | 100 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 |
| Fumier | % | 4 | 37 | 0 | 100 | 100 | 100 | 84 | 100 |
| Biodigesteur | % | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Li/n : densité des liens ; TST : flux totaux du système ; PL : path length ; ICR : internal cycling rate ; FCI : Finn cycling index
FO : fumure organique ; MS : matière sèche ; UBT : unité de bétail tropical

d'agriculteurs, ceux qui présentaient un chargement animal supérieur à un avaient les taux de couverture des besoins des animaux les plus faibles (de 8 à 9 %).

Production de fumure organique selon le type d'exploitation

L'ensemble des exploitations étudiées étaient propriétaires d'animaux d'élevage et produisaient de la fumure organique. Les quantités de fumure organique produites par les exploitations étaient variables (1,4 à 7,9 t MS) couvrant entre 9 et 56 % des besoins des sols en fumure organique, et les quantités collectées par les exploitations familiales mixtes variaient entre 58 et 813 kg MS.UBT⁻¹.

Trois sources de production étaient possibles : les fosses fumières, les parcs à bétail et un biodigester dans une exploitation. Les éleveurs apportaient les doses les plus élevées de fumure organique à l'hectare (1062 et 1393 kg MS.ha⁻¹), principalement « de manière passive » à travers le parage direct des troupeaux sur leur champ. Toutefois, certains éleveurs diversifiaient la production de la fumure organique à travers une production « active » (fumier de fosse et biodigester). Un chargement animal élevé a facilité la couverture des besoins en fumure organique des sols, même avec un faible effort de production de fumure organique par unité de bétail (58 à 174 kg MS.UBT⁻¹).

Les agriculteurs et agroéleveurs apportaient des doses moyennes à réduites de fumure organique à l'hectare (227 à 812 kg MS.ha⁻¹), même s'ils pouvaient consentir des efforts importants pour produire de la fumure organique par unité de bétail (321 à 813 kg MS.UBT⁻¹). Le faible effectif d'animaux incitait ces exploitations à fournir des efforts pour collecter les refus de fourrage, valoriser les ordures ménagères, transformer des résidus de culture en plus d'une collecte plus minutieuse des déjections animales disponibles.

Effet de la structure des exploitations et des pratiques d'intégration agriculture-élevage sur le réseau de flux d'énergie brute

Effet sur la structure du réseau de flux d'énergie brute

La valeur 2,2 est la densité des liens (Li/n) maximale dans cette étude au vu du nombre de compartiments et de flux internes possibles dans le réseau. Une Li/n inférieure à 2,2 soulignait l'absence de certains flux entre compartiments et indiquait une complexité plus faible des exploitations. Elle a varié de 1,6 à 2,2 pour l'ensemble des exploitations et a été plus faible chez les éleveurs que chez les agroéleveurs et les agriculteurs (tableau II). Li/n était négativement corrélée à la taille du troupeau ($p < 0,05$) et au chargement animal ($p < 0,01$). Les éleveurs avaient tendance à abandonner certains flux, rendant leurs réseaux de flux moins complexes. Ils n'ont pas utilisé de semences provenant du grenier (flux 30) ni de résidus pour la production de fumure (flux 5). L'éleveur E8, à la Li/n la plus faible, n'a pas mobilisé le compartiment « stock de fourrage » sans stock de résidus de culture (flux 1) ni de distribution de fourrage (flux 2). Li/n était positivement corrélée à la production de fumure organique par unité de bétail ($p < 0,05$). La production de fumure organique complexifiait le système de production car elle s'appuyait sur une multiplicité de sources de biomasse impliquant des flux : ramassage des ordures ménagères (flux 27), collecte des déjections animales (flux 3), des refus de fourrage (flux 4) et des résidus de culture (flux 5), épandage de fumure au champ (flux 6). De plus, pour produire de la fumure organique, les exploitations pratiquaient l'affouragement des animaux stabulés (fourrage stocké flux 1 et distribué flux 2). Il n'y avait pas de corrélation entre le stockage de résidus de culture et la densité des liens.

Effet sur le fonctionnement du réseau de flux d'énergie brute

L'activité du réseau (*total system throughflows*, TST) a varié de 416 348 à 3 518 540 MJ. Elle était plus faible chez les agriculteurs, intermédiaire chez les agroéleveurs et plus élevée chez les éleveurs.

Elle était positivement liée à la taille du troupeau ($p < 0,0001$). En effet, les grands troupeaux se nourrissaient principalement à partir de ressources prélevées sur les parcours et les champs extérieurs, réalisant ainsi de fortes importations d'énergie brute dans le réseau et augmentant d'autant l'activité du réseau.

L'intensité de recyclage (*path length* ; PL) a varié de 1,4 à 3 pour l'ensemble des exploitations. Elle était plus faible chez les éleveurs que chez les agriculteurs et les agroéleveurs. Elle était négativement corrélée au chargement animal ($p < 0,05$). La plus faible intensité de recyclage chez les éleveurs s'expliquait par une faible circulation de l'énergie brute à travers le réseau lors de la vaine pâture des résidus de culture par les animaux de l'exploitation et le parage direct sans stockage préalable de fourrage et/ou de fumure organique. De même, une faible productivité des systèmes de culture chez certains agroéleveurs et agriculteurs a engendré une intensité de recyclage faible, suite à des importations de produits alimentaires sans stockage dans le grenier, et à un faible stockage de fourrage et de fumure organique lié à la faible production de résidus de culture.

L'*internal recycling rate* (ICR) représente la part de l'activité du réseau créée par les flux internes du système. Il a varié de 27 à 67 %. Il était plus faible chez les éleveurs que chez les agriculteurs et les agroéleveurs, et négativement corrélé au chargement animal ($p < 0,05$). Chez les éleveurs, l'activité du réseau s'est appuyée sur de fortes importations pour l'alimentation des animaux sur les parcours et les champs extérieurs avec 51 % de l'énergie brute contenue dans le réseau des éleveurs représenté par leurs importations et une faible quantité d'énergie échangée.

L'efficacité de recyclage du réseau (*Finn cycling index*, FCI) a varié de 6 à 58 % et n'était pas significativement différente selon le type d'exploitation, ni corrélée à la taille du troupeau, à la surface totale cultivée et au chargement animal. Les pratiques IAE expliquent également les différences d'intensité de recyclage, de taux de recyclage interne et d'efficacité de recyclage entre les exploitations.

La production de fumure organique par unité de bétail était positivement corrélée à l'intensité de recyclage ($p < 0,01$) et au taux de recyclage interne ($p < 0,01$). La forte production de fumure organique par unité de bétail s'est appuyée sur une diversité de modes de production de fumure organique, avec une réutilisation des biomasses présentes dans les exploitations impliquant la circulation d'énergie brute entre les compartiments du système (flux internes) : ramassage des déjections animales (flux 3), collecte des refus de fourrage (flux 4), ramassage des ordures ménagères (flux 27) et compostage des résidus de culture (flux 5).

La production de fumure organique par hectare était négativement corrélée à l'intensité de recyclage ($p < 0,05$) et au taux de recyclage interne ($p < 0,05$). Aucune corrélation n'a été observée avec l'efficacité de recyclage (figure 2). La production de fumure organique par hectare était fortement liée aux importations d'énergie brute ($p < 0,05$) à travers le prélèvement par les animaux sur les parcours et les champs extérieurs, avec une circulation réduite de l'énergie entre les compartiments.

Le stockage de résidus de culture par unité de bétail a semblé améliorer le taux de recyclage interne et l'efficacité de recyclage de l'énergie brute dans les exploitations familiales mixtes jusqu'à un seuil au-delà duquel ils ont diminué (figure 3). Le stockage de résidus de culture (flux 1) a engendré une propagation d'énergie brute entre les compartiments de l'exploitation à travers plusieurs flux internes : distribution de fourrage (flux 2), collecte de déjections animales (flux 3) et de refus de fourrage (flux 4), épandage de fumure sur les champs (flux 6). Ces flux n'existaient pas dans les systèmes où l'alimentation était assurée principalement par la vaine pâture (flux 21, sans stockage).

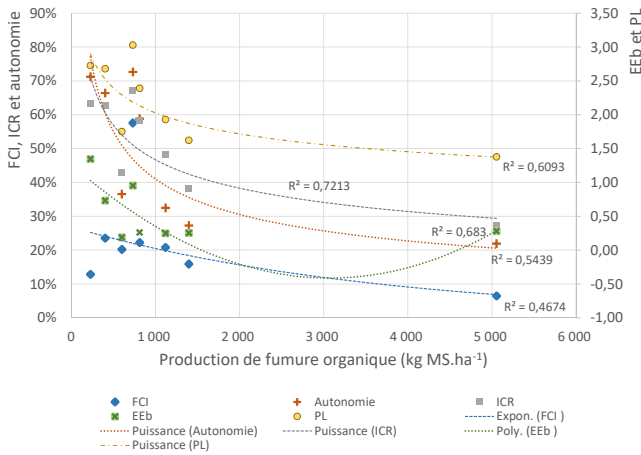


Figure 2 : relation entre la production de fumure organique par hectare cultivé et les indicateurs d'analyse de réseau écologique des exploitations familiales dans l'ouest du Burkina Faso. FCI : Finn cycling index ; ICR : internal recycling rate ; EEB : efficacité énergétique brute ; PL : path length

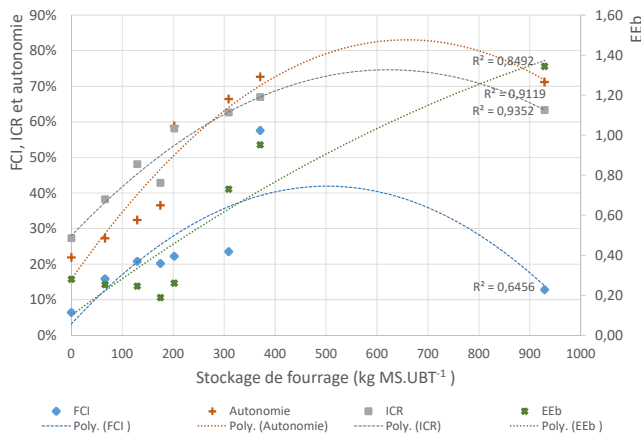


Figure 3 : relation entre le stockage de fourrage par unité de bovin tropical et les indicateurs d'analyse de réseau écologique des exploitations familiales dans l'ouest du Burkina Faso. FCI : Finn cycling index ; ICR : internal recycling rate ; EEB : efficacité énergétique brute ; MS : matière sèche ; UBT : unité bovin tropical

Cependant, le plafonnement de l'efficacité de recyclage, observé dans la figure 3, sous-entend que le stockage des résidus de culture n'était pas la seule pratique améliorant le recyclage. Le recyclage de l'énergie brute se faisait également à travers la vaine pâture des résidus de culture par les animaux de l'exploitation. Ce recyclage interne à l'exploitation peut être limité si les résidus de culture sont prélevés par des animaux extérieurs à l'exploitation. L'énergie brute accumulée est alors exportée, augmentant l'efficacité énergétique brute.

Effet sur les performances du réseau de flux d'énergie brute

L'autonomie (A) a varié de 22 à 73 %. Une exploitation autonome est une exploitation qui valorise des ressources issues de son système. Les plus fortes valeurs étaient observées chez les agriculteurs et les agroéleveurs. Elle était négativement corrélée au chargement animal ($p < 0,05$) et à la taille du troupeau ($p < 0,05$). Les exploitations possédant de grands troupeaux dépendaient beaucoup des importations de l'environnement pour l'alimentation des animaux (pâturage sur parcours, ou vaine pâture sur champs extérieurs).

Les exploitations familiales mixtes étudiées se classaient en deux groupes de valeur selon l'efficacité énergétique brute (EEB) selon

l'absence ($0,19 \leq \text{EEb} \leq 0,28$) ou la présence d'un assolement en coton ($0,73 \leq \text{EEb} \leq 1,34$). La culture du coton est une culture de rente vendue et non comestible. Oléagineuse, elle amplifie les quantités d'énergie exportées à travers l'exportation des graines.

La production de fumure organique par unité de bétail était positivement corrélée à l'autonomie des exploitations ($p < 0,01$; figure 2). La stabulation et l'affouragement des animaux qui permettent une production de fumure organique par unité de bétail importante améliorent l'autonomie des exploitations.

La production de fumure organique par hectare était négativement corrélée à l'autonomie ($p < 0,05$) et à l'efficacité énergétique brute des exploitations. Cette couverture des besoins des sols en fumure organique impliquait une accumulation de déjections animales dans les parcs ou en parage direct, et une importation forte d'énergie brute par le prélèvement des animaux sur les parcours et les champs extérieurs. Elle ne permettait pas d'améliorer les exportations à moindre investissement en biomasses importées.

Le stockage de fourrage était corrélé positivement à l'autonomie ($p < 0,05$) et à l'efficacité énergétique brute ($p < 0,01$) des exploitations familiales mixtes (figure 3). Le stockage de fourrage a diminué les importations par prélèvement des animaux sur les parcours et sur les champs extérieurs.

DISCUSSION

Indicateurs d'analyse de réseau écologique

La densité des liens au sein d'une exploitation familiale mixte, respectant le modèle conceptuel proposé, était comprise entre 0,75 (pas d'IAE active ou passive, pas d'autoconsommation des productions) et 2,2 (IAE active et passive, autoconsommation des productions). Hormis l'incidence du niveau d'agrégation retenu, les flux de matière possibles sont limités à certains échanges entre certains compartiments (Stark, 2016). Dans les écosystèmes naturels, cet indicateur prend davantage de sens en illustrant une richesse des interactions fonctionnelles entre espèces (Fath et al., 2007). L'interprétation écologique de l'indicateur « diversité » est cruciale dans l'étude des agroécosystèmes. Dalsgaard et Oficial (1997), et Reardon (1994) montrent qu'elle contribue à la stabilité des agroécosystèmes par la complémentarité des activités et l'amélioration de l'efficacité d'usage des ressources. De plus, la diversité des activités dans les agroécosystèmes est une forme de gestion des risques pour les ménages pauvres en ressources (Ellis, 2000 ; Niehof, 2004) particulièrement face aux aléas climatiques (Nianogo et Somda, 1999 ; Reardon, 1994), par une multiplication des sources de revenus.

Le recyclage de l'énergie brute était variable d'une exploitation à l'autre ($6 \leq \text{FCI} \leq 58$ %) selon le niveau de stockage des résidus de culture, l'utilisation des résidus de cultures et la production de fumure organique. Il était plus important que le niveau de recyclage de l'azote obtenu dans les exploitations familiales mixtes au Brésil, à Cuba et en Guadeloupe ($0 \leq \text{FCI} \leq 28$ % ; Stark, 2016), à Madagascar ($2,5 \leq \text{FCI} \leq 4,4$ % ; Alvarez et al., 2014) et en Ethiopie ($0,9 \leq \text{FCI} \leq 11$ % ; Rufino et al., 2009b), le recyclage de l'azote s'accompagnant de déperditions importantes (lixiviation, émissions gazeuses). Cependant, un faible recyclage de l'énergie peut déséquilibrer les agroécosystèmes et conduire à leur instabilité impliquant de nécessaires importations pour maintenir ou augmenter les productions. Le recyclage de l'énergie est considéré comme l'une des caractéristiques essentielles pour la stabilité du fonctionnement des écosystèmes (Allesina et Ulanowicz, 2004).

Les efficacités énergétiques brutes obtenues dans cette étude ont été plus faibles que celles obtenues par Vigne (2012) au Mali-Sud ($0,4 \leq \text{EEb} \leq 5,12$). Cette étude s'est appuyée sur un modèle conceptuel

unique des exploitations pour l'étude des exploitations mixtes du Mali-Sud, de l'ouest de la France et de la Réunion où la famille était extérieure au système (fonction d'autoconsommation peu prioritaire) et où le pâturage était interne au système étudié (gestion des pâturages). Les travaux de Alvarez et al. (2014) présentent des efficacités azotées pour les exploitations familiales mixtes de Madagascar de 0,12 à 0,20 alors que les travaux de Stark (2016) présentent des efficacités de 13,6 à 48,3 pour les exploitations de Cuba, du Brésil et de la Guadeloupe. Lorsque la famille est incluse dans le système, les quantités de produits agricoles et animaux échangées avec l'extérieur diminuent, respectant l'objectif premier de satisfaction des besoins alimentaires de la famille (Rufino et al., 2009b).

Les pratiques d'intégration agriculture-élevage améliorent les performances des exploitations familiales mixtes

Les pratiques d'IAE sont des maillons essentiels du recyclage dans les exploitations familiales mixtes représentant, selon le modèle conceptuel retenu, 80 % des flux d'énergie internes à l'exploitation. Ces pratiques se mènent simultanément. La consommation de fourrage stocké ou en vaine pâture interne améliore les conditions de la production de la fumure organique (collecte de refus de fourrage et de déjections animales). Le stockage de résidus de culture améliore l'autonomie et l'efficacité énergétique des exploitations par une réduction des importations de fourrage. En revanche, la production de fumure organique peut s'appuyer sur des importations de fourrage collecté en dehors de l'exploitation, réduisant l'autonomie et l'efficacité de celle-ci mais illustrant un transfert de fertilité depuis le *saltus* vers l'*ager* (Dugué, 1998 ; Landais et Lhoste, 1993).

La notion d'efficacité énergétique brute permet d'illustrer la performance environnementale des activités agricoles (Bonny, 2010). Elle reflète l'importance du prélèvement de biomasses opéré par une exploitation sur le milieu extérieur pour la production d'une unité de biomasse. Pour être efficace, une exploitation exporte des quantités importantes de biomasse réduisant les possibilités de recyclage.

L'efficacité énergétique, le recyclage et l'autonomie sont liés aux pratiques d'IAE à travers les flux entrants. Les pratiques améliorent le recyclage et l'autonomie si elles réduisent directement les importations ou indirectement en créant des flux internes. L'IAE se définit ainsi comme le degré d'interconnexion des activités agricoles et d'élevage, où le recyclage et l'autonomie sont forts (Edwards et al., 1993 ; Rufino et al., 2009b ; Vayssières et al., 2011). Elle permet d'accroître le recyclage et l'autonomie par l'utilisation des coproduits générés sur l'exploitation pour substituer les intrants (Powell et al., 2004 ; Vayssières et al., 2011).

Les pratiques d'intégration agriculture-élevage restent perfectibles

Dans toutes les exploitations étudiées, les pratiques d'intégration agriculture-élevage restent perfectibles. Les besoins fourragers ne sont couverts que de 0 à 41 %. Les éleveurs produisent tout au plus 1,4 t MS.ha⁻¹an⁻¹ comparativement à la dose recommandée de 2,5 t MS.ha⁻¹an⁻¹ (Berger et al., 1987). Ce faible niveau d'IAE s'explique par une faible disponibilité de la main-d'œuvre, des capacités de transport limitées (Landais et Lhoste, 1990 ; Schleil, 1986), l'impossibilité de collecter les déjections des animaux en mobilité, et des surfaces cultivées insuffisantes face aux besoins en fourrage, même avec de hauts rendements. Le faible niveau d'IAE s'explique également par la possibilité de valoriser de manière rentable une diversité d'espaces et de ressources par la mobilité des animaux (Dugué et al., 2013). De plus, il existe une difficulté organisationnelle avec le chevauchement de la récolte des productions agricoles et des résidus de

culture engendrant une insuffisance de main-d'œuvre et des délais courts pour réaliser les travaux.

Face à cela, les paysans du Mali-Sud retardent le début de la période de vaine pâture, offrant le temps nécessaire aux exploitations pour le transport des récoltes et le stockage des résidus de culture (Blanchard et al., 2013 ; Vall et al., 2004). Une meilleure organisation du travail permet à ces producteurs, disposant du même niveau d'équipement en transport, de mobiliser de grandes quantités de résidus de culture et de fumure organique dans la région de Koutiala au Mali-Sud (Blanchard et al., 2013).

Les marges de manœuvre sont théoriquement possibles lorsque l'activité totale du réseau est forte (Stark, 2016). Les exploitations d'éleveurs, avec une forte activité du réseau (TST), sont en théorie les exploitations au plus grand potentiel d'amélioration des pratiques d'IAE et du recyclage de l'énergie. Dans les exploitations des éleveurs, mais aussi des agroéleveurs et des agriculteurs, les pratiques d'IAE pourraient également être améliorées par une augmentation de la quantité des biomasses produites (variété à haut rendement) mais aussi par un changement de qualité des biomasses animales et végétales produites sur les exploitations et échangées au sein du système. Le développement de la place des légumineuses dans le système de culture (culture fourragère ou vivrière en pur, associée, en dérobée, sylvopastoralisme) pourrait permettre d'améliorer le recyclage des coproduits à travers l'affouragement des animaux tout en améliorant la fertilité des sols (Coulibaly, 2012). Ces marges de manœuvre pourraient améliorer l'autonomie, le recyclage et les performances des exploitations familiales mixtes.

Choix d'application de la méthode d'analyse de réseau écologique

La méthode ENA est non statique et, lors de la conceptualisation et de la modélisation du réseau, des choix peuvent être faits (Schaubroeck et al., 2012). L'élaboration du modèle conceptuel utilisé a nécessité de définir le nombre de compartiments retenu (agrégation des compartiments) et les limites du système (inclusion de la famille et du pâturage) selon la disponibilité des données pour quantifier les flux entre les compartiments.

L'agrégation respective des systèmes de cultures et des systèmes d'élevage a été retenue sans tenir compte de leur composition en sous-systèmes, et sans distinguer les différentes cultures et espèces animales élevées. Fath et al. (2013), et Rufino et al. (2009a) montrent qu'une agrégation influence les indicateurs de densité des liens (Li/n) et de recyclage (FCI) réduisant la complexité des réseaux, mais ne modifie pas l'activité du réseau (TST). La densité des liens issue de cette agrégation a varié de 1,6 à 2,2. Bien que la valeur soit faible, elle est plus élevée que celle calculée par Stark (2016 ; $0,3 \leq Li/n \leq 1,0$) dans des systèmes avec une désagrégation des compartiments cultures et troupeau. Envisager une potentielle désagrégation pourrait aboutir à des valeurs élevées avec des tendances similaires. Toutefois, compte tenu des objectifs de l'étude, l'agrégation retenue a permis la comparaison entre exploitations ne disposant pas des mêmes systèmes de culture et d'élevage (Stark, 2016).

De toute évidence, le choix des compartiments inclus dans le système impacte les résultats sur l'efficacité car cela met en jeu des flux entrants et sortants (Vigne, 2012). Le choix du modèle conceptuel doit refléter les propriétés spécifiques des exploitations étudiées. L'intégration de la famille comme un compartiment à part entière s'explique par la place primordiale qu'occupe l'autoconsommation dans ces exploitations familiales. A l'exception des cultures de rente (sésame, coton) et des cultures fourragères (*mucuna*), la plupart des cultures sont en partie autoconsommées (50 à 100 % de l'assolement). L'autoconsommation devient ainsi une forme de recyclage

(flux internes 8 et 22) qui participe à la diversification des activités. Exclure la famille du système, c'est ignorer l'autoconsommation du système étudié. Alvarez et al. (2014), et Rufino et al. (2009b) ont inclus la famille dans le système pour analyser l'autosuffisance alimentaire en azote des petits exploitants. Vigne (2012) et Stark (2016) l'ont exclu car les fermes de l'ouest de la France, de la Réunion ou de Guadeloupe sont avant tout commerciales, orientées vers la vente sur le marché local ou international.

Les systèmes d'élevages étudiés étaient fortement dépendants des parcours pour l'alimentation des animaux. Or ce compartiment est exploité collectivement par de multiples exploitations via leurs troupeaux. Ceci explique le choix de considérer les pâturages comme une composante externe du système, sur lesquels les exploitations n'ont pas de prise de décision.

Enfin, dans ce modèle conceptuel, trois stocks intermédiaires ont été représentés : le stock de fourrage, le stock de fumure organique et le grenier. Stark (2016), dans son étude des pratiques d'IAE en Guadeloupe, au Brésil et à Cuba, considérait également un compartiment biodigesteur/compostage et un autre ensilage. Cette distinction de stocks intermédiaires influence les résultats en augmentant l'activité du réseau de flux. Toutefois, ce choix permet d'illustrer que les flux de biomasse impliquent des pratiques d'IAE actives requérant du travail, du transport et du stockage, avec un processus biophysique de dégradation de la matière et des pratiques d'IAE passives où les flux sont supportés par la mobilité animale lors de la vaine pâture.

La méthode ENA offre une nouvelle vision de l'analyse des pratiques d'intégration agriculture-élevage dans les systèmes de polyculture élevage d'Afrique de l'Ouest, car elle permet l'analyse de la circulation de matière ou d'énergie au sein de systèmes complexes tout en permettant la comparaison de systèmes complexes très divers, ce qui caractérise les exploitations de la région (Vall et al., 2012). C'est un outil qui intègre toutes les spécificités des exploitations pour en donner à travers des indicateurs une reproduction fidèle de l'exploitation considérée. Elle n'est pas partielle mais complète en faisant une analyse holistique de l'exploitation malgré sa complexité.

■ CONCLUSION

La méthode ENA a permis l'analyse de la circulation de matière ou d'énergie au sein de systèmes complexes. Elle s'est révélée pertinente pour l'analyse des pratiques d'intégration agriculture-élevage dans les exploitations de polyculture élevage en permettant de mesurer l'effet des pratiques sur les performances des exploitations. L'analyse des réseaux de flux d'énergie brute a montré une faible diversité du réseau de flux due à l'option d'agrégation des compartiments. Le recyclage de l'énergie brute était faible mais très variable d'une exploitation à l'autre selon le niveau de coordination technique entre les activités agricoles et d'élevage. L'efficacité énergétique brute était également faible dans ces exploitations et dépendait de la présence d'une sole de coton. Cette culture augmentait le poste des exportations, améliorant ainsi l'efficacité énergétique. Enfin, l'autonomie des exploitations était variable, de faible à élevée, et s'expliquait par l'effectif des troupeaux qui impliquait de fortes importations de fourrages des pâturages. Les exploitations restaient dépendantes du milieu extérieur.

Certaines pratiques d'IAE ont amélioré le recyclage, l'autonomie et l'efficacité énergétique. Le stockage des résidus de culture a permis une réduction des importations de fourrage en saison sèche dans les exploitations ayant eu des résidus de culture disponibles sur pied. Cette réduction a amélioré l'autonomie et l'efficacité énergétique et a permis de créer des flux internes améliorant le recyclage.

La production de la fumure organique par unité de surface s'est appuyée sur une importation de fourrages issus des pâturages, ce qui

n'a pas amélioré l'autonomie et l'efficacité énergétique. Cette autonomie diminue même considérablement avec l'augmentation de la taille du troupeau. Toutefois la production de fumure organique par unité de bétail a amélioré le recyclage à partir de la transformation des refus de fourrage, des ordures ménagères et des déjections animales collectées sur l'exploitation (taux de recyclage interne).

Dans les exploitations étudiées, le niveau d'IAE atteint n'a pas été optimal en raison d'une faible disponibilité de la main-d'œuvre, d'une capacité de transport limitée, de l'impossibilité de collecter les déjections d'animaux en mobilité, de surfaces cultivées limitées pour couvrir les besoins des troupeaux à partir de fourrage cultivé. Toutefois, la valorisation d'espaces et de ressources par l'intermédiaire de la mobilité des animaux demeurerait un faible coût d'opportunité pour les exploitations, même si un déploiement d'efforts supplémentaires de mise en œuvre des pratiques d'IAE pouvait assurer de hauts rendements. Les pratiques d'IAE restent perfectibles et permettraient d'améliorer l'autonomie, le taux de recyclage interne et la productivité des exploitations familiales (effort de stockage des résidus de culture et déjections animales, augmentation de la production de biomasse, changement de qualité des biomasses).

REFERENCES

- Allesina S., Ulanowicz R.E., 2004. Cycling in ecological networks: Finn's index revisited. *Comput. Biol. Chem.*, **28**: 227-233, doi: 10.1016/j.combiolchem.2004.04.002
- Alvarez S., Rufino M.C., Vayssières J., Salgado P., Tilton P., Tillard E., Bocquier F., 2014. Whole-farm nitrogen cycling and intensification of crop-livestock systems in the highlands of Madagascar: An application of network analysis. *Agric. Syst.*, **126**: 25-37, doi: 10.1016/j.agsy.2013.03.005
- Bénagabou O.I., Kanwe B., Vall E., Vigne M., Blanchard M., 2013. Intégration agriculture-élevage et efficacité énergétique des exploitations mixtes au Burkina Faso. *Rencontres Rech. Rumin.*, **20**: 298
- Berger M., Belem P.C., Dakouo D., Hien V., 1987. Le maintien de la fertilité des sols dans l'Ouest du Burkina Faso et la nécessité de l'association agriculture-élevage. *Coton Fibres Trop.*, **42**: 201-210
- Blanchard M., Vayssières J., Dugué P., Vall E., 2013. Local technical knowledge and efficiency of organic fertilizer production in South Mali: diversity of practices. *Agroecol. Sustain. Food Syst.*, **37**: 672-699, doi: 10.1080/21683565.2013.775687
- Bonny S., 2010. L'intensification écologique de l'agriculture : voies et défis. ISDA, Cirad, Inra-SupAgro, Montpellier, France, p. 11
- Boudet G., 1984. Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. IEMVT, Maisons-Alfort, France
- Coulbaly K., Vall E., Autfray P., Sedogo M.P., 2012. Performance technico-économique des associations maïs/niébé et maïs/mucuna en situation réelle de culture au Burkina Faso : potentiels et contraintes. *Tropicicultura*, **30** (3) : 147-154
- Dalsgaard J.P.T., Oficial R.T., 1997. A quantitative approach for assessing the productive performance and ecological contributions of smallholder farms. *Agric. Syst.*, **55**: 503-533, doi: 10.1016/S0308-521X(97)00022-X
- Dorin B., Paillard S., Treyer S., 2010. Agrimonde : Scénarios et défis pour nourrir le monde en 2050. Quae, France
- Dugué P., 1998. Flux de biomasse et renouvellement de la fertilité des sols à l'échelle du terroir. Etude de cas d'un terroir villageois sereer au Sénégal. *Agric. Dév.*, **18**: 99-107
- Dugué P., Andrieu N., Blanchard M., Chia E., Havard M., Le Gal P.Y., Penot E., et al., 2013. Evolutions des relations agriculture élevage en zones de savane africaines et malgaches : quelques enseignements pour la polyculture élevage en France. In : Séminaire national « Les systèmes de polyculture-élevage dans les territoires ». ACTA INRA, Toulouse, France. www.academia.edu/13752794/Evolutions_des_relations_agriculture_%C3_%A9levage_en_zones_de_savane_africaines_et_malgaches_quelques_enseignements_pour_la_polyculture_%C3_%A9levage_en_France?auto=download (consulté le 22 janvier 2016)

- Edwards C.A., Grove T.L., Harwood R.R., Colfer C.P., 1993. The role of agroecology and integrated farming systems in agricultural sustainability. *Agric. Ecosyst. Environ.*, **46**: 99-121, doi: 10.1016/0167-8809(93)90017-J
- Ellis F., 2000. Rural livelihoods and diversity in developing countries. Oxford University Press, Oxford, UK
- Fath B.D., Patten B.C., 1999. Review of the foundations of network environ analysis. *Ecosystems*, **2**: 167-179, doi: 10.1007/s100219900067
- Fath B.D., Scharler U.M., Baird D., 2013. Dependence of network metrics on model aggregation and throughflow calculations: Demonstration using the Sylt-Rømø Bight Ecosystem. *Ecol. Model.*, **252**: 214-219, doi: 10.1016/j.ecolmodel.2012.06.010
- Fath B.D., Scharler U.M., Ulanowicz R.E., Hannon B., 2007. Ecological network analysis: network construction. *Ecol. Model.*, **208**: 49-55, doi: 10.1016/j.ecolmodel.2007.04.029
- Finn J.T., 1980. Flow analysis of models of the Hubbard Brook ecosystem. *Ecology*, **61**: 562-571, doi:10.2307/1937422
- Hannon B., 1973. The structure of Ecosystems. *J. Theor. Biol.*, **41**: 535-546, doi: 10.1016/0022-5193(73)90060-X
- Herrero M., Thornton P.K., Notenbaert A.M., Wood S., Msangi S., Freeman H.A., Bossio D. et al., 2010. Smart investments in sustainable food production: Revisiting mixed crop-livestock systems. *Science*, **327**: 822-825, doi:10.1126/science.1183725
- Landais E., Lhoste P., 1990. L'association agriculture-élevage en Afrique intertropicale : un mythe techniciste confronté aux réalités du terrain. *Cah. Sci. Hum.*, **26** : 217-235
- Landais E., Lhoste P., 1993. Systèmes d'élevage et transferts de fertilité dans la zone des savanes africaines. *Cah. Agric.*, **2** : 9-25
- Leontief W.W., 1951. The structure of American economy, 1919-1939: an empirical application of equilibrium analysis. Oxford University Press, New York, USA
- Nations unies, 2014. Situation de la population mondiale en 2014. Rapport concis.
- Nianogo A.J., Somda J., 1999. Diversification et intégration inter-spécifique dans les élevages ruraux au Burkina Faso. *Biotechnol. Agron. Soc. Env.*, **3** : 133-139
- Niehof A., 2004. The significance of diversification for rural livelihood systems. *Food Policy*, **29**: 321-338, doi: 10.1016/j.foodpol.2004.07.009
- Powell J.M., Pearson R.A., Hiernaux P.H., 2004. Crop-livestock interactions in the West African drylands. *Agron. J.*, **96**: 469-483, doi: 10.2134/agronj2004.4690
- Rae A., Nayga R., Steinfeld H., Mooney H.A., Schneider F., Neville L.E., et al., 2010. Trends in consumption, production, and trade in livestock and livestock products. In: *Livestock in a changing landscape: Drivers, consequences, and responses*, Vol. 1 (Steinfeld H., Mooney H., Scheider F., Neville L.E). DC: Island Press, Washington, USA, 11-33
- Reardon T., 1994. La diversification des revenus au Sahel et ses liens éventuels avec la gestion des ressources naturelles par les agriculteurs. In : Séminaire Cirad/FAO, Agriculture durable dans la zone soudano-sahélienne, Dakar, Sénégal, 11-14 jan. 1994
- Rufino M.C., Hengsdijk H., Verhagen A., 2009a. Analysing integration and diversity in agro-ecosystems by using indicators of network analysis. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, **84**: 229-247, doi: 10.1007/s10705-008-9239-2
- Rufino M.C., Titttonell P., Reidsma P., López-Ridaura S., Hengsdijk H., Giller K.E., Verhagen A., 2009b. Network analysis of N flows and food self-sufficiency – a comparative study of crop-livestock systems of the highlands of East and Southern Africa. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, **85**: 169-186, doi: 10.1007/s10705-009-9256-9
- Schaubroeck T., Staelens J., Verheyen K., Muys B., Dewulf J., 2012. Improved ecological network analysis for environmental sustainability assessment; a case study on a forest ecosystem. *Ecol. Model.*, **247**: 144-156, doi: 10.1016/j.ecolmodel.2012.08.018
- Schleich K., 1986. Is manure to replace fallow land? Possible utilization of manure as prevailing in Occidental Africa savannah. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **39** (1): 97-102, doi: 10.19182/remvt.8616
- Sims R.E., 2011. Energy-smart food for people and climate. FAO, Rome, Italy, 66 p.
- Smith J.W., Naazie A., Larbi A., Agyemang K., Tarawali S., 1997. Integrated crop-livestock systems in sub-Saharan Africa: An option or an imperative? *Outlook Agric.*, **26** (4): 237-246, doi: 10.1177/003072709702600405
- Stark F., 2016. Evaluation agroécologique des pratiques d'intégration agriculture-élevage : Application de l'analyse de réseau écologique à des exploitations agricoles en milieu tropical humide. Thèse Doct., AgroParisTech, Montpellier, France, 246 p., <http://prodirna.inra.fr/record/355944>
- Traoré M., Nacro H.B., Ouédraogo D., Sanou M.R., 2013. Dynamique et performance économique des systèmes de production agricole à base de coton dans les villages de Karaborosso et de Kotoura (Ouest du Burkina Faso). *Sci. Chang. Planétaires Sécheresse*, **24** : 115-128, doi: 10.1684/sec.2013.0383
- Ulanowicz R.E., 2001. Information theory in ecology. *Comput. Chem.*, **25**: 393-399, doi: 10.1016/S0097-8485(01)00073-0
- Vall E., Chia E., Blanchard M., Koutou M., Coulibaly K., Andrieu N., 2016. La co-conception en partenariat de systèmes agricoles innovants. *Cah. Agric.*, **25** (1), 15001. doi : 10.1051/cagri/2016001
- Vall E., Dongmo A.L., Ndao T., Ilboudo I., 2004. Evolution of draft animal power practices and consequences on crop systems sustainability. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **57** (3-4): 145-155, doi: 10.19182/remvt.9885
- Vall E., Dugué P., Blanchard M., 2006. Le tissage des relations agriculture-élevage au fil du coton. *Cah. Agric.*, **15** : 72-79
- Vall E., Diallo M.A., 2009. Savoirs techniques locaux et pratiques : la conduite des troupeaux aux pâturages (Ouest du Burkina Faso). *Nat. Sci. Sociétés*, **17** : 122-135, doi: 10.1051/nss/2009024
- Vall E., Koutou M., Blanchard M., Coulibaly K., Diallo A.M., Andrieu N., 2012. Evolutions des relations agriculture élevage en zones de savanes africaines et malgaches : quelques enseignements pour la polyculture élevage en France. In : Sémin. national Les systèmes de polyculture-élevage dans les territoires, ACTA INRA, Toulouse, France, 4-5 juin 2013
- Vayssières J., Vigne M., Alary V., Lecomte P., 2011. Integrated participatory modelling of actual farms to support policy making on sustainable intensification. *Agric. Syst.*, **104**: 146-161, doi: 10.1016/j.agry.2010.05.008
- Vigne M., 2012. Flux d'énergie au sein de systèmes d'élevage laitier contrastés : élaboration d'indicateurs et analyse de la diversité inter- et intra-territoire. Thèse doct., Agro Campus Ouest, Bretagne, France, 271 p.

Summary

Bénagabou O.I., Blanchard M., Bougouma/Yaméogo V.M.C., Vayssières J., Vigne M., Vall E., Lecomte P., Nacro H.B. Does crop-livestock integration improve energy-use efficiency, recycling and self-sufficiency of smallholder farming systems in Burkina Faso?

Faced with the major challenge of global population growth, the agricultural sector must reconcile an increase in food production with a decrease in its environmental impact. Crop-livestock integration (CLI) by mixed family farms with low-level inputs may be one way of doing this. One of CLI main principles is to use the resources produced by the various activity units on the farm to manage other units. CLI is built around three major practices: animal draft, forage storage, and organic manure production. The objective of this study was to analyze the effects of these practices on the autonomy, recycling and energy efficiency of mixed family farms. To do this, the gross energy flows of eight mixed family farms in the cotton-growing area of Western Burkina Faso, monitored over a twenty months' period, were analyzed with the ecological network analysis (ENA) method. The results showed that fodder storage and organic manure production enabled farms to increase recycling and autonomy, and to acquire better energy efficiency. The ENA method highlights the characteristics and performance of farms of different types (crops, crop-livestock, and livestock). It also assesses the contribution of CLI practices to this performance. However, there remains leeway on the level of implementation of CLI practices to improve energy recycling on mixed family farms in the cotton-growing area of Western Burkina Faso.

Keywords: mixed farming, organic recycling, feed crop, crop residue, agroecology, efficiency, Burkina Faso

Resumen

Bénagabou O.I., Blanchard M., Bougouma/Yaméogo V.M.C., Vayssières J., Vigne M., Vall E., Lecomte P., Nacro H.B. La integración de cultivos-ganadería mejora la eficiencia del uso de energía, reciclaje y auto suficiencia de los pequeños sistemas finqueros en Burkina Faso?

Frente al gran reto del crecimiento global de la población, el sector agrícola debe reconciliar un aumento en la producción de alimentos con una disminución de su impacto ambiental. La integración de cultivos-ganadería (ICG) en fincas familiares mixtas con bajo nivel de ingresos puede ser una manera de lograrlo. Uno de los principales principios de ICG es el de usar los recursos producidos por las varias unidades de actividad en la finca, para manejar otras unidades. ICG se construye alrededor de tres prácticas principales: tiro animal, almacenamiento del forraje y producción orgánica de estiércol. El objetivo del presente estudio fue analizar los efectos de estas prácticas sobre la autonomía, reciclaje y eficiencia energética de las fincas familiares mixtas. Para esto, se analizó mediante el método de análisis de red ecológica (ENA), el flujo bruto de energía de ocho fincas familiares mixtas en la región criadora de algodón del oeste de Burkina Faso, monitoreadas durante un periodo de veinte meses. Los resultados mostraron que el almacenamiento de forraje y la producción de estiércol orgánico permitieron a las fincas aumentar el reciclaje y la autonomía, y adquirir mejor eficiencia energética. El método ENA subraya las características y rendimiento de fincas pertenecientes a diferentes estructuras (fincas de cultivo, fincas cultivo-ganadería y fincas de ganaría). También evalúa la contribución de las prácticas de ICG a este rendimiento. Sin embargo, queda margen a nivel de la implementación de las prácticas de ICG para mejorar el reciclaje de energía en las fincas familiares mixtas en la zona criadora de algodón del oeste de Burkina Faso.

Palabras clave: explotación agrícola combinada, reciclaje orgánico, planta forrajera, residuo de cosecha, agroecología, eficacia, Burkina Faso

Sheep herding systems and animal genetic resource management in the Central Plateau region of Burkina Faso

Kisito Tindano¹ Nassim Moula^{1,2*} Amadou Traoré³
Pascal Leroy^{1,2} Nicolas Antoine-Moussiaux^{1,2}

Keywords

Sheep, Mossi Djallonke ewe, genetic resource, rural area, typology, Burkina Faso

Submitted: 7 April 2017

Accepted: 14 November 2017

Published: 11 December 2017

DOI: 10.19182/remvt.31480

Summary

As in the entire livestock sector in developing countries, sheep farming in Burkina Faso has been facing an increasing demand in a context of constraining socioeconomic and environmental production. This has resulted in poorly controlled crossbreeding in suburban Ouagadougou, the capital. In order to identify ways to manage these practices so as to make sheep systems sustainable, a survey was conducted with 63 livestock farmers in the Central Plateau region. The main objective was to assess the possibilities of integrated management between rural and suburban breeders, particularly by means of exchange of females. The data were collected through direct interviews using a questionnaire with open and closed questions. The results showed that all farmers had breeding strategies through the selection of breeding males. This selection mainly occurred within their own herd (98% of the interviewees) and sometimes in markets (22%). The main improvement objectives were adult weight and lamb growth, or maintenance of hardiness. The Djallonke ewe of the Mossi variety was the most common breed in the area (present in 97% of herds). Implementing their objectives, the breeders crossed their Mossi ewes with Fulani rams, larger in size, but provisionally to limit the loss of resistance of their flock. The potential link with suburban breeders' production via the sale of females appeared to face cultural constraints. The production system described by the breeders had sustainability constraints and did not allow for real integration with the suburban system. Participatory approaches should be implemented locally to develop appropriate solutions to increase production and sustainable management of animal genetic resources.

■ How to quote this article: Tindano K., Moula N., Traoré A., Leroy P., Antoine-Moussiaux N., 2017. Sheep herding systems and animal genetic resource management in the Central Plateau region of Burkina Faso. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **70** (2): 43-50, doi: 10.19182/remvt.31480

■ INTRODUCTION

Urbanization and population growth have spurred a considerable increase in demand for animal products in West Africa (FAOSTAT, 2016). Besides poultry, which is first concerned by this increase, meat of small ruminants appears as a growing sector. Mutton is, indeed, culturally important in the subregion, linked to its role in Islam. In

2011, Burkina Faso had more than eight million sheep with 6.2% of this flock in the Central Plateau region (MRA, 2012). The national flock is divided into three genetic subgroups: Fulani sheep, Mossi Djallonke sheep and West African Dwarf sheep (Traoré et al., 2008). The first two sheep are encountered in the Central Plateau region. Mossi Djallonke sheep is described as small and hardy, i.e. adapted to Sudanese climate and resistant to diseases, whereas the Fulani sheep is heavy but susceptible to diseases and environmental stress (Tindano et al., 2015). Together with Mali and Niger, Burkina Faso constitutes the main provider of ruminants to coastal countries of West Africa (Renard, 2003; Josserand, 2013), with a share of small ruminants of 16% in the total livestock exports (Josserand, 2013). In Burkina Faso, between 2007 and 2011, small ruminant meat consumption increased annually by about 3%, reaching 53,173 tons (FAOSTAT, 2013).

The increase in demand for meat could benefit poor rural farmers if they had better access to markets and training in good management practices. These practices cover health, nutrition and reproduction of

1. Fundamental and Applied Research for Animals and Health (FARAH), Sustainable Animal Production, Faculty of Veterinary Medicine, University of Liege, 4000 Liege, Belgium.

2. Tropical Veterinary Institute, Faculty of Veterinary Medicine, University of Liege, Liege, Belgium.

3. INERA, Ouagadougou, Burkina Faso.

* Corresponding author

Email: nassim.moula@uliege.be



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

their herd (Kosgey and Okeyo, 2007). Health and feeding problems are often cited as major constraints to production (Tindano et al., 2015). All animal production is based on the genetic resources used and thus the management of these resources is key to sustainability (Hoffmann, 2011). It suggests improvement based on local breeds in accordance with the new challenges of the livestock sector (FAO, 2007).

Suburban sheep breeding around Ouagadougou appears threatened by the poor management of genetic resources. This management mainly consists in crossbreeding Fulani rams with Mossi ewes without a strict control of the level of Fulani sheep blood. This moves the genetic pool toward higher weights but lesser resistance given the characteristics of Fulani sheep (Tindano et al., 2015). The link between rural and suburban producers could benefit to the overall management of animal genetic resources, the rural areas then appearing as a sustainable source of highly adapted genetic material. The Central Plateau region covers the eastern, northern and western suburban zone of Ouagadougou. Furthermore, it represents the cradle of the Mossi Djallonke sheep. With the prospect of identifying ways for the sustainable and inclusive development of suburban and rural sheep breeding in Burkina Faso, this study aimed at characterizing the present systems involved in sheep production in rural areas of the Central Plateau region. It particularly focused on the status of genetic resources in rural breeding systems, i.e. farmers' objectives on this issue and their management practices in order to assess the possibilities of implementing a genetic improvement program and a connection between the two systems.

■ MATERIALS AND METHODS

Study area

The study area covers two provinces of the Central Plateau region (Oubritenga and Kourweogo). Ziniaré, the administrative center of this region, is located at 12° 35' N and 1° 11' W. The climate is of the North Sudan type. Rainfalls range from 600 to 800 millimeters per year and extend from June to October. Vegetation is of the tree and shrub savanna type with an herbaceous layer, abundant in the rainy season, dominated by species such as *Pennisetum pedicellatum*, *Cenchrus biflorus*, *Aristida adscensionis*, *Brachiaria plantaginea* and a ligneous layer dominated by *Combretum micranthum*, *Lannea microcarpa*, *Vitellaria paradoxa* and *Parkia biglobosa*.

Sampling and data collection

The survey involved 63 producers in six zones of technical livestock support (ZATE). Ten farmers were randomly selected per zone in a list including owners, as provided by livestock technicians. Given the objective of studying the present trend of the local management of genetic resources, owners keeping a minimum of 10 animals were selected for the survey. One of the areas, being particularly large, motivated the selection of 13 farmers. Data was collected through direct interviews from April 3 to May 11, 2013. Closed and open-ended questions addressed the following topics: i) socioeconomic characteristics of sheep farms, ii) sheep genetic resources and their management, iii) husbandry practices, iv) objectives and constraints, and v) market integration (inputs, products and breeding).

Statistical analysis

All statistical analyses were performed with R (version 3.1.0). Descriptive statistics, multiple correspondence analysis (MCA) and hierarchical classification analysis (HCA) were performed to establish a typology (package FactoMineR, function MCA and HCPC) (Agro Campus Ouest, Rennes, France). The variables used for MCA

and HCA are described in Table I. Chi-square or Fisher's exact tests were conducted to evaluate the dependence between clusters and categorical variables, as well as among categorical variables.

Table I

Meaning of codes used in the multiple correspondence analysis and hierarchical classification analysis of breeders' characteristics in the Central Plateau of Burkina Faso

| Variables | Codes | Modalities | % Breeders |
|---|-----------|--|------------|
| Non-agricultural economic activity | econoact | econ_yes: yes | 34.9 |
| | | econ_no: no | 65.1 |
| Sheep feeding method | feeding | nat.past: natural pasture exclusively | 22.2 |
| | | combin: combination of pasture and complementation | 77.8 |
| Sheep guarding system | shepherd | shep_yes: sheep guarded by shepherd all year | 31.7 |
| | | shep_no: sheep in scavenging in the dry season | 69.8 |
| Systematic deworming | deworm | dewor_yes: yes | 42.9 |
| | | dewor_no: no | 57.1 |
| Number of sheep | effective | effect1: number of sheep < 30 | 60.3 |
| | | effect2: number of sheep between 30 and 50 | 22.2 |
| | | effect3: number of sheep > 50 | 17.5 |
| Ethnicity of breeder | ethnic | mossi: Mossi herder | 71.4 |
| | | fulani: Fulani herder | 28.6 |
| Crossing experiment | crossing | cross_yes: has conducted crossing experiments with sheep | 58.7 |
| | | cross_no: never conducted crossing experiments with sheep | 41.3 |
| Education | education | no.educat: no education | 39.7 |
| | | alphanb: secondary, primary or literate in local language | 39.7 |
| | | koran: Koranic school | 20.6 |
| Breeding sheep | breeds | djalon: only Djallonke breed | 69.8 |
| | | dja_fula: Djallonke and Fulani breeds | 30.2 |
| Livestock rank in the household economy | rank | princip: livestock as the main economic activity | 39.7 |
| | | second: livestock as the secondary or tertiary economic activity | 60.3 |

■ RESULTS

Socioeconomic characteristics

Interviewees' socioeconomic characteristics are presented in Table II.

Table II

Breeders' socioeconomic characteristics in the Central Plateau of Burkina Faso

| Characteristics | % |
|--------------------------------|------|
| Sex | |
| Men | 96.8 |
| Women | 03.2 |
| Ethnic group | |
| Mossi | 71.4 |
| Fulani | 28.6 |
| Instruction level | |
| No instruction | 39.7 |
| Koranic school | 20.6 |
| Literate in the local language | 27.0 |
| Primary | 11.1 |
| Secondary | 01.6 |
| Marital status | |
| Co-wife | 01.6 |
| Single | 01.6 |
| Widow | 01.6 |
| Monogamous married | 49.2 |
| Polygamous married | 46.0 |
| Origin of initial flock | |
| Inheritance | 65.1 |
| Purchased | 34.9 |
| Rank of livestock | |
| Principal activity | 39.7 |
| Secondary activity | 58.7 |
| Tertiary activity | 01.6 |
| Livestock system | |
| Sedentary | 96.8 |
| Seasonal transhumance | 03.2 |
| Other species | |
| Poultry | 100 |
| Cattle | 90.5 |
| Goat | 93.5 |
| Crop production | |
| Home consumption | 100 |
| Cash crops | 76.2 |
| Market gardening | 36.5 |
| Non agricultural activity | |
| Trade | 17.5 |
| Handicraft | 14.3 |
| Paid jobs | 03.2 |
| Rank of sheep in livestock | |
| Principal | 30.2 |
| Secondary | 69.8 |

Flock structure and general husbandry are presented in Table III. The flock mean size was 32.5 sheep and the median number of sheep 26 (range: 10–117). The average male-to-female ratio was 1:4 and the number of lambs per adult female 0.6 ± 0.3 .

The average percentage of head sold annually was 25.4% of the flock at the time of survey (range 0–40%). The sales mainly involved adult males, often to cover social expenses or to buy new cattle and cattle feed. Culling was not based on age or performance.

Most of the animals were usually sold in local markets to collectors, who transported them to Ouagadougou market or sold them to exporters. During festive periods (Muslim feast of sacrifice, Christmas and New Year), however, some producers reported directly selling their fattened rams in Ouagadougou. Most times, this was carried out by settling down along the main roads of the city to offer their animals directly to consumers. These animals were almost all destined for slaughter and thus there was almost no exchange of animals for

Table III

Flock structure and breeders' management characteristics in the Central Plateau of Burkina Faso

| Variables | % |
|-------------------------------|-----------------|
| Flock structure | |
| Adult males | 14.2 ± 8.1 |
| Adult females | 55.6 ± 13.1 |
| Lambs | 30.2 ± 11.2 |
| Feeding system | |
| Exclusively natural pasture | 22.2 |
| Complementation | 77.8 |
| Guarding system in dry season | |
| Freely grazing | 69.8 |
| Herdsman | 30.2 |
| Dry season drinking water | |
| Drill-holes | 79.4 |
| Wells | 39.7 |
| Water impoundments | 07.9 |
| Vaccination | |
| Regularly | 39.7 |
| Not regularly | 60.3 |
| Deworming | |
| Regularly | 42.9 |
| Not regularly | 57.1 |
| Breeds present in flocks | |
| Mossi sheep | 96.8 |
| Fulani sheep | 30.2 |
| Origin of breeding stock | |
| Own flock | 98.4 |
| Marketplace | 22.2 |
| Other breeders | 12.7 |
| Selection criteria | |
| Size and weight | 77.8 |
| Coat | 38.1 |
| Conformation | 22.2 |
| Growth | 09.5 |
| Horn size | 09.5 |
| Hardiness | 06.3 |

breeding between producers of this region and those of the suburban area of Ouagadougou.

According to interviewees, the major expenditures for flock management were animal feed and veterinary costs, which were therefore presented as the major constraints.

Husbandry practices

Sheep feeding in all surveyed farms was based on natural pastures. It combined crop residues (sorghum stalk, groundnut hay), conserved fodder collected on natural pastures, and concentrates (cotton-oil cake, maize or sorghum bran) during the dry season (Table III). During the rainy season, all the flocks were watched over to prevent damages to crops. During the dry season, however, 69.84% of interviewees let their flocks graze freely in natural pastures.

According to most breeders, livestock services did not provide a solution to health problems. Some breeders vaccinated their sheep against pasteurellosis and dewormed them regularly (Table III). In case of disease, half of the farmers (32) declared buying the products on the market or from a technician, but without prior diagnosis. Traditional veterinary treatments were used by 30.2% of interviewees. Breeders explained their low use of veterinary services by the high cost of technicians and the little reassurance with regard result quality. Half of producers were more than six kilometers away from the health center. The main sheep diseases cited were diarrhea (68.5%), respiratory diseases (55.6%), nervous disorders (22.2%), bloating (18.5%), and sudden death (18.5%).

Animal genetic resource management

Reproduction

All interviewees declared making a deliberate choice of breeding males but also females when available numbers were sufficient. Thus, females that had functional or morphological defects were eliminated. Females with improper coat color were also excluded based on traditional beliefs. The breeding stock was selected within their own flock (98.4%), sometimes on the market place (22.2%) or directly from other breeders (12.7%). Rejected males and females were sold for slaughter. However, they could remain in the flock for a long period, waiting for a favorable price or specific financial needs. Castration of males was not practiced in sheep but commonly in goats. When sheep were left to graze, different flocks met with no specific mating control. Some farmers kept their male(s) tethered to prevent theft risks. Most breeders did not perceive inbreeding as a problem; only 4.8% of them mentioned possible disadvantages, e.g. poor growth.

Genetic improvement

Breeders described three sheep types: the Mossi Djallonke sheep, also called savanna Djallonke, the Fulani sheep, and their crossbreeds. Stated breeding objectives were to improve adult weight (84.1%) and lamb growth (79.4%). Other important objectives were to maintain hardiness (73%) and coat color (19%).

At the time of our visit, 27% of farmers had been testing crossbreeding. However, 31.7% had already practiced crossbreeding and stopped to limit the level of Fulani sheep blood in the herd. The crossbreeding strategy considered here was the temporary introduction of a Fulani ram in the Djallonke flock. After the birth of the first crossbred lambs, the Fulani purebred ram was eliminated. A large majority of breeders (84.1%) was willing to invest financially in the acquisition of 'improved breeding males', i.e. producing heavy lambs while maintaining disease resistance. The herders interviewed nevertheless believed that one individual could not carry both traits at the same time. Most breeders (82.5%) sporadically sold breeding stock to other breeders. Among them, 36.5% sold only rams and 63.5% sold rams

and females. When selling to other farmers, 51.9% said that prices were higher than those on the market and 36.5% reported lower prices. The remaining farmers believed that there was no difference. The perception of these prices was significantly related to the ethnic group ($p < 0.001$), with Mossi farmers expecting lower prices. Many breeders (76.2%) said they would agree to sell regularly young females to other breeders if they received direct requests. These breeders estimated the number of young females that may be sold annually at 3.3 ± 1.7 .

Typology

Multiple correspondence analysis

For the MCA, the first three dimensions were selected, accounting for 51.35% of the total variability. An analysis of variance allowed determining the variables that significantly contributed to the definition of the first three axes (Table IV).

Axis 1 appears in Figure 1 as a livestock system axis opposing modalities describing pastoral livestock (with positive coefficients) to those describing agropastoral livestock (with negative coefficients). These modalities are those that have thus contributed most to the construction of axis 1.

Axis 2 in Figure 1 describes animal genetic resource management, opposing crossbreeding (with positive coefficients) to purebred farming (with negative coefficients).

Table IV

Variables of breeders' characteristics (Central Plateau, Burkina Faso) used in the multiple correspondence analysis and hierarchical classification analysis, and their degrees of link with the cluster (as variable) and the first three axes

| Variables | Codes | Axis 1 | Axis 2 | Axis 3 | Cluster |
|---|-----------|--------|--------|--------|---------|
| Non-agricultural economic activity | econoact | * | – | *** | * |
| Sheep feeding method | feeding | *** | – | – | *** |
| Sheep guarding system | shepherd | *** | – | – | * |
| Systematic deworming | deworm | * | * | * | * |
| Number of sheep | effective | *** | – | *** | ** |
| Ethnicity of breeder | ethnic | *** | – | – | *** |
| Crossing experiment | crossing | – | *** | – | *** |
| Education | education | – | * | *** | – |
| Breeding sheep | breeds | – | *** | ** | *** |
| Livestock rank in the household economy | rank | *** | – | – | *** |

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$; – : not significant

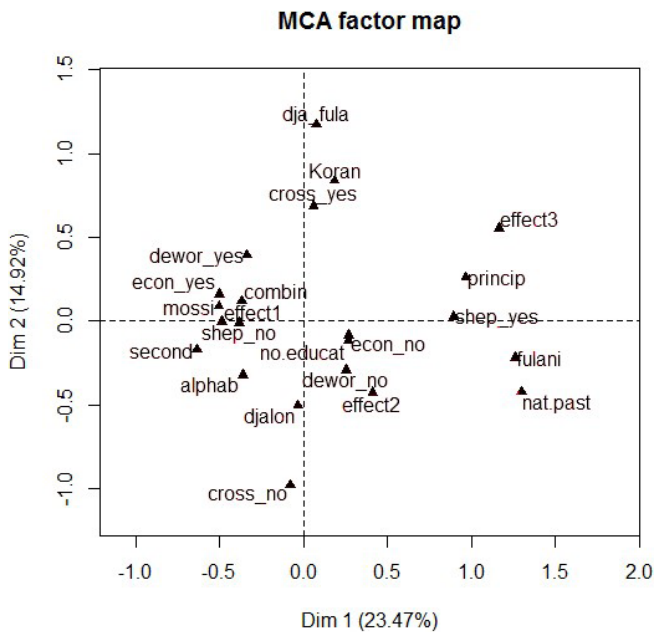


Figure 1: Breeders' characteristics (Central Plateau, Burkina Faso). Modality coordinates on the first two axes. *econ_yes*: non-agricultural economic activity; *econ_no*: no non-agricultural economic activity; *nat.past*: use of natural pasture exclusively; *combin*: combination of pasture and complementation; *shep_yes*: sheep guarded by shepherd all year; *shep_no*: sheep scavenging in the dry season; *dewor_yes*: systematic deworming; *dewor_no*: no systematic deworming; *effect1*: num. of sheep < 30; *effect2*: num. of sheep between 30 and 50; *effect3*: num. of sheep > 50; *mossi*: Mossi herder; *fulani*: Fulani herder; *cross_yes*: has conducted crossbreeding experiments with sheep; *cross_no*: never conducted crossbreeding experiments with sheep; *no.educat*: noeducation; *alphab*: secondary, primary or literate in local language; *koran*: Koranic school; *djalon*: only Djallonke breed; *dja_fula*: Djallonke and Fulani breeds; *princip*: livestock as the main economic activity; *second*: livestock as the secondary or tertiary economic activity.

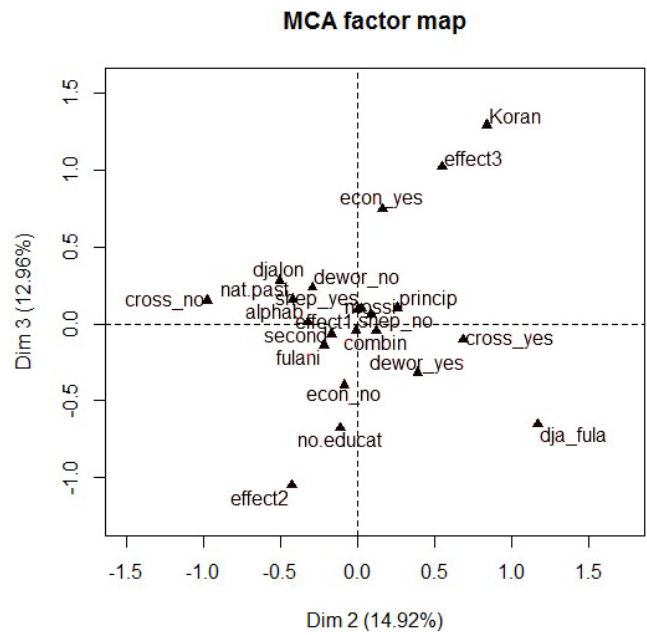


Figure 2: Breeders' characteristics (Central Plateau, Burkina Faso). Modality coordinates on axes 2 and 3. *econ_yes*: non-agricultural economic activity; *econ_no*: no non-agricultural economic activity; *nat.past*: use of natural pasture exclusively; *combin*: combination of pasture and complementation; *shep_yes*: sheep guarded by shepherd all year; *shep_no*: sheep scavenging in the dry season; *dewor_yes*: systematic deworming; *dewor_no*: no systematic deworming; *effect1*: num. of sheep < 30; *effect2*: num. of sheep between 30 and 50; *effect3*: num. of sheep > 50; *mossi*: Mossi herder; *fulani*: Fulani herder; *cross_yes*: has conducted crossbreeding experiments with sheep; *cross_no*: never conducted crossbreeding experiments with sheep; *no.educat*: noeducation; *alphab*: secondary, primary or literate in local language; *koran*: Koranic school; *djalon*: only Djallonke breed; *dja_fula*: Djallonke and Fulani breeds; *princip*: livestock as the main economic activity; *second*: livestock as the secondary or tertiary economic activity.

Axis 3 in Figure 2 discriminates economic levels of households, opposing the modalities such as 'large flock', 'non-agricultural economic activities', and 'Koranic education' (positive coefficients) to 'midsize flock', 'lack of non-agricultural economic activity', and 'lack of formal education' (negative coefficients).

Hierarchical classification and description of clusters

HCA was performed on all 12 observed variables. Apart from 'education level', all variables were significantly related to the cluster variable (Table IV).

The clusters were characterized (Table V) through the numbers of breeders in these clusters per modality. Cluster1 mainly refers to the first group of modalities described in Figure 1 (positive values on axis 1). Therefore, this is the group of pastoral livestock keepers. Cluster2 mainly refers to the group of modalities with negative values on axis 1: this is the group of agropastoral livestock keepers. Cluster3 is characterized by crossbreeding practice and the absence of formal education. Like cluster2, individuals in cluster3 combine the use of pastures and supplementary feeding and belong to the Mossi ethnic group.

DISCUSSION

Socioeconomic characteristics

The survey aimed at interviewing the persons in charge of sheep management within the households with more than ten sheep. This

may partly explain the predominance of men in the sample, due to their status of family head in the study area. Thus, studies focusing on women are needed to characterize better their involvement, objectives, constraints and practices. A similar predominance was found in sheep farmers in Ethiopia (Edea et al., 2012).

The recent installation of several farmers (purchase of initial flock) shows the dynamism of this population and that sheep farming is an attractive activity in this rural area. Also 40% of interviewees kept livestock as a primary economic activity and 30% identified themselves as 'traditional livestock keepers' (Fulani). Therefore, specialized livestock keepers are not only those maintaining a secular activity but also the result of an active decision to invest in the sector. This dynamism can also be explained by the need to cope with climate variability by the integration of livestock to crop production. Similar observations have been made in Kenya where the dichotomy between pastoralists and crop producer tends to make way for integration (Kosgey et al., 2008). The typology shows a group (cluster3) that goes beyond this integration. This group is identified in the sample by a more frequent practice of crossbreeding. The livestock keepers of this cluster were essentially agropastoralists. In this group, livestock activities were thus directed toward the generation of monetary income, by the sale of animals for slaughter. Crossbreeding was practiced through the temporary inclusion of a Fulani ram in the herd. Therefore, the replacement females with a harder phenotype were produced by the alternate use of rams of the

Table V

Distribution (number) of breeders' characteristics (Central Plateau, Burkina Faso) in clusters by modalities of each variable

| Variables | Codes | Cluster1 | Cluster2 | Cluster3 | Total |
|---|-----------|----------|----------|----------|-------|
| Non-agricultural economic activity | econ_no | 13 | 16 | 12 | 41 |
| | econ_yes | 2 | 15 | 5 | 22 |
| Sheep feeding method | combin | 4 | 29 | 16 | 49 |
| | nat.past | 11 | 2 | 1 | 14 |
| Sheep guarding system | shep_no | 5 | 26 | 13 | 44 |
| | shep_yes | 10 | 5 | 4 | 19 |
| Systematic deworming | dewor_no | 14 | 16 | 6 | 36 |
| | dewor_yes | 1 | 15 | 11 | 27 |
| Number of sheep | effect1 | 4 | 23 | 11 | 38 |
| | effect2 | 3 | 6 | 5 | 14 |
| | effect3 | 8 | 2 | 1 | 11 |
| Ethnicity of breeder | fulani | 13 | 3 | 2 | 18 |
| | mossi | 2 | 28 | 15 | 45 |
| Crossing experiment | cross_no | 6 | 20 | 0 | 26 |
| | cross_yes | 9 | 11 | 17 | 37 |
| Education | alphan | 4 | 15 | 6 | 25 |
| | Koran | 5 | 6 | 2 | 13 |
| | no.educat | 6 | 10 | 9 | 25 |
| Breeding sheep | dja_fula | 3 | 0 | 16 | 19 |
| | djalon | 12 | 31 | 1 | 44 |
| Livestock rank in the household economy | princip | 15 | 2 | 8 | 25 |
| | second | 0 | 29 | 9 | 38 |

Mossi type. This practice, however, led us to reconsider the notion of pure breed in this area. Crossbreeding was less frequently practiced in the pastoralist group (cluster1). This group, using less veterinary products and complementation, was aware of the need for more hardiness.

The literacy level appeared lower than that reported in sheep farmers in Nigeria (Anyanwu et al., 2010). This can be a handicap for awareness actions or training and therefore innovation. In addition, data recording by farmers, as needed for overall improvement of management and selective breeding, might be difficult to implement (Kosgey and Okeyo, 2007; Mirkena et al., 2012).

Husbandry

The predominance of small flocks, with more than half of them comprising less than thirty sheep, could result in high levels of inbreeding. Uncontrolled mating can also contribute to this inbreeding in that it leaves the possibility of mating between very close individuals. Meetings of stray animals could, however, help mitigate this inbreeding (Kosgey et al., 2008). The male-to-female ratio showed the presence of several rams in the flocks. The farm inclination toward savings may explain this; the sales of males depend on events requiring liquidity.

The feeding system combining natural pasture and crop residues as well as animals straying in the dry season has also been observed in Ethiopia (Gizaw et al., 2009; Edea et al., 2012). The latter practice is incompatible with mating control and selective breeding. This feeding system must be well handled before any breeding program can be implemented. The typology shows that this practice is one of clusters 2 and 3. These breeders practice crop production as a traditional activity and livestock as a secondary one. They only perceive animal keeping as a way to protect crops in the rainy season, unlike cluster1 breeders who have livestock as their main activity and use shepherds all year long. Thus, mating control could be more easily implemented in the latter group.

The problem of low veterinary coverage, as well as self-medication, was related, in the opinion of the producers, to the high cost of services and products. The lack of trust in the effectiveness of interventions also emerged from the interviews. This may be understood in relation with the lack of observability of the quality of veterinary services: difficulty in distinguishing counterfeit products and in estimating the actual qualification of technicians (Van den Bossche et al., 2004). Facing the absence of animal health care in the zone, actions aimed at building capacities in veterinary services and building trust between them and farmers might much improve livestock production and farmers' livelihoods. Community-based animal health workers could as such play an important role (Peeling and Holden, 2004).

Reproduction and animal genetic resources

The choice of breeding stock to improve the future flock was a viewpoint widely shared in the study. Nevertheless, because of the small size of the herds and of choosing the breeding stock mainly in farmers' own herds, the risk of inbreeding was high, the more so as breeders did not perceive this inbreeding as a problem. Raising awareness about the effects of inbreeding seemed necessary in order to gradually direct the breeders toward exchanges of breeding males. As also reported in sheep breeding in Ethiopia (Gizaw et al., 2009), there was no strict mating control since animals were left free to graze in the dry season and unselected males were not castrated. The absence of castration can be explained by the low price of castrated males on markets, as they are not allowed for the Muslim sheep sacrifice. This particularity should be addressed if a breeding program is implemented, in order to allow only selected males to mate. Facing theft risk, some farmers chose to keep their rams tethered, which in fact allowed other rams to mate with females of the flock. Hence, in order to be an opportunity for mating control, this practice should be generalized to all breeders of a same locality. However, maintenance of males for their use in controlled breeding requires additional spending on feed, which could slow the adoption of this practice.

The main selection criteria were body size, adult weight and coat color. The same results were observed in different areas in Ethiopia (Gizaw et al., 2010; Melaku et al., 2012). The objectives behind these selection criteria were primarily to improve weight and growth. Maintaining hardiness was also explicitly stated as a breeding goal as it appeared as a desired quality of 'improved sires', explaining the use of the Mossi Djallonke sheep as the main breed. These results were

similar to those observed at Simien in Ethiopia where the objectives were mainly income improvement and security against risk (Melaku et al., 2012). They highlight the future role of resilient local breeds in future animal genetic resource management. Indeed, whereas crossbreeding was practiced in this study with an objective of rapid weight improvement, the loss of hardiness was limited by controlling the part of Fulani blood in the Djallonke flock through temporary use of Fulani rams. This showed a good perception of genetic management by farmers in these rural areas, which had no equivalent in the sub-urban systems.

Crossbreeding is practiced in order to take advantage of the best prices granted by large-framed sheep in the region (Tindano et al., 2017). This practice supports the observation made through DNA analysis that the Mossi Djallonke sheep population comes from continuous introgression of Fulani sheep blood in the Djallonke (West African Dwarf sheep) (Traore et al., 2008). Similar practices have been observed in India, where Raikas pastoralists keep two sheep breeds for their respective qualities of production and hardiness, and constitute yearly their crossbred flock, favoring one type over the other according to their expectations about the climatic conditions of the year (Anderson and Centonze, 2007). However, in our study the lack of mating control induced a relative threat of this crossbreeding on the local genetic resources. The control of introgression was here only partial and mating with other males could often occur. Illustrating the free-rider problem, some farmers benefitted from these unplanned crossings as a positive externality. However, if the breeder wished at that moment to turn his flock toward greater hardiness, these externalities were found to be negative. Therefore, this practice should be organized and coordinated.

The rational practice of crossbreeding, in particular terminal crossbreeding, represents a conservation pattern of hardy breeds. The parental purebreds, indeed, have to be conserved to make the most of the heterosis effects and complementarity in the continuous production and slaughter of first generation crossbreds (F1). This strategy would involve specialization of different groups as producers of purebreds and producers of F1 crossbreds for fattening. The suburban producers, closer to the market, with better access to information and veterinary services, might fit into the organization as producers of fattened F1 crossbreds, buying hardy breeding females from pastoralists. Nevertheless, continuous introgression establishes closeness between the two populations, which can reduce heterosis.

In addition, the breeders' disposition to fit into this scheme, investigated through this survey, was not straightforward. Although the principle of the sale of females to other farmers for breeding was accepted by more than two thirds of the sample, the number of females that a breeder was ready to provide per year was very low because of his own renewal needs and of the savings role played by livestock. Moreover, some farmers who would agree to such a scheme only considered doing it with breeders they knew and in the prospect of subsequent reciprocity. Mossi breeders have more particularly defended this vision of females' exchange as a way to tie social bonds rather than to generate incomes. The considered transaction is thus a form of security based on reciprocity, similar to that described by Faye (2003) among pastoralists in Africa. The Mossi's anticipation of a lower price for these breeding females than the market price is also linked to the social value of the sale. On the other hand, Fulani breeders tend to highlight the quality of the animal for sale and anticipate a high price.

This finding is in line with the typology, which shows that the three classes are related to ethnic groups: Fulani, traditional livestock keepers in group 1, and Mossi, traditional crop producers in groups 2 and 3. Therefore, although the trend has shown in recent years harmonization of practices between pastoralists growing crops and farmers

raising animals, the ethnic group characterization proves still significantly related to animal production practices.

■ CONCLUSION

Sheep farming in the study area has often been considered as extensive because of the recourse to pastures and the low use of feed and veterinary inputs. However, it can be acknowledged that these systems are labor-intensive and that this fits with the endowment in resources of the households. Genetic resources encountered in the area show a dominance of Djallonke sheep. Crossbreeding between Djallonke and Fulani sheep to improve the weight while maintaining hardiness shows a good perception of the genetic value of animals by breeders, as well as the emergence of a productivity-led system. These crosses, however, would benefit from being organized to ensure their sustainability. The health and feed problems were the major constraints to production. Some practices such as inbreeding and lack of mating control were an obstacle to the evolution toward higher productivity. Participatory approaches, integrating the objectives, capacities and motivations of breeders, should be implemented locally to develop appropriate solutions for increased production and sustainable management of animal genetic resources. These approaches have to consider the possibilities of industrial crossbreeding for improved management of animal genetic resources. To this end, adapted technical and institutional arrangements are to be sought through such participatory approaches.

REFERENCES

- Anderson S., Centonze, R., 2007. Property rights and the management of animal genetic resources. *World Dev.*, **35** (9): 1529-1541, doi:10.1016/j.worlddev.2006.05.020
- Anyanwu N.J., Ohaeri P.C., Ihesiulor O.O.M., Etela I., 2010. Preliminary investigations into the socio-economic and production characteristics of sheep and goat farming in the Owerri zone of Imo State, Nigeria. *Glob. Res. J.*, **1** (1): 006-009
- Edea Z., Haile A., Tibbo M., Sharma A.K., Sölkner J., Wurzingler M., 2012. Sheep production systems and breeding practices of smallholders in western and south-western Ethiopia: Implications for designing community-based breeding strategies. *Livest. Res. Rural Dev.*, **24** (7): e117
- FAO, 2007. Global plan of action for animal genetic resources and the interlaken declaration. Rome, Italy, <http://www.fao.org/docrep/010/a1404e/a1404e00.htm> (accessed 6 July 2015)
- FAOSTAT, 2013. Database. FAO, Rome, Italy. <http://faostat.fao.org/site/569/DesktopDefault.aspx?PageID=569#ancor> (accessed 23 July 2014)
- FAOSTAT, 2016. Database. Rome, Italy, <http://faostat3.fao.org/browse/TP/F> (accessed 13 Sept. 2016)
- Faye B., 2003. Pauvreté et solidarité chez les peuples pastoraux. In : Acte atelier Elevage et pauvreté (éds. Duteurtre G., Faye B.), Montpellier, France, 11-12 sept. 2003. Cirad, Montpellier, France, 58-68
- Gizaw S., Komen H., van Arendonk J.A.M., 2009. Optimal village breeding schemes under smallholder sheep farming systems. *Livest. Sci.*, **124**: 82-88, doi:10.1016/j.livsci.2009.01.001
- Gizaw S., Komen H., van Arendonk J.A.M., 2010. Participatory definition of breeding objectives and selection indexes for sheep breeding in traditional systems. *Livest. Sci.*, **128**: 67-74, doi:10.1016/j.livsci.2009.10.016
- Hoffmann I., 2011. Livestock biodiversity and sustainability. *Livest. Sci.*, **139**: 69-79, doi:10.1016/j.livsci.2011.03.016
- Josserand H.P., 2013. Estimation des volumes et de la valeur du commerce régional des denrées de base. www.inter-reseaux.org/IMG/pdf/Josserand_-_Estimation_des_volumes_et_de_la_valeur.pdf (accessed 6 July 2015)

- Kosgey I.S., Okeyo A.M., 2007. Genetic improvement of small ruminants in low-input, smallholder production systems: Technical and infrastructural issues. *Small Rum. Res.*, **70**: 76-88, doi:10.1016/j.smallrumres.2007.01.007
- Kosgey I.S., Rowlands G.J., van Arendonk J.A.M., Baker R.L., 2008. Small ruminant production in smallholder and pastoral/extensive farming systems in Kenya. *Small Rum. Res.*, **77**: 11-24, doi:10.1016/j.smallrumres.2008.02.005
- Melaku S., Mekuriaw Z., Gizaw S., Taye M., 2012. Community-based characterization of siemien sheep based on growth performance and farmers breeding objectives in Siemien mountains region, Ethiopia. *Res. J. Anim. Sci.*, **6** (3): 47-55, doi: 10.3923/rjnasci.2012.47.55
- Mirkena T., Duguma G., Willam A., Wurzinger M., Haile A., Rischkowsky B., Okeyo A.M., Tibbo M., Solkner J., 2012. Community-based alternative breeding plans for indigenous sheep breeds in four agro-ecological zones of Ethiopia. *J. Anim. Breed. Genet.*, **129**: 244-253, doi:10.1111/j.1439-0388.2011.00970.x
- MRA, 2012. Statistiques du secteur de l'élevage. Ministère des Ressources animales, Burkina Faso, 1-151
- Peeling D., Holden S., 2004. The effectiveness of community-based animal health workers, for the poor, for communities and for public safety. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epizoot.*, **23** (1): 253-276
- Renard J.F., 2003. Filières de commercialisation et pauvreté : le cas des produits animaux au Burkina Faso. In : Acte atelier Elevage et pauvreté (éds. Duteurtre G., Faye B.), Montpellier, France, 11-12 sept. 2003. Cirad, Montpellier, France, 101-108
- Steinfeld H., 2004. The livestock revolution. A global veterinary mission. *Vet. Parasitol.*, **125**: 19-41, doi:10.1016/j.vetpar.2004.05.003
- Tindano K., Moula N., Leroy P., Traoré A., Antoine-Moussiaux N., 2017. Market organization and animal genetic resource management: a revealed preference analysis of sheep pricing. *Animal*, **11** (10): 1873-1880, doi: 10.1017/S1751731117000477
- Tindano K., Moula N., Traoré A., Leroy P., Antoine-Moussiaux N., 2015. Characteristics and typology of sheep herding systems in the suburban area of Ouagadougou (Burkina Faso). *Arch. Anim. Breed.*, **58** (2): 415-423, doi:10.5194/aab-58-415-2015
- Traoré A., Tamboura H.H., Kaboré A., Royo L.J., Fernández I., Alvarez I., Sangaré M., Bouchel D., et al., 2008. Multivariate characterization of morphological traits in Burkina Faso sheep. *Small Rum. Res.* **80**: 62-67, doi:10.1016/j.smallrumres.2008.09.011
- Van den Bossche P., Thys E., Elyn R., Marcotty T., Geerts S., 2004. The provision of animal health care to smallholders in Africa: an analytical approach. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epizoot.*, **23** (3): 851-861

Résumé

Tindano K., Moula N., Traoré A., Leroy P., Antoine-Moussiaux N. Systèmes d'élevage ovin et gestion des ressources génétiques animales dans la région du Plateau Central du Burkina Faso

A l'image de l'ensemble de la filière de l'élevage dans les pays en développement, l'élevage ovin au Burkina Faso fait face à une demande croissante, dans un contexte de production socio-économique et environnemental contraignant. Cela a donné lieu à des croisements peu maîtrisés dans la zone périurbaine de la capitale, Ouagadougou. Afin d'identifier les moyens d'encadrer ces pratiques pour rendre durables les systèmes ovins, une enquête a été conduite auprès de 63 éleveurs évoluant dans le milieu rural de la région du Plateau Central. L'objectif principal était d'évaluer les possibilités d'une gestion intégrée entre les éleveurs ruraux et les éleveurs périurbains à travers notamment des échanges de femelles. Les données ont été collectées à travers des entretiens directs à l'aide d'un questionnaire comportant des questions ouvertes et fermées. Les résultats ont montré que l'ensemble des éleveurs avaient des stratégies de sélection à travers le choix des mâles reproducteurs. Ce choix se faisait essentiellement dans leur propre troupeau (98 % des interviewés) et quelquefois dans les marchés (22 %). Les objectifs principaux d'amélioration concernaient le poids adulte et la croissance des jeunes, ou le maintien de la rusticité. La brebis Djallonké, variété Mossi, était la race la plus rencontrée dans la zone (présente dans 97% des troupeaux). Mettant en œuvre leurs objectifs les éleveurs croisaient leurs brebis Mossi avec des béliers Peuhls, d'un plus grand gabarit, mais de manière temporaire afin de limiter la perte de résistance de leur troupeau. Le lien potentiel avec la production des éleveurs périurbains par la vente de femelles semblait faire face à des contraintes culturelles. Le système de production décrit par les éleveurs présentait des contraintes de durabilité et ne permettait pas de véritable intégration avec le système périurbain. Des approches participatives devraient être mises en œuvre localement afin d'élaborer des solutions appropriées pour accroître la production et la gestion durable des ressources zoogénétiques.

Mots-clés : ovin, brebis Djallonké Mossi, ressource génétique, milieu rural, typologie, Burkina Faso

Resumen

Tindano K., Moula N., Traoré A., Leroy P., Antoine-Moussiaux N. Sistemas de cría de ovejas y manejo de los recursos genéticos animales en la zona de la Meseta Central de Burkina Faso

Al igual que todo el sector ganadero en los países en desarrollo, la cría de ovejas en Burkina Faso ha afrontado una demanda creciente en un contexto restrictivo de producción socioeconómica y ambiental. El resultado han sido cruces mal controlados en la zona suburbana de Ouagadougou, la capital. Con el fin de identificar maneras de gestionar estas prácticas para sostenibilidad de los sistemas ovinos, se llevó a cabo una encuesta en 63 fincas ganaderas de la región de la Meseta Central. El principal objetivo fue el de asesorar las posibilidades de un manejo integrado entre los criadores suburbanos y rurales, particularmente mediante el intercambio de hembras. Los datos se colectaron a través de entrevistas directas, usando un cuestionario con preguntas abiertas y cerradas. Los resultados muestran que todos los finqueros tenían estrategias de cría a través de la selección de machos. Esta selección ocurrió principalmente dentro del propio hato (98% de los entrevistados) y algunas veces en mercados (22%). Los principales objetivos de mejoramiento fueron el peso adulto y el crecimiento del cordero o mantenimiento de la robustez. La oveja Djallonke de la variedad Mossi fue la raza más común en el área (presente en 97% de los hatos). Implementando sus objetivos, los criadores cruzaron las ovejas Mossi con carneros Peul, de mayor tamaño, pero provisionalmente para limitar la pérdida de resistencia del hato. La relación potencial con criadores suburbanos mediante la venta de hembras parece enfrentarse a obstáculos culturales. El sistema de producción descrito por los productores presentó obstáculos de sostenibilidad y no permitió una integración real con el sistema suburbano. Deben implementarse enfoques participativos localmente para desarrollar soluciones apropiadas para aumentar la producción y el manejo sostenible de los recursos genéticos animales.

Palabras clave: ovino, oveja Djallonke Mossi, recurso genético, zona rural, tipología, Burkina Faso

Pratiques d'élevage et indicateurs morphométriques de performance laitière chez les éleveurs de bovins Kouri au Niger

Ibrahim Adamou Karimou^{1,2*} Moumouni Issa³
Harouna Abdou⁴ Souleymane Malam Bako⁵ Hamani Marichatou²

Mots-clés

Bovin Kouri, vache laitière, aptitude laitière, système d'exploitation, comportement culturel, Niger

Submitted: 18 December 2016
Accepted: 21 September 2017
Published: 11 December 2017
DOI: 10.19182/remvt.31481

Résumé

Dans la région de Diffa au Niger, une enquête a été conduite dans 140 exploitations, afin d'analyser les pratiques d'élevage et les performances laitières des bovins de race Kouri. Par ailleurs, les traits morphométriques indicateurs de performance laitière chez les éleveurs ont été documentés. Les éleveurs étaient des sédentaires et les troupeaux de taille moyenne pour la majorité (36 ± 30 têtes par exploitation). Chez les vaches ayant eu les plus récentes lactations complètes, la production laitière par vache a été en moyenne de $2,7 \pm 1,4$ litres par jour pour une durée moyenne de lactation de $7,2 \pm 2,8$ mois. Chez les vaches considérées comme les meilleures laitières, la production de lait par vache a été de $4,2 \pm 1,5$ litres par jour pour une durée moyenne de lactation de $8,9 \pm 2,7$ mois. Bien que les pratiques d'élevage aient été similaires pour de nombreux aspects parmi les différents groupes ethniques, les critères morphométriques de sélection des vaches laitières de race Kouri ont varié selon l'appartenance ethnique. Les caractéristiques phénotypiques ainsi associées à la race Kouri dans les groupes ethniques identifiés étaient principalement la longueur du bassin, la largeur du poitrail, la longueur des trayons, la hauteur au garrot et la longueur de la queue. Il est important de tenir compte du savoir endogène en matière d'amélioration génétique, car les paramètres morphométriques identifiés dans cette étude comme indicateurs de performance ne faisaient pas l'unanimité au sein des groupes ethniques.

■ Pour citer cet article : Adamou Karimou I., Issa M., Abdou H., Malam Bako S., Marichatou H., 2017. Breeding practices and morphometric indicators of the dairy performance of Kouri cattle according to farmers in Niger. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **70** (2): 51-58, doi: 10.19182/remvt.31481

■ INTRODUCTION

Dans les pays du Sud, les productions animales prennent une place de plus en plus importante, nécessitant de procéder à une amélioration quantitative et qualitative des capacités de production (Faye et Alary, 2001; SOSfaim, 2015). Contrastant avec la stagnation ou la régression continue de la production des pays du Nord (Steinfeld et al., 1999),

cette progression résulte d'une forte augmentation de la demande, liée elle-même à la croissance démographique et, dans certains cas, aux changements de comportement alimentaire des populations de plus en plus urbanisées (Faye et Alary, 2001 ; Tiffen, 2004).

Au Niger, le capital bétail était évalué à plus de 200 milliards de francs CFA en 2008, comprenant bovins, ovins, asins et caprins (FAO/SFW, 2010). Malgré ce potentiel animal, le Niger figure toujours sur la liste des pays importateurs de produits laitiers (Cirad, 2013). Le système d'élevage reste traditionnel et peu productif. Les éleveurs ignorent les techniques modernes de sélection des animaux (Belli et al., 2008). Ces techniques méconnues ne sont pas non plus prises en compte par les décideurs et les chercheurs dans l'élaboration des stratégies de développement de l'élevage (Barton et al., 2001).

Chez les éleveurs bovins de race Kouri, la recherche d'un plus grand rendement en lait et d'une bonne fertilité ont conduit les éleveurs à préférer les croisés (zébu x Kouri) au détriment des Kouri réputés purs (Mpopu et Rege, 2002). Ainsi, afin de concevoir un plan d'élevage viable et durable, les préférences des éleveurs pour les différents traits doivent

1. Département des productions animales, Institut national de la recherche agronomique, BP 429, Niamey, Niger.

2. Faculté des sciences agronomiques, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger.

3. Faculté des sciences et techniques, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger.

4. Faculté des sciences agronomiques, Université de Tillabery, Tillabery, Niger.

5. Centre de multiplication du bétail, Niamey, Niger.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +227 96 82 61 79 ; fax : +227 20 722 740

Email : adamouki2008@yahoo.fr



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

être étudiées. En effet, dans plusieurs systèmes d'élevage traditionnels en Afrique (cf. les études récentes de Yackubu, 2011 ; Mwambene et al., 2012 ; et Yeman et al., 2015), l'intérêt de la sélection par les éleveurs des traits physiques pour l'amélioration des productions laitières n'a été montré qu'après plusieurs décennies de recherches sur les pratiques endogènes en la matière. Ces pratiques ancestrales deviennent de plus en plus généralisées (Misganaw et al., 2013).

Actuellement, les niveaux de corrélation entre les traits morphométriques et les performances laitières des races bovines du Niger ne sont pas connus. Il existe cependant une connaissance endogène au niveau des éleveurs qui lie certains traits physiques à la production de lait. Par ailleurs, dans une sélection basée sur des critères externes tels que observés dans les systèmes d'élevage traditionnels africains, il semble exister des spécificités propres aux races (Yeman et al., 2015), au climat (Peters et al., 1982) et aux contextes géographiques des éleveurs (Chebo et al., 2014) quant à l'utilisation et à la validation de ces critères. Les enquêtes réalisées dans le cadre de cette étude ont eu pour but de décrire les pratiques d'élevage, les performances de production et les indicateurs morphométriques en lien avec la production de lait, exploités dans les pratiques éventuelles d'amélioration génétique de la race Kouri au Niger.

■ MATERIEL ET METHODES

Zone de l'enquête

La région de Diffa est située à l'extrême nord-est du pays, entre 10° 30' et 15° 35' de long. E et 13° 04' et 18° 00' de lat. N (figure 1). Le climat est de type sahélien au sud et saharo-sahélien au nord. Il est caractérisé par une courte saison humide et une longue saison sèche. La pluviométrie varie du sud vers le nord de 400 mm à 200 mm. La température maximale mensuelle moyenne est de 42,3 °C. La végétation est caractérisée de façon générale par une faible densité, une croissance lente et des régénérations naturelles faibles (DRATDC, 2008).

Méthode de collecte des données de l'enquête

L'enquête a été menée du 7 juillet au 5 août 2015 suivant un plan d'échantillonnage stratifié en fonction des communes de la région de Diffa. Sur les cinq communes identifiées, quatre (Gueskerou, Kabelawa, N'Guigmi et Toumour) ont été enquêtées totalisant ainsi 28

villages. Au total, 140 chefs de ménage ont été choisis au hasard et interviewés (tableau I). Des questions à choix multiple leur ont été posées pour obtenir des informations générales sur l'éleveur (ethnie, âge et activité principale) et le troupeau bovin (par exemple mode d'élevage, pratiques d'alimentation, conduite du troupeau et pratiques de gestion de la reproduction). La production laitière a été estimée selon la méthode proposée par la FAO (2013) : chaque éleveur enquêté était invité à estimer la quantité de lait produite par jour, celle de la vache avec la plus récente lactation complète, et celle de la vache reconnue par l'éleveur comme la meilleure laitière du troupeau. Les éleveurs faisaient les estimations avec des outils de mesures locaux (tasses), puis les convertissaient en litres. La production laitière journalière était estimée par la moyenne des productions journalières du premier et du dernier trimestre. Le numéro de lactation et la durée de lactation des vaches étaient également notés en se basant sur la mémoire de l'éleveur. Enfin, les traits morphométriques indicateurs des performances laitières étaient sous forme de réponses à choix multiple préétabli et libre (recueillis en étant à l'écoute de l'éleveur).

Analyses statistiques

Les réponses relatives à l'éleveur et à la gestion du troupeau ont été analysées (analyse descriptive) avec le logiciel SPSS. Le test du chi carré a été utilisé pour comparer les réponses en fonction des groupes ethniques et des localités (communes) au seuil de 5 %. L'analyse de

Tableau I

Répartition des exploitations laitières enquêtées selon les communes au Niger (les valeurs entre parenthèses représentent le pourcentage des enquêtés relatif au groupe ethnique)

| Ethnie | Gueskerou | Kabelawa | N'Guigmi | Toumour | Total |
|----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| Peuhl | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 0 (0,0) | 12 (100) | 12 (8,6) |
| Kanouri | 11 (36,7) | 12 (40,0) | 7 (23,3) | 0 (0,0) | 30 (21,4) |
| Boudouma | 28 (28,6) | 58 (59,2) | 12 (12,2) | 0 (0,0) | 98 (70,0) |
| Total | 39 (27,9) | 70 (50,0) | 19 (13,6) | 12 (8,5) | 140 (100) |

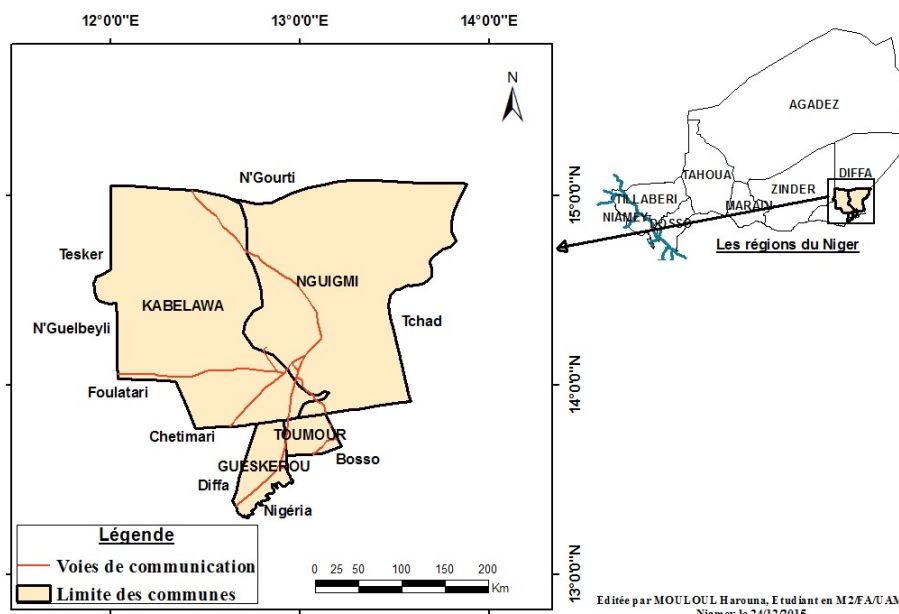


Figure 1 : localisation des communes enquêtées sur la performance laitière de bovins Kouri dans le sud du Niger.

variance à un facteur a été utilisée pour évaluer l'effet, d'une part, du rang de lactation et, d'autre part, des communes d'attache des éleveurs sur les performances laitières. Une analyse factorielle des correspondances avec le logiciel Minitab 14 a été utilisée pour traiter les données sur les indicateurs morphométriques de performance laitière afin d'établir a) la relation entre le groupe ethnique et les paramètres morphométriques, et b) la perception de ces indicateurs selon la localité (commune). Pour qu'un point donné (éleveur ou trait morphométrique) soit interprété sur un axe, deux conditions ont été retenues (Glèlè Kakai et Kokodé, 2004) :

- une bonne contribution partielle avec $C_i \geq \text{moyenne}(C_i)$;
- une bonne qualité de représentation avec $r(C_i) \geq 0,3$.

■ RESULTATS

Caractéristiques des éleveurs

La grande majorité (70 %) des éleveurs appartenait au groupe ethnique Boudouma. Ensuite venaient les Kanouri (21,4 %), puis les Peuhls (8,6 %). Ces derniers étaient plus ou moins sédentarisés. Le tableau I montre la répartition des différents groupes ethniques dans les communes. Les Boudouma étaient les plus nombreux à Kabelawa (59,2 %), alors que les Kanouri l'étaient à Gueskerou (36,7 %) et à N'Guigmi (23,3 %). Les Peuhls enquêtés étaient uniquement présents dans la commune de Toumour.

Le tableau II montre que 97,2 % des enquêtés avaient pour principale activité l'élevage. Ceux qui exerçaient l'agriculture (2,1 %) ou le commerce (0,7 %) étaient très peu représentés.

Caractéristiques des troupeaux

La taille moyenne d'un troupeau de bovins Kouri dans un ménage était de 36 ± 30 têtes (figure 2). La répartition par classe d'effectifs montre que 34,3 % des personnes enquêtées avaient un effectif de moins de 20 têtes, et 37,9 % en possédaient entre 21 et 40. Les troupeaux de plus de 80 têtes de bovins étaient peu nombreux (7,9 %). La taille moyenne des troupeaux n'a pas varié significativement ($p > 0,05$) en

fonction de l'appartenance ethnique et des communes. Toutefois, les Boudouma, suivis des Kanouri possédaient les troupeaux de bovins Kouri les plus importants (figure 2).

Conduite de l'élevage

Le mode d'élevage, et les pratiques sanitaires et d'alimentation des troupeaux n'ont pas varié selon le groupe ethnique des éleveurs et leur commune d'attache ($p > 0,05$). Sur le plan sanitaire, parmi l'ensemble des enquêtés, 99,3 % ont affirmé vacciner leurs animaux et 95,3 % ont affirmé les déparasiter. L'exploitation des pâturages par la mobilité était le mode d'alimentation utilisé par la totalité des éleveurs. La complémentation était uniquement effectuée pendant la saison sèche. La moitié des éleveurs complémenaient les animaux les plus faibles. Parmi ces animaux bénéficiant de la complémentation, 12 % étaient des vaches en lactation. Dix-neuf pour cent des éleveurs ont affirmé complémenier tout le troupeau sans distinction. La complémentation portant uniquement sur les vaches gravides était très faible (1,4 %). Les compléments alimentaires les plus utilisés étaient les sons de céréales en ration simple ou mélangés avec du tourteau. L'utilisation de gousses de haricot ou d'arachide, de graines de coton et de résidus de cultures (paille et fane) était très limitée (1,4 %). Le choix des reproducteurs était basé sur des traits visibles. L'insémination artificielle était peu pratiquée (1,4 %) et la détection des chaleurs pour le contrôle des saillies n'était pratiquée que par 13 % des éleveurs.

Production de lait

Chez les vaches ayant eu les plus récentes lactations complètes, la production laitière moyenne et la durée de la lactation ont été en moyenne respectivement de $2,7 \pm 1,4$ litres par jour et de $7,2 \pm 2,8$ mois (tableau III). L'appartenance à une commune donnée n'a pas eu d'influence significative sur la durée de lactation ($p > 0,05$). En revanche, la production laitière a été significativement plus importante à Toumour (3,6 litres par jour) et plus faible à Gueskerou (2,0 litres par jour). Le rang de lactation a eu un effet significatif sur la production laitière ($p < 0,05$) : la production a été plus faible chez les primipares (1,3 litre) et plus importante chez les multipares de troisième rang de lactation (3,8 litres).

Chez les vaches jugées meilleures laitières par les éleveurs ($n = 134$), la production moyenne a atteint $4,2 \pm 1,5$ litres par jour pour une

Tableau II

Principales activités des exploitations enquêtées selon l'appartenance ethnique dans quatre communes du Niger

| Ethnie | Agriculture | Elevage | Commerce | Total (%) |
|-----------|-------------|------------|----------|-----------|
| Peuhl | 0 | 12 | 0 | 12 (8,6) |
| Kanouri | 1 | 29 | 0 | 30 (21,4) |
| Boudouma | 2 | 95 | 1 | 98 (70,0) |
| Total (%) | 3 (2,1) | 136 (97,2) | 1 (0,7) | 140 (100) |

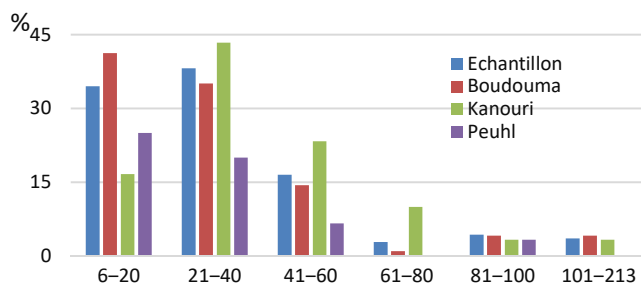


Figure 2 : distribution des troupeaux bovins Kouri selon le groupe ethnique (%) et la taille des effectifs bovins.

Tableau III

Variation des paramètres de lactation des bovins de race Kouri, Niger

| Facteur de variation | N | Production laitière (L/jour) | Durée de lactation (mois) |
|----------------------|-----|------------------------------|---------------------------|
| Moyenne générale | 134 | $2,7 \pm 1,4$ | $7,2 \pm 2,8$ |
| Commune | | $p = 0,001$ | $p = 0,406$ |
| Gueskerou | 39 | $2,0 \pm 1,0^a$ | $6,7 \pm 2,6^a$ |
| Kabelawa | 67 | $2,7 \pm 1,2^c$ | $7,5 \pm 2,9^a$ |
| N'Guigmi | 16 | $2,6 \pm 1,1^a^c$ | $6,6 \pm 2,7^a$ |
| Toumour | 12 | $3,6 \pm 1,5^c$ | $7,8 \pm 3,1^a$ |
| Ethnie | | $p = 0,009$ | $p = 0,586$ |
| Peuhl | 12 | $3,6 \pm 1,5^a$ | $7,8 \pm 3,1^a$ |
| Kanouri | 28 | $2,6 \pm 1,2^{ab}$ | $7,5 \pm 3,1^a$ |
| Boudouma | 94 | $2,5 \pm 1,1^b$ | $7,0 \pm 2,7^a$ |

Sur une même ligne, les moyennes ne partageant aucune lettre sont différentes ($p < 0,05$).

lactation moyenne de 8,9 ± 2,7 mois. Les communes et les groupes ethniques n'ont pas eu d'effet significatif sur la production laitière journalière ($p > 0,05$). En revanche, la durée de lactation a varié significativement ($p = 0,007$) selon le groupe ethnique et la commune : elle a été plus longue chez les éleveurs peuhls de la commune de Toumour (10,5 ± 2,5 mois) et plus faible chez les éleveurs de la commune de N'Guigmi (7,4 ± 3,1). Les différences de production laitière journalière observées entre multipares (de rang de lactation variant de 2 à 8) n'ont pas été significatives ($p > 0,05$).

Critères morphométriques de performances laitières

Les traits physiques indicateurs de performances laitières les plus cités par les éleveurs ont été la longueur du trayon (90,0 %), la longueur de la queue (77,9 %), la longueur de bassin (75,7 %) et la hauteur au garrot (70,7 %). La largeur de dessus (42,1 %) et les dimensions de la tête (40,7 %) ont été les traits les moins cités. La distribution des fréquences de certains traits physiques, comme la largeur de dessus, la longueur du bassin, la hauteur au garrot et la largeur du poitrail, a fait ressortir une grande variabilité entre les groupes ethniques (figure 3).

Les deux premières composantes, issues de l'analyse factorielle des correspondances appliquée à la matrice (ethnie-commune x traits morphométriques), expliquaient 63,6 % des informations de départ

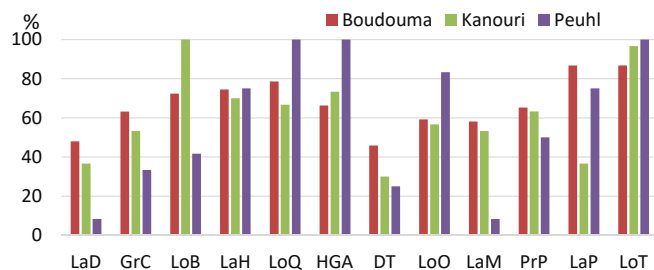


Figure 3 : fréquence des paramètres morphométriques de performances laitières cités par les éleveurs selon leur groupe ethnique. LaD : largeur de dessus ; GrC : grosseur des canons ; LoB : longueur du bassin ; LaH : largeur aux hanches ; LoQ : longueur de la queue ; HGA : hauteur au garrot ; DT : dimensions de la tête ; LoO : longueur des oreilles ; LaM : largeur du mufle ; PrP : profondeur du poitrail ; LaP : largeur du poitrail ; LoT : longueur des trayons.

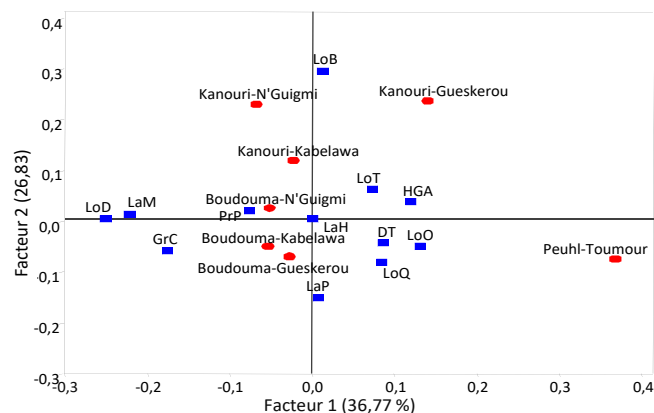


Figure 4 : carte de l'analyse factorielle des correspondances pour les traits morphométriques des bovins de race Kouri et les ethnies - communes. LoD : longueur du dos ; LaH : largeur aux hanches ; LoQ : longueur de la queue ; HGA : hauteur au garrot ; GrC : grosseur des canons ; DT : dimensions de la tête ; LoO : longueur des oreilles ; LaM : largeur du mufle ; PrP : profondeur du poitrail ; LaP : largeur du poitrail ; LoT : longueur des trayons.

(figure 4). Toutefois, eu égard aux fortes corrélations de la majorité des variables (tableau IV), ces deux premiers axes étaient suffisants pour garantir une précision d'interprétation des résultats.

Les corrélations (cosinus carrés) et les contributions partielles de chaque trait morphométrique (points colonnes) dans la formation des deux axes sont présentées dans le tableau IV. La longueur du dos, la grosseur des canons, la hauteur au garrot, la longueur des oreilles et la largeur du mufle ont le plus contribué à la formation du premier axe, alors que les autres ont davantage contribué à celle du deuxième axe. Les cosinus carrés ont indiqué aussi une meilleure qualité de représentation de ces points sur les deux axes (tableau IV). Par ailleurs, certains paramètres, comme la longueur de la queue, la profondeur du poitrail et la longueur des trayons, étaient assez représentés sur le premier axe, malgré une contribution modérée. Il convient donc d'interpréter les deux traits morphométriques longueur du bassin et largeur du poitrail sur le premier axe et les autres traits sur le deuxième axe. Seule, la largeur aux hanches n'était représentée sur aucun des axes (tableau IV).

Les valeurs des contributions et des corrélations des points lignes indiquent qu'il faut interpréter la position des éleveurs peuhls de Toumour sur le premier axe et celles des autres éleveurs sur le deuxième axe (tableau IV). Seuls les éleveurs Boudouma de la commune de N'Guigmi étaient très mal représentés et n'ont donc pas été pris en compte dans l'interprétation des données.

La carte factorielle a révélé, sur le premier axe, la perception que les éleveurs peuhls de la commune de Toumour avaient des indicateurs morphométriques de performances laitières (figure 4). Chez les Peuhls, la hauteur au garrot et la longueur des oreilles étaient les meilleures indicatrices de performances laitières, venait ensuite la longueur des trayons. La largeur du mufle, la longueur du dos et la grosseur des canons, prises dans cet ordre d'importance, étaient les moins privilégiées.

Tableau IV

Contributions partielles et corrélations (cosinus carrés) des traits morphométriques (points colonnes) et des ethnies - communes (points lignes)

| Point colonne et point ligne | Contribution | | Cosinus carré | |
|------------------------------|--------------|-------|---------------|-------|
| | F1 | F2 | F1 | F2 |
| Largeur du dos | 0,239 | 0,000 | 0,816 | 0,000 |
| Grosseur du canon | 0,163 | 0,025 | 0,424 | 0,047 |
| Longueur du bassin | 0,001 | 0,597 | 0,002 | 0,984 |
| Largeur de la hanche | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,003 |
| Longueur de la queue | 0,051 | 0,064 | 0,320 | 0,291 |
| Hauteur au garrot | 0,092 | 0,013 | 0,669 | 0,071 |
| Longueur de l'oreille | 0,095 | 0,018 | 0,682 | 0,094 |
| Largeur du mufle | 0,233 | 0,001 | 0,635 | 0,003 |
| Profondeur du poitrail | 0,033 | 0,003 | 0,382 | 0,026 |
| Largeur du poitrail | 0,000 | 0,216 | 0,001 | 0,527 |
| Longueur du trayon | 0,045 | 0,046 | 0,217 | 0,160 |
| Boudouma, Gueskerou | 0,010 | 0,092 | 0,048 | 0,319 |
| Boudouma, Kabelawa | 0,084 | 0,102 | 0,352 | 0,313 |
| Boudouma, N'Guigmi | 0,018 | 0,006 | 0,113 | 0,029 |
| Kanouri, Gueskerou | 0,084 | 0,331 | 0,147 | 0,420 |
| Kanouri, Kabelawa | 0,003 | 0,126 | 0,009 | 0,254 |
| Kanouri, N'Guigmi | 0,018 | 0,298 | 0,056 | 0,665 |
| Peuhl, Toumour | 0,783 | 0,044 | 0,918 | 0,038 |

Sur le deuxième axe, il est constaté une opposition des points de vue sur l'appréciation des traits physiques de performances, entre éleveurs Kanouri, d'une part, et éleveurs Boudouma des communes de Kabelawa et de Gueskerou, d'autre part. Les Boudouma de ces deux communes estimaient que la largeur du poitrail était le paramètre le plus important, alors que les Kanouri percevaient la longueur du bassin comme meilleure indicatrice de performances laitières. La parfaite association respective avec ces deux groupes ethniques a clairement montré la reconnaissance et l'utilisation de ces paramètres (figure 4). L'opposition entre ces deux groupes ethniques impliquait cependant que les Boudouma et les Kanouri appréciaient une vache bonne laitière différemment et qu'un paramètre de performance utilisé pour l'un pouvait même être perçu comme indicateur de contre-performance pour l'autre.

Le regroupement plus ou moins homogène de tous les Kanouri (appartenant à trois communes différentes) sur l'axe positif et celui des Boudouma des deux communes (Kabelawa et Gueskerou) vers le côté négatif ont montré que les perceptions d'un même groupe ethnique étaient assez similaires, même pour des positions géographiques éloignées. Ainsi, la position des éleveurs Boudouma de N'Guigmi, bien que très ambiguë, est restée très proche de celle des Boudouma de Kabelawa et de Gueskerou (figure 4).

■ DISCUSSION

Conduite de l'élevage

Les ménages enquêtés dans la présente étude élevaient de manière exclusive les bovins Kouri, malgré la présence importante du bétail zébu dans la zone (Bourzat et al., 1992). Cette préférence de la race Kouri est en contradiction avec certaines données bibliographiques selon lesquelles les propriétaires de Kouri ont développé une préférence pour les croisés zébu x Kouri (Mpfu et Rege, 2002).

L'élevage constituait la source d'alimentation et de revenu des familles. En effet, cette étude a montré que l'élevage de la Kouri représentait la principale activité pour 97,2 % des exploitations avec plus de 80 têtes de bovins chez les éleveurs de certains groupes ethniques (7,9 %). Cette accumulation de richesse sous forme de bétail reflète les réalités agropastorales de l'Afrique de l'Ouest (Bourn et Wint, 1994 ; Barton et al., 2001). Belli et al. (2008) considèrent cette pratique comme étant un investissement pour l'économie familiale. Les animaux ont une fonction sociale comme les cérémonies religieuses et les autres fêtes, mais, plus généralement, le bétail est le seul moyen de placer un surplus de revenus en l'absence de banque accessible (Faye et Alary, 2001).

L'élevage de Kouri était pratiqué surtout par les Boudouma (70 %), ce qui est historiquement classique (Bourzat et al., 1992). Cependant, l'implication des Kanouri (21,4 %) et des Peuhls (8,6 %) montre l'intérêt croissant des autres groupes ethniques pour cette race en raison principalement de sa fertilité et de ses bonnes performances laitières. En effet, la production laitière de la vache Kouri évaluée lors de cette étude a été supérieure à celle des races locales, zébus Arabes et M'Bororo, élevées en milieu traditionnel dans la zone, qui produiraient deux litres par jour en période de pointe (Koussou, 2008 ; ME, 2003). Il en est de même pour la durée de lactation. Cependant, des classifications plus répandues, comme celles de Payne et Hodges (1997), et de (Vias et al., 2003), soutiennent que l'Azawak est la meilleure, viennent ensuite les races Djelli et M'Bororo. Un suivi plus complet des performances de ces races, dans des conditions d'élevage similaires, est nécessaire pour apporter des réponses définitives à ces classements. Les variations de la production laitière de la Kouri selon le rang de lactation, avec un pic à la troisième lactation, étaient conformes aux observations de Queval et al. (1971) en milieu naturel non contrôlé du lac Tchad.

La conduite des troupeaux présentait des caractéristiques conformes à celles des systèmes pastoraux des pays subsahariens décrits par Tielkes et al. (2001). Leurs principales caractéristiques sont la mobilité des troupeaux, une relative faible implication dans les systèmes marchands liée à l'éloignement des marchés, de faibles intrants et une part importante de l'autoconsommation des produits animaux (Faye et Alary, 2001).

En effet, malgré les progrès importants accomplis dans la gestion de la reproduction basée essentiellement sur le choix des reproducteurs avec un maximum de prophylaxie, la conduite des troupeaux de bovins Kouri reste très éloignée de celle de la production intensive, où l'amélioration de la production a favorisé le développement et la création d'une filière laitière fortement organisée (Meyer et Denis, 1999).

Ainsi, face à la persistance des pratiques d'accumulation de bétail au détriment de la productivité, les tentatives d'amélioration génétique par la sélection n'ont pas permis d'amélioration significative de la productivité des troupeaux. En effet, la production laitière évaluée en moyenne à $2,7 \pm 1,4$ litres est en dessous des estimations de 3 à 6 litres rapportées par Queval et al. (1971), et Joshi (1957) pour des Kouri réputés purs. Elle est encore largement inférieure au record de 7,8 kg/jour en 314 jours de production laitière au centre de Maiduguri (Nigeria) pour la même race (Epstein, 1971) et à la moyenne journalière de 5,3 litres rapportée récemment pour des Kouri élevés dans les conditions environnementales naturelles du lac Tchad (Zeuh et al., 2014). Ainsi, dans la présente étude, même pour les vaches jugées meilleures laitières, la production journalière n'a été que de $4,2 \pm 1,5$ litres.

Les performances laitières des troupeaux ont été en relation étroite avec le groupe ethnique de l'éleveur. Au-delà de ce que peuvent faire ressortir les pratiques d'élevage très homogènes, les performances zootechniques plus importantes observées chez les Peuhls pouvaient être liées à leur position géographique plus au sud, là où les pâturages herbacés vivaces et les graminées annuelles offraient une alimentation plus équilibrée. En effet, en zone pastorale sahélienne, il est connu que la production laitière totale est positivement corrélée à la pluviométrie totale, laquelle détermine la quantité et la qualité des pâturages (Diop et al., 2009). Le rôle déterminant de l'alimentation dans l'évolution des performances de production des cheptels locaux est de nouveau confirmé à travers cette étude.

Perception des traits morphométriques de performances laitières par les éleveurs

L'appréciation de la vache laitière consiste à juger de son aptitude à réaliser une production satisfaisante. Les éleveurs disposent de nombreux critères de choix de bovins laitiers. Des méthodes de sélection phénotypiques, basées sur des caractères à la fois qualitatifs et quantitatifs, ont été observées aussi bien chez les bovins (Shigdaf, 2011 ; Endashaw et al., 2012 ; Banerjee et al., 2014) que chez les petits ruminants (Mbuku et al., 2006 ; Pérez-Cabal et al., 2013 ; Banerjee et al., 2014). Les principaux critères morphométriques pour la sélection des vaches laitières Kouri ont varié selon le groupe ethnique (Peuhl, Kanouri et Boudouma). Cette influence du groupe ethnique dans une zootechnie de type traditionnel a été rapportée et expliquée par Belli et al. (2008) chez les éleveurs laitiers en zone périurbaine. Au sein d'une même entité complexe et originale, les critères de sélection pourraient être soumis à des traditions ethniques différentes.

Les principaux critères privilégiés pour la sélection des vaches laitières chez les éleveurs Kouri sont la hauteur au garrot, la longueur des oreilles, la longueur des trayons et la longueur de la queue. Chez les Peuhls du Soudan (Banerjee et al., 2014), le recours aux critères tels que la longueur des trayons et un pis bien structuré est très courant. Par ailleurs, les longs trayons offrent l'avantage de faciliter la traite, comme révélé par les éleveurs Musi et Bodi en Ethiopie qui

sélectionnent les vaches en fonction de leur docilité à la traite (Endashaw et al., 2012). Chez les éleveurs du Burkina Faso (Lakouetene, 1999), les caractères liés aux mamelles (grosueur, longueur des trayons, etc.) viennent en deuxième position parmi les critères généraux de choix des vaches laitières. Une étude récente de Yeman et al. (2015) rapporte des considérations semblables en Ethiopie où environ 53,3 % des propriétaires de fermes laitières interrogés privilégient la taille du pis et des trayons pour la sélection des vaches laitières.

Les éleveurs peuhls enquêtés estimaient aussi que la présence d'une longue queue et une hauteur au garrot sont des signes d'une bonne laitière. Les travaux de Lakouetene (1999) sur les pratiques d'amélioration génétiques montrent que la queue est un critère de choix partagé seulement par 2,5 % des éleveurs. La queue est un organe de protection chez la vache (vulve). Sa finesse et sa mobilité sont des qualités recherchées. En revanche, René (1969) confirme que la longueur de la queue est un bon caractère laitier. Le critère hauteur au garrot évoqué par les éleveurs est également signalé dans les travaux de Lakouetene (1999), Mwambene et al. (2012), et Chebo et al. (2014). Dans le processus de sélection phénotypique, le caractère bonne conformation est recherché par 9,6 % des éleveurs (Lakouetene, 1999).

Les résultats ont cependant montré que les éleveurs Boudouma et Kanouri accordaient plus d'importance à un poitrail et un bassin largement développés qu'aux autres critères morphométriques de performances laitières. En effet, la conformation du bassin est toujours capitale chez les bovins de type laitier (FGE, 2014). Chez des éleveurs bovins du Burkina Faso, le caractère gros bassin est recherché par 3,7 % des éleveurs (Lakouetene, 1999).

Une part importante des révélations faites par les éleveurs, relatives aux indicateurs de performances laitières évoqués ici, ont été montrées en station à travers l'appréciation des niveaux de corrélations phénotypiques et génotypiques établis entre les traits morphométriques et la production laitière. Sur des bases scientifiques, il est ainsi connu que des traits comme une hanche proéminente et un large bassin sont plutôt attribués à un vêlage facile avec un risque réduit de dystocie (FGE, 2014 ; Beavers et van Doormaal, 2016 ; Yeman et al., 2015). De même, plusieurs auteurs ont montré que des éleveurs associaient un long trayon avec la facilité de la traite et la protection des vaches contre les mammites (Morse et al., 1988 ; Alphonsus et al., 2010 ; Yakubu, 2011). Toutefois des contradictions comme celle que reflète la relation négative entre la longueur des trayons et la production de lait ont été aussi rapportées (Tilki et al., 2005).

En zone soudanienne, où les pratiques traditionnelles d'amélioration génétique sont très développées, la sélection phénotypique n'est plus basée sur les seuls traits quantitatifs. La production de lait est aussi conditionnée par la conformation et la fonctionnalité de l'appareil mammaire, la présence d'un réseau veineux sous-cutané de la mamelle et la finesse de la peau (Lakouetene, 1999 ; Banerjee et al., 2014), la couleur du pelage, la rusticité, l'information sur les généalogies (Wurzinger et al., 2006 ; Endashaw et al., 2012 ; Yeman et al., 2015), et la couleur de la pigmentation du pelage (Peters et al., 1982). La docilité, suivie d'une bonne fertilité assurant une fréquence plus élevée de la lactation et une augmentation de la taille du troupeau sont les principales préoccupations des éleveurs (Kakar, 2009).

■ CONCLUSION

Les présents résultats sur la race Kouri indiquent des performances laitières qui, au regard des caractéristiques pastorales de la zone et des pratiques d'élevage actuellement typiques des systèmes traditionnels à faibles intrants, paraissent plus que satisfaisantes. Alors que les pratiques d'élevage étaient globalement similaires, nous avons identifié selon le groupe ethnique des caractéristiques phénotypiques

distinctes associées à la race Kouri. Les traits privilégiés pour la sélection des vaches laitières étaient principalement la longueur du bassin, la largeur du poitrail, la longueur des trayons, la hauteur au garrot et la longueur de la queue. Il importe toutefois de tenir compte du savoir endogène en matière d'amélioration génétique car ces traits morphométriques identifiés comme indicateurs de performances ne font pas l'unanimité de tous les groupes ethniques. L'attachement familial à une lignée de vaches héritées étant au cœur de l'identité pastorale décrite au Niger, l'implication des Kanouri et des Peuhls dans l'élevage de la Kouri ouvre une discussion sur la place de cette race dans les systèmes d'élevage futurs, en lien avec la fixation des critères de sélection de la race.

Remerciements

Les auteurs remercient le Programme de productivité agricole de l'Afrique de l'Ouest (PPAAO-Niger) qui a financé entièrement les travaux de recherche.

REFERENCES

- Alphonsus C., Akpa G.N., Oni O.O., Rekwot P.I., Barje P.P., Yashim S.M., 2010. Relationship of linear conformation traits with body weight, body condition score and milk yield in Friesian × Bunaji cows. *J. Appl. Anim. Res.*, **38** (2010): 97-100, doi: 10.1080/09712119.2010.9707164
- Banerjee S., Beyan M., Bekele H., 2014. Some traditional livestock selection criteria as practiced by several indigenous communities of Southern Ethiopia. *Anim. Gen. Res.*, **54**: 153-162, doi: 10.1017/S2078633614000083
- Barton D., Madows N., Morton J., 2001. Drought losses, pastoral saving and banking: a review. Chatham, UK, Natural Resources Institute, 3-6
- Beavers L., Van Doormaal B., 2016. Relation entre la croupe et la fertilité et la performance au vêlage. Réseau laitier canadien, 3 p. Canadian dairy Network, Guelph, Ontario, Canada, www.cdn.ca/francais/document.php?id=453(consulté nov. 2016)
- Belli P., Turini J., Harouna A., Garba I.A., Pistocchini E., Zecchini M., 2008. Farmers' selection criteria for dairy cattle in and around Niamey in Niger. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **61** (1): 51-56, doi : 10.19182/remvt.10013
- Bourn D., Wint W., 1994. Livestock, land use and agricultural intensification in sub-Saharan Africa. Pastoral Development Network, Overseas Development Institute, London, UK, (No 37), 12-15
- Bourzat D., Idriss A., Zeuh V., 1992. La race Kouri : une population bovine en danger d'absorption. *Bull. Anim. Res.*, **9** : 13-21, doi : 10.1017/S101423390003151
- CIRAD, 2013. Etude relative à la formulation du programme d'actions détaillé de développement de la filière lait en zone UEMOA, annexe 6, Rapport Niger. Cirad, Montpellier, France, 54 p.
- Chebo C., Ayalew W., Wuletaw Z., 2014. Traditional breeding practices and trait preferences of cattle farmers in Gamo Goffa Zone, Southern Ethiopia. *Anim. Gen. Res.*, **55**: 19-27, doi: 10.1017/S2078633614000277
- Diop A.T., Ickowicz A., Diène M., Nzimulinda J.C., 2009. Milk production in the sylvopastoral zone of Senegal: Variation factors and local populations' management system. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **62** (1): 39-47, doi: 10.19182/remvt.10092
- DRATDC, 2008. Monographie de la région de Diffa. Document de synthèse, région de Diffa, Niger. Direction régionale de l'aménagement de territoire et du développement communautaire, Niger, 100 p.
- Endashaw T., Tadelle D., Aynalem H., Wudyalew M., Okeyo M., 2012. Husbandry and breeding practices of cattle in Mursi and Bodi pastoral communities in Southwest Ethiopia. *Afr. J. Agric. Res.*, **7** (45): 5986-5994, doi: 10.5897/AJAR12.1566
- Epstein H., 1971. The origins of domestic animals of Africa, Vol. 1 and 2. Africana, New York, USA, 670 p.
- FAO, 2013. Caractérisation phénotypique des ressources génétiques animales. Directives FAO sur la production et la santé animales n° 11. FAO, Rome, Italie, 151 p.

- FAO/SFW, 2010. Revue du secteur de l'élevage au Niger. Ministère de l'Élevage, des Pêches et des Industries animales, Niger, 115 p.
- Faye B., Alary V., 2001. Les enjeux des productions animales dans les pays du Sud. INRA, *Prod. Anim.*, **14** (1) : 3-13
- FGE, 2014. Guide pratique du pointage des bovins de race à viande, du sevrage à l'âge adulte. France Génétique Elevage, Paris, France, 73 p. (Coll. Résultats ; 14201001).
- Glèlè Kakaï R., Kokodé G.G., 2004. Techniques statistiques univariées et multivariées : Applications sur ordinateur. DBAM/PISB/CRA-Agonkanmey/Inrab, 56 p.
- Joshi N.R., Maclaughlin E.A., Philipps R.W., 1957. Les bovins d'Afrique, types et races. FAO, Rome, Italie. (Études agricoles ; 37)
- Kakar A.R., 2009. Assessing the potential of the indigenous livestock breeds of Balochistan. Drynet Project. European Commission, European Union, 59 p.
- Koussou M.O., 2008. Dynamics of change within livestock sub-sector in Chad: a key-study of raw milk commodity chain in N'Djamena. Thèse Doct., AgroParisTech, France, 239 p.
- Kuczaj M., 2003. Analysis of changes in udder size of high yielding cows in subsequent lactations with regard to mastitis. *Electron. J. Pol. Agric.*, **6** (1), e02
- Lakouetene C.E.T., 1999. Les pratiques d'amélioration génétique, identification des maladies spécifiques aux troupeaux laitiers. Mém. Ingénieur Dév. rural, 130 p.
- Mbuku S.M., Isaac S.K., Alexander K.K., 2006. Identification systems and selection criteria of pastoral goat keepers in northern Kenya – Implications for a breeding programme. In: Conf. International Agricultural Research for Development, University of Bonn, 11-13 Oct. 2006
- ME, 2003. Rapport national sur les ressources zoogénétiques du Tchad. Laboratoire de recherches vétérinaires et zootechniques de Farcha, ministère de l'Élevage, Tchad, 78 p.
- Meyer C., Denis J.P., 1999. Elevage de la vache laitière en zone tropicale. Cirad-Emvt, Montpellier, France, 316 p.
- Misganaw G., Wuletaw Z., Ayalew W., 2013. Relationships between conformation traits and milk off-take of indigenous cattle breeds in north-western Ethiopia. *Anim. Gen. Res.*, **53** (2013): 27-32, doi: 10.1017/S2078633613000283
- Mpofu N., Rege J.E.O., 2002. The unique Kuri cattle of Lake Chad Basin. ILRI, Addis Ababa, Ethiopia, 4 p.
- Mwambene P.L., Katule A.M., Chenyambuga S.W., Mwakilemben P.A.A., 2012. Fipa cattle in the southwestern highlands of Tanzania: desired attributes, breeding practices and productive performance. *Anim. Gen. Res.*, **51**: 45-56, doi: 10.1017/S2078633612000124
- Payne W.J.A., Hodges J., 1997. African breeds. In: Tropical cattle. Origins, breeds and breeding policies. Blackwell Science, Cambridge, UK, 133-177
- Pérez-Cabal A., Legaz E., Cervantes I., Fernando de la Fuente L., Martine R., Goyache F., Gutiérrez J.P., 2013. Association between body and udder morphological traits and dairy performance in Spanish Assaf sheep. *Arch. Tierzucht*, **56** (42): 430-442, doi: 10.7482/0003-9438-56-042
- Peters K.J., Horst P., Kleinheisterkamp H.H., 1982. The importance of coat colour and coat type as indicator of productive adaptability of beef cattle in a subtropical environment. *Prod. Arid Cond.*, **1**: 154-174
- Queval R., Petit J.P., Tacher G., Provost A., Pagot J., 1971. The "Kouri": A cattle breed from Lake Chad. I. A general survey of the breed, with reference to zootechnical and biochemical studies, its origins and ecology. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **24** (4): 667-687, doi: 10.19182/remvt.7728
- René M., 1969. Connaissance du bétail. Tome I : les bovins, 210 p. Baillière, Paris, France, 210 p. (Coll. Enseignement agricole)
- Shigdaf M., 2011. Performance evaluation of Washera, Farta and their crossbred sheep in the Western highland of Amhara Region, Ethiopia. Thesis, Bahir Dar University, Ethiopia, 172 p.
- SOSFAIM, 2015. Le paradoxe de l'élevage au Sahel : forts enjeux, faibles soutiens. Bull. Synth. Souveraineté Aliment. (16)
- Steinfeld H., De Haan C., Blackburn H., 1999. Interactions entre l'élevage et l'environnement. Problématique et propositions. FAO, Rome, Italie, 52 p.
- Tielkes E., Schlecht E., Hiernaux P., 2001. Elevage et gestion de parcours au Sahel, implications pour le développement. In : Actes Atelier régional Ouest africain. La gestion des pâturages et les projets de développement : quelles perspectives ? (éd. Grauer), Niamey, Niger, 2-6 oct. 2000, 350-398
- Tiffen M., 2004. Population pressure, migration and urbanization: impacts on crop-livestock systems development in West Africa. Drylands Research, Crewkerne, Somerset, UK, 27 p.
- Tilki M., Inal S., Colak M., Garip M., 2005. Relationships between milk yield and udder measurements in Brown Swiss cows. *Turk Vet. Hayvanc. Dergisi.*, **29**: 75-81
- Vias G., Bonfoh B., Diarra A., Naferi A., Faye B., 2003. Les élevages laitiers bovins autour de la communauté urbaine de Niamey : caractéristiques, production, commercialisation et qualité du lait. In : Sémin. Lait sain pour le Sahel - production, approvisionnement, hygiène et qualité du lait et des produits laitiers au Sahel, Bamako, Mali, 24 fév. - 3 mars 2003. Institut du Sahel, Bamako, Mali, 1-29
- Yakubu A., 2011. Path analysis of conformation traits and milk yield of Bunaji cows in smallholder's herds in Nigeria. *Agric. Trop. Subtrop.*, **44** (3): 152-157
- Yeman G., Kassa T., Getu A., 2015. The role of conformational traits on dairy cattle production in Gondar town, Ethiopia. *Point J. Agric. Biotechnol. Res.*, **1** (2): 64-69
- Wurzinger M., Ndumu D., Baumung R., Drucker A., Okeyo A.M., Semambo D.K., Byamungu N. et al., 2006. Comparison of production systems and selection criteria of Ankole cattle by breeders in Burundi, Rwanda, Tanzania and Uganda. *Trop. Anim. Health Prod.*, **38**: 571-581, doi: 10.1007/s11250-006-4426-0
- Zeuh V., Mopaté L.Y., Youssouf A.I., Djindingar D., 2014. Milk production performance of Kuri cows under extensive breeding conditions of Lake Chad. *Inter. J. Agri. Innov. Res.*, **3** (3): 685-691

Summary

Adamou Karimou I., Issa M., Abdou H., Malam Bako S., Marichatou H. Breeding practices and morphometric indicators of the dairy performance of Kouri cattle according to farmers in Niger

In the Diffa region of Niger, a survey was carried out in 140 farms to analyze the breeding practices and dairy performance of Kouri cattle. In addition, morphometric traits that were indicators of dairy performance according to the farmers were documented. Most of the herders were sedentary and the majority of herds were medium-sized (36 ± 30 head per farm). For cows with the most recent complete lactations, milk production per cow was on average 2.7 ± 1.4 liters per day for an average lactation duration of 7.2 ± 2.8 months. For cows considered as the best dairy cows, milk production per cow was 4.2 ± 1.5 liters per day for an average lactation duration of 8.9 ± 2.7 months. Although breeding practices were similar for many aspects in the different ethnic groups, morphometric selection criteria for Kouri dairy cows varied according to the ethnic group. The phenotypic characteristics thus associated with the Kouri breed in the identified ethnic groups were mainly the pelvic length, chest width, teat length, withers height, and tail length. It is important to consider endogenous knowledge of genetic improvement because the morphometric parameters identified in this study as performance indicators were not unanimously accepted within the ethnic groups.

Keywords: Kouri cattle, dairy cow, milk performance, farming system, cultural behavior, Niger

Resumen

Adamou Karimou I., Issa M., Abdou H., Malam Bako S., Marichatou H. Prácticas de cría e indicadores morfométricos del rendimiento lácteo del ganado Kouri según los productores en Níger

Se llevó a cabo una encuesta en la región de Diffa en Níger, en 140 fincas, para analizar las prácticas de cría y el rendimiento lácteo del ganado Kouri. Además, se documentaron trazos morfométricos que fueron indicadores de rendimiento lácteo según los productores. La mayoría de los criadores eran sedentarios y la mayoría de los hatos fueron de tamaño medio (36 ± 30 cabezas por finca). En las vacas con una lactancia completa reciente, la producción de leche por vaca fue en promedio de $2,7 \pm 1,4$ litros por día para una duración promedio de lactancia de $7,2 \pm 2,8$ meses. Para vacas consideradas como las mejores vacas lecheras, la producción de leche por vaca fue de $4,2 \pm 1,5$ litros por día para una duración promedio de lactancia de $8,9 \pm 2,7$ meses. A pesar de que las prácticas de cría fueron similares en muchos aspectos en los diferentes grupos étnicos, los criterios de selección morfométrica para las vacas lecheras Kouri variaron según el grupo étnico. Las características fenotípicas asociadas con la raza Kouri en los grupos étnicos identificados fueron principalmente ancho de la pelvis, ancho del pecho, largo del pezón, altura a la cruz y largo de la cola. Es importante considerar el conocimiento endógeno del mejoramiento genético porque los parámetros morfométricos identificados en este estudio como indicadores del rendimiento no fueron unánimemente aceptados por los grupos étnicos.

Palabras clave: ganado bovino Kouri, vaca lechera, aptitud lechera, sistema de explotación, conducta cultural, Níger

Supplementing Barbarine ewes every two days around mating does not hamper the reproductive performance in comparison to daily supplementation

Zohra Ben Khilil^{1,2} Mourad Rekik³ Narjess Lassoued^{2*}

Keywords

Sheep, Barbarine ewes, feed supplement, reproductive performance, Tunisia

Submitted: 4 October 2016
Accepted: 22 November 2017
Published: 11 December 2017
DOI : 10.19182/remvt.31482

Summary

Seventy Barbarine ewes were divided into two homogeneous groups and received 1200 g/head/day of hay, supplemented with 400 g/head/day of concentrate, either daily (group C) or every two days (group A). The supplementation lasted three weeks before and three weeks after the mating period. The live weight, body condition score and blood metabolites were measured at the start and end of the trial. Estrus detection was performed twice a day and ovarian activity was monitored by endoscopy 10 days after estrus onset. There was no significant difference ($p > 0.05$) between groups C and A for the ovulation rate (1.78 ± 0.81 vs 1.69 ± 0.64), fertility at first estrus (58.8% vs 68.6%), total fertility (79.4% vs 82.9%), reproductive productiveness at first estrus (1.54 ± 0.89 vs 1.39 ± 0.81), total reproductive productiveness (1.48 ± 0.57 vs 1.39 ± 0.62), and reproductive losses (43.6% vs 44.1%), respectively. Concentrations of blood metabolites were similar ($p > 0.05$) in both groups. These results suggest that less frequent supplementation during the mating period may be an alternative to reduce feeding costs without affecting the reproductive performance of prolific ewes reared in arid environments.

■ How to quote this article: Ben Khilil Z., Rekik M., Lassoued N., 2017. Supplementing Barbarine ewes every two days around mating does not hamper the reproductive performance in comparison to daily supplementation. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **70** (2): 59-63, doi: 10.19182/remvt.31482

■ INTRODUCTION

The nutritional level influences almost all aspects of the reproductive performance starting from oocyte quality to fetal quality and competence (Ferguson et al., 2003; Adamiak et al., 2005). Supplementary feeding is needed during critical physiological stages such as the mating time, late pregnancy and early lactation, particularly in prolific sheep, for which feeding strategies are different from non-prolific

breeds (Lassoued et al., 2004). Working with a British breed, Rhind et al. (1989) stated that a low feed intake before mating reduces the mean ovulation rate and a low intake after mating induces a higher rate of ovum wastage. In Mediterranean regions, regular food supply is not guaranteed and small ruminants living in a semiarid environment depend for their nutrition on climatic conditions, characterized by long dry seasons. This situation often leads to supplementary feeding which is becoming a common practice during critical phases of the production cycle of sheep. It appears, however, that the reproductive response to improved plans of nutrition depends on the breed and body condition of animals (Lassoued et al., 2004). Indeed, in the highly prolific D'Man breed, higher levels of nutrition before and during mating are associated with an improved reproductive performance, similarly to that which has been reported for several sheep breeds (Lassoued et al., 2004). For the low prolific Queue fine de l'Ouest (QFO) ewes, increasing the level of nutrition by using more concentrate did not improve the ovulation rate (Rekik et al., 2007), but it substantially lowered the litter size as a result of higher reproductive wastage (Lassoued et al., 2005). In semiarid Tunisia, concentrates are very often used in large quantities to supplement animals.

1. Department of Biology, Faculty of Sciences, Carthage University, Zarzouna, Bizerte, Tunisia.
2. Laboratory of Animal and Forage Production, National Institute for Agricultural Research of Tunisia, Carthage University, Hédi Karray Street 2049, Ariana, Tunisia.
3. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Amman, Jordan.

* Corresponding author
Tel: +216 71 23 02 39; +216 71 23 00 24
Email: Lassoued.narjess@iresa.agrinet.tn; narlass@yahoo.fr



For small farmers, the high cost of the concentrates as well as their limited availability hampers their wide-scale use (Ben Salem et Nefzaoui, 2003). Several researchers have shown that irregular (not daily) supplementation of crude protein to ruminants consuming low-quality forage can reduce the costs associated with supplementation, while maintaining an acceptable performance, nutrient intake and nutrient utilization in comparison with daily supplementation (McGuire et al., 2013).

To our knowledge, there is a lack of research on the effect of irregular supplementation on reproductive performances, particularly in small ruminants during the mating period. The aim of this study was to evaluate the effect of a concentrate supplementation every other day on the reproductive traits of prolific Barbarine ewes. We hypothesized that reducing the conventional daily frequency of supplementation to every two days would maintain an acceptable reproductive performance while generating important savings for the farmers.

■ MATERIALS AND METHODS

Study location

The trial was carried out at the sheep experimental farm of Oussetia of the National Institute of Agricultural Research of Tunisia (INRAT). The farm is located in central, semiarid Tunisia at 35°51' N and 9°35' E, with an average annual rainfall of 594.7 mm. The area experiences a Mediterranean-type climate with cool winters (< 4.4°C temperatures) and hot dry summers (> 35°C).

Animals

The ewes used in this trial belonged to the 'W' flock, established after selection in 1979 of prolific ewes among the fat-tailed Barbarine sheep. Over a period of 20 years (1979–1998) the calculated mean reproductive productiveness of the flock was 1.6 (1.4 minimum and 1.8 maximum) (Bedhief-Romdhani et al., 2013).

Treatments

The trial was carried out during the period of the lowest sexual activity when none of the ewes showed spontaneously estrous or ovarian activity. The supplementation started on May 22 and lasted for six weeks.

Seventy W Barbarine ewes aged 5.2 ± 1.3 years were randomly allocated to two homogeneous treatment groups (mean live weight [LW] \pm SD = 33.9 ± 6.4 kg). Each group received 1.2 kg/head of hay and was supplemented with 0.4 kg/head of concentrate (mixture of 80% barley + 17% soybean meal + 3% mineral and vitamin complement) either daily (control group C) or every two days (group A). The hay and concentrate were distributed in two equal parts at 08:00 and 16:00. Supplementation was distributed during three weeks before and three weeks after male introduction. The quantity of concentrate was calculated so that the whole diet provided 1.5 of the daily metabolizable energy (ME) of maintenance requirements estimated at 0.397 MJ ME kg LW^{0.75} (Jarrige, 1988). The crude protein content is lower in straw than in concentrate (4.11% vs. 13.98% on a dry matter basis). Animals had free access to clean and fresh water during the entire trial.

Mating management

The ewes were subjected to estrus synchronization using intravaginal progesterone pessaries impregnated with 40 mg fluorogestone acetate and left *in situ* for 13 days. Mating took place by introducing rams at the time of pessary removal, at a ratio of one ram to seven ewes. Throughout the mating period, rams were continuously rotated

between the two groups of females. Ewes detected in estrus were hand-mated twice: immediately after being detected in estrus and 12 hours later. For the animals not holding to the induced estrus, mating continued until the end of the experiment (70 days following introduction of rams).

Measurements

Ewes were weighed and scored for body condition before the morning feeding, at the beginning and at the end of the trial. Two scores were given to each ewe on a scale from one to five. The dorsal score was measured using the technique of Russel et al. (1969) and the tail score was determined using Atti's method (1992), exclusively based on fat tail measurements.

Blood samples were collected from the jugular vein at the beginning and at the end of the treatment using evacuated blood collection tubes. Blood was immediately centrifuged (3000 tour/min) for 20 min and plasma harvested and stored (-20°C) until the analysis. The ovulation rate was assessed by laparoscopy (Thimonier et Mauléon, 1969), 9–11 days after the onset of behavioral estrus. After lambing, the fertility and reproductive productiveness obtained in the first estrus, and the total fertility and total reproductive productiveness obtained after the mating period was over were recorded. Finally, for each ewe, the difference between the numbers of corpora lutea and lambs born was termed 'reproductive wastage' (it included unfertilized ova and early embryo losses [Lassoued et al., 2004]).

Analysis of the metabolites

All metabolites were analyzed with the automaton DialabAutolyser based on the following methods: triglycerides / enzymatic colorimetric methods (GPO-PAP); creatinine / colorimetric kinetic method without deproteinization; glucose / enzymatic method (GOD-PAP); total proteins / colorimetric method biuret; cholesterol / enzymatic colorimetric test (CHOD-PAP); urea / Berthelot modified method.

Statistical analysis

Data were analyzed with SAS general linear model (SAS, 2004). Means per treatment were compared by the least square means option. Fertility was analyzed using the chi-square test. Plasma metabolites were analyzed with SAS repeated measure (significance at $p < 0.05$).

■ RESULTS AND DISCUSSION

Live weight and body condition score

Supplementing ewes every two days with concentrate did not reduce the final body weight which was similar to the live weight of ewes supplemented daily (Table I). In fact, the two groups of females showed a similar live weight gain during the treatment period ($p > 0.05$). Similarly, the body condition score did not differ between the two groups during the study (Table I). The similar increase of body weight and body condition score for the ewes supplemented on a daily basis or every two days could be due to the low body weight and body condition score of these animals at the start of the experiment.

For ewes in this experiment, the increase in the feeding level started 21 days before the mean date of mating, therefore, the amount of supplementary feed was probably enough to provide energy and protein, and thus elicit the same weight gain in both groups. This finding calls up the 'flushing effect' commonly reported in sheep flock management, whereby the supply of extra feed before mating improves the reproductive performance (Somchit-Assavacheep, 2011; Ben Khilil et al., 2017).

Reproductive performance

The proportion of females that displayed estrus at least once did not differ between the two groups ($p > 0.05$; Figure 1). For both groups, the estrous response reached 97% during the three days following rams' introduction, with a maximum on day 2. Only four ewes of group A and none of group C returned to estrus 54 days after introduction of rams ($p = 0.36$; Figure 1).

The ovulation rate, fertility and reproductive productiveness at the induced estrus, as well as the fertility and reproductive productiveness after the entire mating period, and the reproductive wastage did not differ between ewes supplemented daily or every two days ($p > 0.05$; Table I).

The fertility rates of ewes in both treatment groups were within the common range usually reported for this prolific strain of the

Table I

Morphometric parameters, plasma metabolites and reproductive performances of ewes supplemented daily (Group C) or every two days (Group A) around the mating period at INRAT sheep farm, Tunisia

| Parameters | Group C * | Group A * | P |
|---|---------------|--------------|------|
| Initial live weight | 34.4 ± 6.7 | 34.3 ± 6.2 | 0.97 |
| Final live weight | 37.9 ± 7.3 | 37.7 ± 6.8 | 0.89 |
| Initial dorsal condition score | 1.3 ± 0.3 | 1.2 ± 0.3 | 0.35 |
| Final dorsal condition score | 1.5 ± 0.2 | 1.5 ± 0.2 | 0.6 |
| Initial tail condition score | 3.0 ± 0.6 | 3.1 ± 0.5 | 0.7 |
| Final tail condition score | 4.0 ± 0.7 | 4.0 ± 0.5 | 0.85 |
| Cholesterol (mmol/L) beginning | 1.37 ± 0.28 | 1.43 ± 0.19 | 0.56 |
| Cholesterol (mmol/L) end | 1.34 ± 0.24 | 1.35 ± 0.24 | 0.92 |
| Creatinine (µmol/L) beginning | 75.89 ± 14.18 | 77.8 ± 9.87 | 0.83 |
| Creatinine (µmol/L) end | 82.60 ± 7.18 | 81.38 ± 8.23 | 0.72 |
| Glucose (mmol/L) beginning | 2.49 ± 1.49 | 2.74 ± 1.72 | 0.74 |
| Glucose (mmol/L) end | 2.46 ± 2.77 | 1.93 ± 1.43 | 0.60 |
| Total protein (g/L) beginning | 61.3 ± 8.4 | 60.7 ± 3.8 | 0.83 |
| Total protein (g/L) end | 66.8 ± 5.6 | 63.7 ± 3.4 | 0.15 |
| Triglyceride (mmol/L) beginning | 0.19 ± 0.06 | 0.21 ± 0.09 | 0.62 |
| Triglyceride (mmol/L) end | 0.13 ± 0.04 | 0.14 ± 0.06 | 0.56 |
| Urea (mmol/L) beginning | 3.48 ± 1.37 | 3.48 ± 1.62 | 1.00 |
| Urea (mmol/L) end | 5.28 ± 1.60 | 4.21 ± 1.21 | 0.10 |
| Ovulation rate | 1.78 ± 0.81 | 1.69 ± 0.64 | 0.63 |
| Fertility at first estrus (%) | 58.8 | 68.6 | 0.49 |
| Total fertility (%) | 79.4 | 82.9 | 0.80 |
| Reproductive productiveness at first estrus (average num. lambs born / ewe lambing) | 1.54 ± 0.89 | 1.39 ± 0.81 | 0.38 |
| Total reproductive productiveness (average num. lambs born / ewe lambing) | 1.48 ± 0.57 | 1.39 ± 0.62 | 0.58 |
| Reproductive wastage (%) | 43.6 ± 0.45 | 44.1 ± 0.46 | 0.98 |

* Mean ± standard deviation. No significant difference existed between the measured variables ($p > 0.05$).

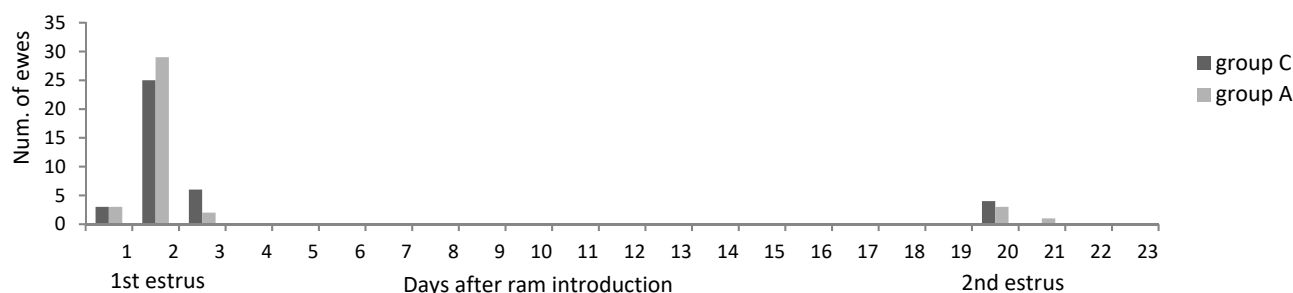


Figure 1: Treatment effect on the occurrence of estrus in ewes supplemented daily (C) or every two days (A) after introduction of rams, at INRAT sheep farm, Tunisia

Barbarine breed (Bedhiaf-Romdhani et al., 2013). Nevertheless, the levels of reproductive productiveness at both the induced estrus and after the entire mating period were lower than the average commonly reported for this strain of sheep (Bedhiaf-Romdhani et al., 2013). This could be explained by the rates of reproductive wastage recorded in this study, which remained much higher than those reported for local sheep breeds in Tunisia (Lassoued et al., 2004). There were no obvious causes for these high levels of reproductive wastage, but the low body condition of the animals in this experiment as well as the high temperatures in June were pointed out as main factors. In fact, Moberg (2000) suggests that if two or more stresses (nutrition, ambient temperature) occur simultaneously, the total cost may have a severe impact on biological functions such as reproduction. In addition, in sheep characterized by a high ovulation rate, early embryo mortality could be much higher than in non-prolific breeds (White et al., 1981).

Blood metabolites

The levels of blood metabolites for ewes in the two treatment groups are displayed in Table I. In our current experimental conditions, providing supplementary feed every two days did not affect blood-measured metabolites at the end of the treatment. Final concentrations of metabolite indicators of the energetic status (glucose, cholesterol and triglycerides) were similar in both groups as well as were the concentrations of metabolites indicating the protein status ($p > 0.05$). There was a trend showing glucose concentrations to be lower in animals

supplemented every two days (1.93 ± 1.43 vs 2.46 ± 2.77 mmol/L) but this was not statistically significant. Many studies report that supplementary feeding influences the plasma glucose level, serum total protein, albumin and urea in ewes (Naqvi et al., 2013). Glucose is one of the most important metabolic substrates for ovaries and for adequate reproductive performance (Hess et al., 2005). Our results claim that adequate supplementation, even when its frequency is reduced to every two days, maintains ewes at a positive energy balance with no impact on their reproductive performance.

■ CONCLUSION

The data showed that offering a supplement of concentrate (energy and protein) every two days instead of each day to mature prolific Barbarine ewes raised in a semiarid environment yielded similar effects on animal performances (body weight and body condition score) and reproductive efficiency. These findings suggest that less frequent supplementation may contribute to an alternative management whereby supplementation costs might be substantially reduced without hampering reproductive performances.

Acknowledgments

This work was supported by the Laboratory of Animal and Forage Production in the National Institute of Agricultural Research in Tunisia. Thanks are offered to the staff of the research station of Ouesslatia.

REFERENCES

- Adamiak S.J., Mackie K., Watt R.G., Webb R., Sinclair K.D., 2005. Impact of nutrition on oocyte quality: Cumulative effects of body composition and diet leading to hyper insulinemia in cattle. *Biol. Reprod.*, **73** (5): 918-926, doi: 10.1095/biolreprod.105.041483
- Atti N., 1992. Relations entre l'état corporel et les dépôts adipeux chez la brebis Barbarine. In : Etat corporel des brebis et chèvres, 14-16 mai 1990, Saragosse, Espagne (éd. Purroy). Ciheam, 31-34 (Options Méditerr. Sér. A. Sémin. Méditerr. ; 13)
- Bedhiaf-Romdhani S., Abidi S., Atti N., Ben salem H., Ben salem M., Lassoued N., Othmane M.H., 2013. Characterization and management of ruminants for better productivity: Half a century of scientific research at INRAT [in French]. *Ann. INRAT.*, **86** (special issue): 93-138
- Ben Khilil Z., Khnissi S., Rekik M., Lassoued N., 2017. Feed supplementation improves estrus response and increases fertility of sheep induced to breed out of season. *Trop. Anim. Health Prod.*, **49** (3): 607-612, doi: 10.1007/s11250-017-1236-5
- Ben Salem H., Nefzaoui A., 2003. Feed blocks as alternative supplements for sheep and goats. *Small Rumin. Res.*, **49**: 275-288, doi: 10.1016/S0921-4488(03)00144-5
- Ferguson E.M., Ashworth C.J., Edwards S.A., Hawkins N., Hepburn N., Hunter M.G., 2003. Effect of different nutritional regimens before ovulation on plasma concentrations of metabolic and reproductive hormones and oocyte maturation in gilts. *Reproduction*, **126** (1): 61-71, doi: 10.1530/rep.0.1260061
- Hess B.W., Lake S.L., Scholljegerdes E.J., Weston T.R.V., Nayigihugu V., Molle J.D.C., Moss G.E., 2005. Nutritional controls of beef cow reproduction. *J. Anim. Sci.*, **83** (E. Suppl.): 90-106
- Jarrige R., 1988. Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA, Paris, France, 476 p.
- Lassoued N., Rekik M., Ben Salem H., 2005. Supplementary feeding prior to and during mating coupled to the ram effect does not prevent low fertility in Barbarine ewes that have undergone a succession of drought season. In: Proc. 11th seminar Sub-Network FAO-CIHEAM on sheep and goat nutrition, Catania, Italy, 8-10 Sept. 2005
- Lassoued N., Rekik M., Mahouachi M., Ben Hamouda M., 2004. The effect of nutrition prior to and during mating on ovulation rate, reproductive wastage and lambing rate in three sheep. *Small Rumin. Res.*, **52** (1-2): 117-125, doi: 10.1016/S0921-4488(03)00250-5
- McGuire D.L., Bohnert D.W., Schauer C.S., Falck S.J., Cooke R.F., 2013. Daily and alternate day supplementation of urea or soybean meal to ruminants consuming low-quality cool-season forage: I. Effects on efficiency of nitrogen use and nutrient digestion. *Livest. Sci.*, **155**: 205-213, doi: 10.1016/j.livsci.2013.05.015
- Moberg G.P., 2000. Biological responses to stress. Implications for animal welfare. In: The biology of animal stress: basic principles and implications for animal welfare (Eds. Moberg G.P., Mench J.A.). CAB International, Wallingford, UK, 1-21, doi: 10.1079/9780851993591.0001
- Naqvi S.M.K., Sejian V., Karim S.A., 2013. Effect of feed flushing during summer season on growth, reproductive performance and blood metabolites in Malpura ewes under semi-arid tropical environment. *Trop. Anim. Health Prod.*, **45** (1): 143-148, doi: 10.1007/s11250-012-0185-2
- Rekik M., Lassoued N., Ben Salem H., Tounsi I., 2007. Reproductive traits of Tunisian Queue Fine de l'Ouest ewes fed on wheat straw supplemented with concentrate and *Acacia cyanophylla* Lindl. foliage with and without polyethylene glycol (PEG). *Livest. Res. Rural. Dev.*, **19** (11): Paper 174
- Rhind S.M., McKelvey W.A.C., McMillen S., Gunn R.G., Elston D.A., 1989. Effect of restricted food intake, before and/or after mating, on the reproductive performance of Grey face ewes. *Anim. Prod.*, **48** (1): 149-155, doi: 10.1017/S0003356100003883
- Russel A.J.F., Doney J.M., Gunn R.G., 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. *J. Agric. Sci.*, **72** (3): 451-454, doi: 10.1017/S0021859600024874
- SAS, 2004. SAS/STAT 9.1 User's Guide. SAS Institute, Cary, NC, USA
- Somchit-Assavacheep A., 2011. Influence of nutritional management on folliculogenesis in ewes. *Thai. J. Vet. Med. Suppl.*, **41**: 25-29
- Thimonier J., Mauléon P., 1969. Seasonal variations in the estrus behavior and ovarian and pituitary activities in sheep [in French]. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, **9** (2): 233-250, doi: 10.1051/rnd:19690207
- White D.H., Rizzoli D.J., Cumming I.A., 1981. Embryo survival in relation to number and site of ovulations in the ewe. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.*, **21** (108): 32-38, doi: 10.1071/EA9810032

Résumé

Ben Khilil Z., Rekik M., Lassoued N. La complémentation des brebis Barbarines tous les deux jours durant la période de lutte n'affecte pas les performances reproductives comparativement à une complémentation quotidienne

Soixante-dix brebis Barbarines ont été réparties en deux lots homogènes et ont reçu 1200 g/tête/jour de foin complémenté avec 400 g/tête/jour de concentré, soit quotidiennement (lot C) soit un jour sur deux (lot A). La complémentation a duré trois semaines avant et trois semaines après la lutte. Le poids vif, la note d'état corporel et les métabolites sanguins ont été mesurés au début et à la fin de l'essai. La détection de l'œstrus a été effectuée deux fois par jour et l'activité ovarienne a été contrôlée par endoscopie 10 jours après l'apparition des œstrus. Il n'y a pas eu de différence significative ($p > 0,05$) entre les lots C et A respectivement pour le taux d'ovulation ($1,78 \pm 0,81$ vs $1,69 \pm 0,64$), la fertilité au premier œstrus ($58,8\%$ vs $68,6\%$), la fertilité totale ($79,4\%$ vs $82,9\%$), la prolificité au premier œstrus ($1,54 \pm 0,89$ vs $1,39 \pm 0,81$), la prolificité totale ($1,48$ vs $1,39$) et les pertes reproductives ($43,6\%$ vs $44,1\%$). Les concentrations des métabolites sanguins ont été similaires ($p > 0,05$) dans les lots. Ces résultats suggèrent qu'une complémentation alimentaire moins fréquente pendant la période de lutte peut constituer une alternative qui réduit le coût de l'alimentation sans conséquence sur les performances reproductives des brebis prolifiques élevées dans des milieux arides.

Mots-clés : ovin, brebis Barbarine, complément alimentaire pour animaux, performance de reproduction, Tunisie

Resumen

Ben Khilil Z., Rekik M., Lassoued N. Suplementar ovejas Barbarine día de por medio alrededor de la monta no obstaculiza el rendimiento en comparación con la suplementación diaria

Se dividieron setenta ovejas Barbarine en dos grupos homogéneos y recibieron 1200 g/cabeza/día de heno, suplementado con 400 g/cabeza/día de concentrado, diariamente (grupo C) o día de por medio (grupo A). La suplementación duró tres semanas antes y tres semanas después del periodo de monta. Se midieron el peso vivo, la condición corporal y metabolitos sanguíneos al principio y al final del estudio. La detección de estro se llevó a cabo dos veces al día y la actividad de los ovarios se monitoreó por endoscopia 10 días después del inicio del estro. No hubo diferencia significativa ($p > 0,05$) entre los grupos C y A para la tasa de ovulación ($1,78 \pm 0,81$ vs $1,69 \pm 0,64$), fertilidad al primer estro ($58,8\%$ vs $68,6\%$), fertilidad total ($79,4\%$ vs $82,9\%$), productividad reproductiva al primer estro ($1,54 \pm 0,89$ vs $1,39 \pm 0,81$), productividad reproductiva total ($1,48 \pm 0,57$ vs $1,39 \pm 0,62$), y pérdidas reproductivas ($43,6\%$ vs $44,1\%$), respectivamente. Las concentraciones de metabolitos sanguíneos fueron similares ($p > 0,05$) en ambos grupos. Estos resultados sugieren que una suplementación menos frecuente durante el periodo de monta puede ser una alternativa para reducir los costos de alimentación sin afectar el rendimiento reproductivo de ovejas prolíficas criadas en ambientes áridos.

Palabras clave: ovino, oveja Barbarine, suplemento de piensos, reproductividad, Túnez

Approche morphozométrique de chamelles (*Camelus dromedarius* L.) des populations algériennes Sahraoui et Targui

Baïssa Babelhadj^{1*} Atika Benaïssa² Abdelkader Adamou²
Faïza Tekkouk-Zemmouchi³ Soumia Raache²
Taqiyeddine Babelhadj² Claude Guintard⁴

Mots-clés

Dromadaire, mensuration corporelle, population animale, Algérie

Submitted: 7 August 2017
Accepted: 30 October 2017
Published: 11 December 2017
DOI : 10.19182/remvt.31483

Résumé

L'objectif de cette étude était de comparer les caractérisations morphologiques et de déterminer l'indice de gracilité d'après des mesures zoométriques sur des chamelles adultes de deux populations algériennes, la Sahraoui et la Targui. Les mesures ont été réalisées sur des dromadaires femelles – 30 Sahraoui et 30 Targui – de plus de cinq ans dans le Sahara septentrional (région de Ouargla). Quatre mensurations ont été faites, puis l'indice de gracilité et le poids vif ont été calculés. Des équations de régression linéaire ont été proposées afin d'estimer le poids vif des animaux et la hauteur au garrot à partir des mensurations corrélées. Les valeurs moyennes des poids vifs des Sahraoui et des Targui étaient respectivement de 399 ± 74 kg et de 428 ± 82 kg, pour une hauteur au garrot de $1,75 \pm 0,08$ m et de $1,81 \pm 0,08$ m. Elles étaient respectivement de $0,96 \pm 0,05$ m et $0,97 \pm 0,08$ m pour le vide sous-sternal, de $0,80 \pm 0,08$ et $0,84 \pm 0,07$ pour la profondeur thoracique, et de $1,20 \pm 0,13$ m et $1,18 \pm 0,16$ m pour l'indice de gracilité sous-sternal. Cette étude montre que la chamelle Targui est un peu plus gracile que la chamelle Sahraoui. Ces populations sont également associées à un ensemble de pratiques alimentaires, elles-mêmes liées à la qualité des parcours dont l'influence sur le développement morphologique des animaux a été largement observée.

■ Pour citer cet article : Babelhadj B., Benaïssa A., Adamou A., Tekkouk-Zemmouchi F., Raache S., Babelhadj T., Guintard C., 2017. Morphozometric approach of female camels (*Camelus dromedarius* L.) of the Sahraoui and Targui Algerian populations. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **70** (2): 65-69, doi: 10.19182/remvt.31483

■ INTRODUCTION

Face aux changements climatiques, le dromadaire semble pouvoir s'adapter non seulement aux contraintes météorologiques

(aridification du milieu), mais aussi à l'évolution des différents systèmes d'élevage et il représente ainsi un modèle animal très intéressant (Faye et al., 2012). L'activité cameline a de tout temps permis à une grande partie de la population pastorale d'en obtenir un revenu. Le nom des populations attribué à des groupes d'animaux varie en fonction des pays et des ethnies qui vivent dans ces zones (Abdallah et Faye, 2012 ; Chniter et al., 2013).

En ce qui concerne les dromadaires, la brévipédie (Sahraoui) et la longipédie (Targui) sont décrites depuis très longtemps (Geoffroy-Saint-Hilaire, 1861) et doivent être prises en compte (Babelhadj et al., 2016) dans le cadre d'une étude morphométrique. L'indice de gracilité sous-sternal est calculé selon la formule : $IGS = VSS$ (vide sous-sternal)/PT (profondeur du thorax) (Bourzat et al., 1993). Ce travail vise à caractériser et à comparer la morphologie des deux populations, et à déterminer l'indice de gracilité des chamelles Sahraoui et Targui, qui sont les populations de dromadaires les plus rencontrées dans la région de Ouargla (Algérie).

1. Ecole normale supérieure – Ourgla, Laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi-arides, Université Kasdi Merbah Ouargla, 30000 Ouargla, Algérie.
2. Laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi-arides, Université Kasdi Merbah Ouargla, 30000 Ouargla, Algérie.
3. Université Constantine 1, Institut des sciences vétérinaires, Laboratoire de gestion de la santé et des productions animales, El Khroub, Algérie.
4. Unité d'anatomie comparée, Ecole nationale vétérinaire de l'alimentation et de l'agroalimentaire, Nantes, France.

* Auteur pour la correspondance
Tél. : +213 7 70 58 26 36 ; email : babelhadjbaïssa@gmail.com



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

■ MATERIEL ET METHODES

Les animaux

L'étude a été réalisée sur 60 chamelles : 30 appartenaient à la population Sahraoui, dont le berceau est le Sahara septentrional (variété de la race Maghreb), et 30 appartenaient à la population Targui, dont le berceau se situe dans la région de Tamanrasset où se trouve la majorité des dromadaires de cette population. Ces deux populations appartenaient à des élevages semi-extensifs. Il s'agissait d'animaux âgés de plus de cinq ans utilisant des parcours distincts. Les deux types de dromadaires sont les plus répandus, les plus représentés et les mieux commercialisés dans la zone d'étude. Leur viande est largement consommée dans la région de Ouargla. L'échantillonnage a été sélectionné à l'abattoir de Ouargla de manière aléatoire, sans tenir compte de l'état de gravidité des chamelles.

La population Sahraoui représente un excellent animal de travail, pour la production de viande et de poils. Certaines femelles sont de très bonnes laitières. Son aire de répartition s'étend du grand Erg occidental au centre du Sahara (Benaïssa, 1989) (figure 1).

Selon Messaoudi (1999), le dromadaire de la population Targui est un animal de course par excellence. Il est très haut sur des membres fins et secs, avec une robe grise à poils très courts et fins. C'est le dromadaire des Touaregs du Nord. Ce dromadaire est localisé au Sahara central, au Hoggar et à l'extrême Sud algérien (Tamanrasset). On peut le rencontrer un peu plus au nord, parce qu'il est très souvent utilisé comme reproducteur et comme animal de course. Il est utilisé aussi pour la selle et le bât (figure 2).

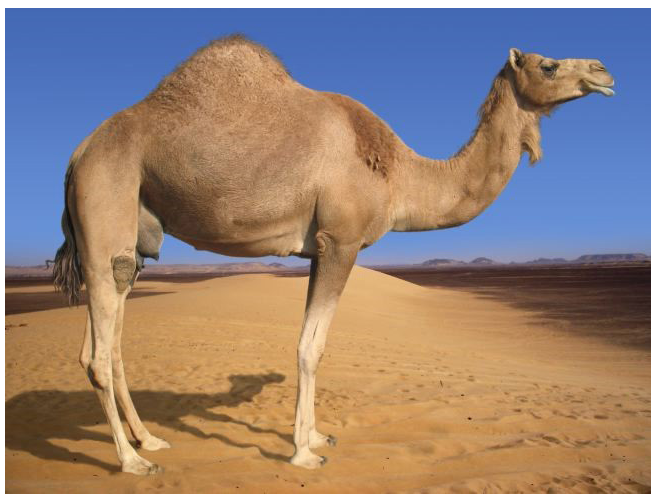


Figure 1 : dromadaire Sahraoui, Algérie.



Figure 2 : dromadaire Targui, Algérie.

La méthode

Les mesures des différentes parties des individus vivants ont été réalisées en position debout (circonférences thoracique et abdominale) avec un ruban métrique. La hauteur au garrot (HG) et la profondeur de thorax (PT) ont été mesurées sous toise sur les 60 animaux.

Pour la détermination de l'âge, nous avons eu recours à l'expérience des éleveurs grâce à l'examen de la denture qui reste la méthode la plus couramment utilisée par les chameliers. La traduction de la chronologie dentaire chez le dromadaire conduit à des appellations locales telles que *jedaa* (5 ans), *theni* (6 ans), *rebaa* (7 ans), *sdass* (8 ans) et *garah* (9 ans). A partir de 10 ans, l'âge est estimé par le degré d'usure des dents.

Pour chaque individu, quatre mesures zoométriques ont été réalisées : la hauteur au garrot, le vide sous-sternal (VSS), la circonférence thoracique (CT) et la circonférence abdominale (CA). Les trois mensurations ont permis d'estimer le poids vif (PV) de l'animal, à partir de la formule barymétrique de Boué (1949) : $PV = 53 \times CT \times CA \times HG$. Cette formule a été choisie car elle se rapproche beaucoup de la plupart des formules proposées (Benaïssa, 1989) et elle a déjà été appliquée sur les dromadaires du Maghreb ; elle rend ainsi les comparaisons possibles (Babelhadj et al., 2016).

Les données ont été saisies dans Microsoft Excel 2007. Les analyses des moyennes (test t de Student) ont été réalisées avec le logiciel XL Stat (Addinsoft), au seuil de significativité de $p = 0,05$.

■ RESULTATS ET DISCUSSION

Les tableaux I et II montrent les paramètres biométriques des chamelles Sahraoui et Targui âgées plus de cinq ans. Respectivement elles pesaient 399 ± 74 kg et 428 ± 82 kg pour une hauteur au garrot de $1,75 \pm 0,08$ m et $1,81 \pm 0,08$ m. Les moyennes de vide sous-sternal chez les deux populations étaient presque égales. Les circonférences abdominales étaient très légèrement plus grandes chez la Targui que chez la Sahraoui mais sans différences significatives ($p = 0,606$). Nos résultats ne concordent pas avec ceux de Oulad Belkhir et al. (2013) pour la circonférence abdominale : pour la Saharaoui $1,638 \pm 0,199$ vs $2,27 \pm 0,22$ m dans notre étude, et pour la Targui $2,200 \pm 0,258$ vs $2,30 \pm 0,21$ m dans notre étude.

Au-delà des valeurs moyennes, la variabilité globale du coefficient de variation (CV) a été plus importante pour les variables pondérales (0,19 % pour le poids vif des deux populations) que pour les mesures linéaires (de 0,04 à 0,10 %). Parmi ces dernières, la hauteur au garrot a été le paramètre linéaire le moins variable (CV = 0,04 %). En ce qui concerne l'indice de gracilité, le CV a été légèrement plus important, proche de celui du poids (respectivement 0,19 % et 0,14 %). L'écart-type des mesures zoométriques linéaires a donc été plus faible que celui des mesures pondérales.

La différence entre les moyennes des deux populations n'était pas significative, à l'exception de la hauteur au garrot et de la circonférence thoracique. La moyenne des indices de gracilité n'a pas montré de différences significatives entre les deux populations (tableau II). Les animaux semblaient donc relativement homogènes en matière de morphologie. En revanche, leur état d'embonpoint et leur taille ont été plus variables, traduisant un écart important des valeurs pondérales.

Parmi les paramètres barymétriques, certains étaient particulièrement bien corrélés entre eux de façon logique. Les valeurs de la matrice de corrélation de la Sahraoui (tableau III) ont montré que la circonférence thoracique était moyennement corrélée avec la hauteur au garrot. Chez la Targui la circonférence thoracique était sous la moyenne de corrélation avec la hauteur au garrot. Des résultats différents des nôtres ont été signalés par Oulad Belkhir et al. (2013)

Tableau I

Paramètres biométriques des dromadaires femelles Sahraoui en Algérie

| Paramètres statistiques | HG (m) | VSS | CT | CA | PT | IGS | PV (kg) |
|-------------------------|--------|------|------|------|------|------|---------|
| n | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Moyenne | 1,75 | 0,96 | 1,88 | 2,27 | 0,80 | 1,20 | 399 |
| Minimum | 1,62 | 0,84 | 1,65 | 1,85 | 0,08 | 0,13 | 267 |
| Maximum | 1,88 | 1,07 | 2,4 | 2,82 | 1,02 | 1,45 | 614 |
| σ | 0,08 | 0,05 | 0,16 | 0,22 | 0,08 | 0,13 | 74 |
| CV(%) | 4 | 5 | 9 | 10 | 10 | 19 | 19 |

HG : hauteur au garrot ; VSS : vide sous-sternal ; CT : circonférence thoracique ; CA : circonférence abdominale ; PT : profondeur thoracique ; IGS : indice de gracilité sous-sternal ; PV : poids vif ; σ : écart-type ; CV : coefficient de variation

Tableau II

Paramètres biométriques des dromadaires femelles Targui en Algérie

| Paramètres statistiques | HG (m) | VSS | CT | CA | PT | IGS | PV (kg) |
|-------------------------|--------|------|------|------|------|------|---------|
| n | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Moyenne | 1,81 | 0,97 | 1,93 | 2,30 | 0,84 | 1,18 | 428 |
| Minimum | 1,62 | 0,65 | 1,50 | 1,90 | 0,68 | 0,59 | 271 |
| Maximum | 1,95 | 1,10 | 2,50 | 2,80 | 1,11 | 1,62 | 679 |
| σ | 0,08 | 0,08 | 0,18 | 0,21 | 0,07 | 0,16 | 82 |
| CV (%) | 4 | 9 | 9 | 9 | 9 | 14 | 19 |

HG : hauteur au garrot ; VSS : vide sous-sternal ; CT : circonférence thoracique ; CA : circonférence abdominale ; PT : profondeur thoracique ; IGS : indice de gracilité sous-sternal ; PV : poids vif ; σ : écart-type ; CV : coefficient de variation

Tableau III

Matrice des corrélations des paramètres biométriques des dromadaires femelles Sahraoui et Targui en Algérie

| Sahraoui | HG | VSS | CT | CA | PT | IGS | PV |
|----------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| HG | 1 | 0,608 | 0,588 | 0,224 | 0,771 | -0,327 | 0,614 |
| VSS | 0,608 | 1 | 0,382 | -0,048 | -0,037 | 0,549 | 0,291 |
| CT | 0,588 | 0,382 | 1 | 0,574 | 0,434 | -0,154 | 0,900 |
| CA | 0,224 | -0,048 | 0,574 | 1 | 0,320 | -0,270 | 0,837 |
| PT | 0,771 | -0,037 | 0,434 | 0,320 | 1 | -0,852 | 0,539 |
| IGS | -0,327 | 0,549 | -0,154 | -0,270 | -0,852 | 1 | -0,283 |
| PV | 0,614 | 0,291 | 0,900 | 0,837 | 0,539 | -0,283 | 1 |
| Targui | HG | VSS | CT | CA | PT | IGS | PV |
| HG | 1 | 0,584 | 0,409 | 0,331 | 0,394 | 0,055 | 0,560 |
| VSS | 0,584 | 1 | 0,107 | -0,177 | -0,516 | 0,827 | 0,105 |
| CT | 0,409 | 0,107 | 1 | 0,624 | 0,310 | -0,177 | 0,899 |
| CA | 0,331 | -0,177 | 0,624 | 1 | 0,550 | -0,452 | 0,870 |
| PT | 0,394 | -0,516 | 0,310 | 0,550 | 1 | -0,879 | 0,472 |
| IGS | 0,055 | 0,827 | -0,177 | -0,452 | -0,879 | 1 | -0,266 |
| PV | 0,560 | 0,105 | 0,899 | 0,870 | 0,472 | -0,266 | 1 |

En gras, valeurs significatives (hors diagonale) ($p = 0,050$)

chez la Sahraoui : la hauteur au garrot est très faiblement corrélée à la circonférence thoracique et sous la moyenne de corrélation avec la circonférence abdominale. Pour ce qui est de la Targui les circonférences thoracique et abdominale sont corrélées avec la hauteur au garrot (Oulad Belkhir et al., 2013).

Les coefficients de corrélations étaient moins élevés mais toujours significatifs (tableau III) chez les chamelles Targui que chez les chamelles Sahraoui, notamment entre la hauteur au garrot, la circonférence abdominale, la circonférence thoracique et la profondeur thoracique. La dispersion des valeurs de la population Sahraoui était très voisine de celle de la population Targui, bien que cette dernière soit légèrement plus grande et plus lourde (Babelhadj et al., 2016). Des résultats proches de ceux enregistrés dans la population Sahraoui ont été enregistrés par d'autres auteurs ; la chamelle Targui est une meilleure laitière mais elle s'engraisserait aussi plus rapidement (Benyoucef et Bouzegag, 2006). Ces populations sont également associées à un ensemble de pratiques alimentaires, elles-mêmes liées à la qualité des parcours dont l'influence sur le développement morphologique des animaux a été largement soulignée (Babelhadj et al., 2016).

REFERENCES

- Abdallah H.R., Faye B., 2012. Phenotypic classification of Saudi Arabian camel (*Camelus dromedarius*) by their body measurements. *Emir. J. Food Agric.*, **24** (3): 272-280
- Almathen F., Charruau P., Mohandesan E., Mwacharo J.M., Orozcoter Wengel P., Pitt D., Abdussamadg A.M., et al., 2016. Ancient and modern DNA reveal dynamics of domestication and cross-continental dispersal of the dromedary. *PNAS*, **113** (24): 6707-6712, doi: 10.1073/pnas.1519508113
- Babelhadj B., 2017. Ostéo-biométrie et structure osseuse des métapodes de dromadaire (*Camelus dromedarius* L., 1758) : étude comparée de deux populations, Sahraoui et Targui. Thèse Doct. Sciences agronomiques, Université Kasdi Merbah Ouargla, Algérie, 202 p.
- Babelhadj B., Abdelkader A., Tekkouk-Zemmouchi F., Benaïssa A., Guintard C., 2016. Etude biométrique de dromadaires de deux populations algériennes : la Sahraoui et la Targui (*Camelus dromedarius* L.). *Livest. Res. Rural Dev.*, **28** (2).
- Ben Aïssa R., 1989. Le dromadaire en Algérie. In : séminaire sur la digestion, la nutrition et l'alimentation du dromadaire, sémin. méditerr. n° 2, Saragosse, Espagne (éd. Tisserand J.-L.). Ciheam Options Méditerr. Sér. A : 19-28. <http://ressources.ciheam.org/om/pdf/a02/C1000422.pdf>
- Benyoucef M.T., Bouzegag B., 2006. Résultats d'étude de la qualité de la viande de deux races camelines (Targui et Sahraoui) à Ouargla et Tamanrasset (Algérie). *Ann. Inst. Nat. Agron. El-Harrach*, **27** (1-2) : 37-53
- Boué A., 1949. Essai de barymétrie chez le dromadaire Nord-africain. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **3** (1) : 13-16, doi : 10.19182/remvt.6857
- Bourzat D., Souvenir Zafindrajaona P., Lauvergne J.J., Zeuh V., 1993. A morpho-biometric comparison between goats from Northern Cameroon and Chad. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays trop.*, **46** (4): 667-674, doi : 10.19182/remvt.9423
- Chniter M., Hammadi M., Khorchani T., Krit R., Benwahada A., Ben Hamouda M., 2013. Classification of Maghrebi camels (*Camelus dromedarius*) according to their tribal affiliation and body traits in southern Tunisia. *Emir. J. Food Agric.*, **25** (8): 625-634
- Faye B., Chaïbou M., Vias G., 2012. Integrated impact of climate change and socioeconomic development on the evolution of camel farming systems. *Br. J. Environ. Clim. Change*, **2** (3): 227-244, doi: 10.9734/BJECC/2012/1548
- Geoffroy-Saint-Hilaire I., 1861. Acclimatation et domestication des animaux utiles. La maison rustique, Paris, France, 534 p.
- Messaoudi B., 1999. Point de situation sur l'élevage camelin en Algérie. In : Les premières journées sur la recherche cameline de Ouargla, 25-26 mai 1999. Université de Ouargla, Algérie, 13-14
- Oulad Belkhir A., Chehma A., Faye B., 2013. Phenotypic variability of two principal Algerian camel's populations (Targui and Sahraoui). *Emir. J. Food Agric.*, **25** (3): 231-237, doi: doi.org/10.9755/ejfa.v25i3.15457

■ CONCLUSION

En apparence, les deux populations de chamelles se distinguaient sensiblement sur le plan du gabarit. La chamelle Targui est considérée comme plus gracile que la chamelle Sahraoui, mais il s'agit plus d'une impression résultant de sa plus grande hauteur au garrot et de ses membres plus fins. En effet, l'indice de gracilité des deux populations est très voisin et n'est pas significativement différent d'un point de vue statistique. La Targui est certes plus élancée (HG en moyenne de 1,81 m vs 1,75 m pour la Sahraoui) mais elle a aussi une cage thoracique plus développée (en moyenne de 1,93 m vs 1,88 m pour la Sahraoui), de sorte que les conformations globales sont sensiblement les mêmes. L'étude de la morphométrie osseuse à partir des métapodes (Babelhadj, 2017) donne des résultats concordants avec ces données biométriques. Il existe donc une harmonie de l'ensemble de l'animal, tant au niveau de l'extérieur que de son squelette. Si le phénotype est ainsi bien décrit (Almathen et al., 2016), il pourrait être intéressant de mieux caractériser d'un point de vue génétique ces populations qui demeurent assez proches et dont l'histoire commune n'est pas si éloignée.

Summary

Babelhadj B., Benaissa A., Adamou A., Tekkouk-Zemmouchi F., Raache S., Babelhadj T., Guintard C. Morphozoometric approach of female camels (*Camelus dromedarius* L.) of the Algerian Sahraoui and Targui populations

The objective of this study was to compare morphological traits and determine the gracility index of two Algerian camel populations, the Sahraoui and the Targui, based on zoometric measurements. These measurements concerned a sample of adult female camels – 30 Sahrawi and 30 Targui – in Northern Sahara (Ouargla region). Four measurements were taken, then the gracility index and live weights were calculated. Linear regression equations have been proposed to estimate the live weight of the animals and the height at the withers from correlated measurements. The mean live weights of the Sahraoui and Targui were 399 ± 74 kg and 428 ± 82 kg, respectively, for a height at the withers of 1.75 ± 0.08 m and 1.81 ± 0.08 m. The mean substernal cavities measured 0.96 ± 0.05 m and 0.97 ± 0.08 m, the mean thoracic depths 0.80 ± 0.08 and 0.84 ± 0.07 , and the mean substernal gracility indices were 1.20 ± 0.13 m and 1.18 ± 0.16 m. This study shows that the Targui female camel is a little more gracile than the Sahraoui. These populations are also associated with a range of feeding practices, which are themselves linked to the quality of rangelands whose influence on the morphological development of animals has been widely observed.

Keywords: dromedary, female, body measurement, animal population, Algeria

Resumen

Babelhadj B., Benaissa A., Adamou A., Tekkouk-Zemmouchi F., Raache S., Babelhadj T., Guintard C. Enfoque morfozoométrico de las camellas (*Camelus dromedarius* L.) en las poblaciones argelinas Sahraoui y Targui

El objetivo del presente estudio fue comparar los trazos morfológicos y determinar el índice de flexibilidad de dos poblaciones de camellos argelinos, Sahraoui y Targui, basándose en medidas zoométricas. Estas medidas concernieron una muestra de camellas adultas – 30 Sahraoui y 30 Targui – de más de cinco años en el Sahara del Norte (región de Ouargla). Se tomaron cuatro medidas, luego se calcularon el índice de flexibilidad y el peso vivo. Se proponen ecuaciones de regresión lineal para estimar el peso vivo de los animales y la altura a la cruz a partir de medidas correlacionadas. El peso vivo medio de los Sahraoui y Targui fue 399 ± 74 kg y 428 ± 82 kg respectivamente para una altura a la cruz de $1,75 \pm 0,08$ m y $1,81 \pm 0,08$ m. Las cavidades sub esternales promedio midieron $0,96 \pm 0,05$ m y $0,97 \pm 0,08$ m, la profundidad torácica media $0,80 \pm 0,08$ y $0,84 \pm 0,07$ y los índices de flexibilidad sub esternal fueron de $1,20 \pm 0,13$ m y $1,18 \pm 0,16$ m. El presente estudio muestra que la camella Targui es ligeramente más grácil que la Sahraoui. Estas poblaciones se asocian también con una variabilidad de prácticas alimenticias, que están en si unidas a la calidad de los pastizales, cuya influencia en el desarrollo morfológico de los animales ha sido ampliamente observada.

Palabras clave: dromedario, hembra, medición del cuerpo, población animal, Argelia

