

Sommaire / Contents

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

49-59 Intégration agriculture-élevage dans un contexte d'accès limité aux intrants de synthèse en milieu tropical de moyenne altitude. *Mixed crop-livestock integration in a context of limited access to synthetic inputs in mid-altitude tropical environments.* Rasambatra E.R., Autfray P., Vall E., González-García E., Mortillaro J.-M., Rakotozandry J. de N., Salgado P. (en français)

61-70 Analyse du réseau de la filière des porcs malades dans le nord du Vietnam : risque de diffusion de la maladie. *Network analysis of the sick-pig commodity chain in Northern Vietnam: Risk of disease dissemination.* Hoang M.N., Nguyen P.T., Han H.Q., Nguyen T.D., Vu T.D., Peyre M. (in English)

71-80 Typologie des systèmes d'élevage camelins du sud du Maroc. *Typology of camel farming systems in the south of Morocco.* Kamili A., Faye B., Tligui N.S., Bengoumi M. (en français)

81-90 Perception du changement climatique des éleveurs et stratégies d'adaptation aux contraintes environnementales : cas de la commune de Filingué au Niger. *Perception of climate change among Sahelian pastoralists and strategies for adapting to environmental constraints: the case of the commune of Filingué in Niger* Abdou H., Karimou I.A., Harouna B.K., Zataou M.T. (en français)

PRODUCTIONS ANIMALES ET PRODUITS ANIMAUX ANIMAL PRODUCTION AND ANIMAL PRODUCTS

91-98 Performances de lapines de souche synthétique algérienne conduites en insémination artificielle : effet de la saison. *Performances of Algerian-synthetic-strain rabbits managed with artificial insemination: Effect of the season.* Boudour K., Lankri El H., Zerrouki N.D., Aichouni A. (en français)

99-106 Supplémentation alimentaire pour synchroniser les chaleurs et améliorer les performances de reproduction des caprins à Madagascar. *Feed supplementation to synchronize estrous and improve the reproductive performance of goats in Madagascar.* Andrianarisoa J.H., Randriamalala J.R., Mbolatanarizao Randrianariveloseheno A.J., Rabeniala R. (en français)

RESSOURCES ALIMENTAIRES ET ALIMENTATION FEED RESOURCES AND FEEDING

107-111 Substitution du tourteau de coton par la pulpe de soja dans la ration des ovins Djallonké au Bénin : performances zootechniques et économiques. *Cottonseed cake replacement by soybean pulp in the diet of West African Dwarf lambs in Benin: zootechnical and economic performances.* Idrissou Y., Sanni Worogo H.S., Seidou Assani A., Ayena J.A., Assogba B.G.C., Alkoiret Traoré I. (in English)

113-121 Plantations d'*Atriplex canescens* en vue de la restauration des parcours dégradés en steppe algérienne. *Plantation of Atriplex canescens for the restoration of degraded courses in the Algerian steppe.* Amrani O., Chehma A.E. (en français)

ISSN 1951-6711

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

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

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

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

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

Secrétaire de Rédaction / *Editorial Secretary:*
Carmen Renaudeau

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

Webmestre/*Webmaster:* Christian Sahut

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

COMITÉ SCIENTIFIQUE / *SCIENTIFIC ADVISORY BOARD*

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

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

Cirad, Montpellier, juin 2020

**SANTÉ ANIMALE ET ÉPIDÉMIOLOGIE
ANIMAL HEALTH AND EPIDEMIOLOGY**

123-131 Cinétique d'infestation par *Haemonchus contortus* et réponse d'ovins de races résistante (Martinik Black Belly) et sensible (Lacaune). *Kinetics of infestation by Haemonchus contortus and response of resistant (Martinik Black Belly) and susceptible (Lacaune) sheep breeds*. Benguesmia M., Hamiroune M., Chrétien A., Prévot F., Grisez C., Bergeaud J.-P., Lacroux C., Trumel C., Geffre A., Harhoura K., Aissi M., Jacquet P. (en français)

133-140 Épidémiologie de la rage et connaissance, attitudes et pratiques des communautés au Burkina Faso. *Rabies epidemiology and community knowledge, attitudes and practices in Burkina Faso*. Savadogo M., Koné P., Dahourou L.D., Manishimwe R., Sow A., Nébié L., Antoine-Moussiaux N., Doulkom B., Bada-Alamedji R. (en français)

141-144 Infestation des bovins par les poux au nord de la Tunisie. *Cattle infestation by lice in Northern Tunisia*. Gharbi M., Labibi W., Jedidi M., Zouari M. (in English)

Intégration agriculture-élevage dans un contexte d'accès limité aux intrants de synthèse en milieu tropical de moyenne altitude

Elias Romélio Rasambatra^{1,2,3*} Patrice Autfray⁴ Eric Vall²
Eliel González-García² Jean-Michel Mortillaro^{5,6}
Jean de Neupomuscène Rakotozandriny¹ Paulo Salgado²

Mots-clés

Bovin, polyculture élevage, rendement des cultures, agriculture durable, ressource alimentaire pour animaux, typologie, Madagascar

Submitted: 10 September 2018

Accepted: 20 March 2020

Published: 29 June 2020

DOI: 10.19182/remvt.31876

Résumé

Dans le Moyen-Ouest de la région de Vakinankaratra à Madagascar, les exploitations agricoles ont des besoins croissants en fertilisants et en fourrages, et dans le même temps de sérieuses difficultés économiques d'accès aux engrais minéraux et aux aliments de bétail. Cette étude a montré comment l'intégration agriculture-élevage (IAE) a permis de pallier en partie la difficulté d'accès aux intrants agricoles industriels et de contribuer à l'intensification agricole. Des enquêtes auprès de 20 exploitations agricoles ont été menées. À l'aide d'analyses en composantes principales et d'une classification sur la base de treize variables, trois structurelles (superficie cultivée, nombre de bovins, nombre de mains-d'œuvre familiales) et dix fonctionnelles (production de fumure organique, achat de fumure organique, achat de fertilisants minéraux, épandage de fumure organique, rendement en riz pluvial, rendement en maïs, disponibilité de résidus de cultures, valorisation de résidus de cultures, complémentation de l'alimentation des bovins, durée de pâturage), cinq types d'exploitations ont été caractérisés : un type de petites exploitations avec un niveau d'IAE fort, deux types d'exploitations de taille moyenne avec un niveau d'IAE moyen et faible, et deux types de grandes exploitations avec un niveau d'IAE moyen et faible. La complémentation de l'alimentation des bovins, le nombre de bovins et la durée de pâturage ont le mieux discriminé les exploitations. Les besoins alimentaires énergétiques et protéiques des bovins étaient couverts à l'échelle de l'année pour toutes les exploitations. Les exportations d'azote par les cultures étaient compensées par les apports dans les exploitations au plus fort niveau d'IAE. En conclusion, dans ce contexte d'accès très limité aux intrants industriels, les producteurs se sont tournés vers des stratégies d'IAE, d'une part, pour allouer la fumure organique produite sur les cultures exigeantes (riz et maïs) et, d'autre part, pour couvrir les besoins alimentaires des animaux.

■ Comment citer cet article : Rasambatra E.R., Autfray P., Vall E., González-García E., Mortillaro J.-M., Rakotozandriny J. de N., Salgado P., 2020. Mixed crop-livestock integration in a context of limited access to synthetic inputs in mid-altitude tropical environments. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (2): 49-59, doi : 10.19182/remvt.31876

1. Université d'Antananarivo, ESSA, BP 175, 101 Antananarivo, Madagascar.
2. CIRAD, UMR SELMET, F-34398 Montpellier, France ; SELMET, Univ Montpellier, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France.
3. CIRAD, UMR SELMET, Antsirabe, Madagascar.
4. CIRAD, UPR AIDA, F-34398 Montpellier, France ; AIDA, Univ Montpellier, CIRAD, Montpellier, France ; CIRAD, UPR AIDA, Antsirabe, Madagascar.
5. ISEM, Univ Montpellier, CIRAD, CNRS, EPHE, IRD, Montpellier, France.
6. FOFIFA DRZVP, Antananarivo, Madagascar.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +261 32 26 121 51 ; email : eliasromelio@yahoo.fr



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

■ INTRODUCTION

Les populations rurales de Madagascar vivent principalement de l'agriculture et de l'élevage. Ces deux activités constituent le principal pourvoyeur d'emplois et de revenu au niveau national, en occupant près de 85 % de la population active, et contribuent à environ 26 % du produit intérieur brut malgache (Sourisseau et al., 2014). Pourtant, la production agricole est insuffisante pour couvrir les besoins alimentaires de la population et pour permettre aux producteurs de dégager un revenu satisfaisant (Dabat et Jenn-Treyer, 2010). L'amélioration de la production agricole est difficile dans un contexte d'accès aux terres cultivables

de plus en plus contraint, ainsi que d'accès très limité à la mécanisation motorisée et aux intrants agricoles industriels (semences améliorées, herbicides et insecticides, engrais minéraux, aliments bétail concentrés, etc. ; Dabat et Jenn-Treyer, 2010 ; Sourisseau et al., 2014).

Pour intensifier la production agricole, les producteurs malgaches des plateaux d'altitude se tournent vers l'utilisation de fumure organique et de biomasses fourragères produites sur les exploitations pour nourrir le bétail et entretenir la fertilité du sol – Tirel (1987) a défini l'intensification de la production agricole comme étant un investissement en intrants, en capital, en travail, par unité de surface ou par animal, ce qui permet d'atteindre une amélioration de la production. Dans la région du Vakinankaratra où a été réalisée cette étude, les producteurs utilisent très peu ou pas d'intrants agricoles de synthèse et intensifient ainsi leurs productions en valorisant des ressources locales, avec dans certains cas l'abandon de la jachère et le recours au travail du sol en culture attelée (Raharison et al., 2016 ; Razafimahatratra et al., 2017). La plupart des paysans semblent privilégier des stratégies basées sur l'intégration agriculture-élevage (IAE) que Landais et Lhoste (1990) ont définie comme étant le recyclage de la biomasse entre les systèmes de culture et les systèmes d'élevage, et l'exploitation de l'énergie animale à l'échelle de l'exploitation agricole. Les modalités de cette intégration entre agriculture et élevage méritent cependant d'être étudiées, notamment par ses effets sur l'intensification de la production agricole et en particulier sur la couverture des besoins alimentaires du bétail. Cette étude visait à comprendre la place, le rôle et les effets de l'IAE dans les exploitations de polyculture-élevage de la sous-région du Moyen-Ouest de Vakinankaratra pour intensifier la production agricole dans un contexte d'accès limités aux intrants agricoles industriels.

■ MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude

L'étude a été menée dans la sous-région du Moyen-Ouest du Vakinankaratra, dont le contexte agroécologique est proche des autres régions de moyenne altitude de Madagascar. Elle se situe à une altitude autour de 1000 mètres. Le climat est marqué par une longue saison sèche, de mai à octobre, et une pluviométrie moyenne annuelle d'environ 1300 millimètres par an. La température moyenne annuelle est d'environ 25 °C (données de la station météorologique d'Ivory ; 19° 33' S ; 46° 25' E). Le paysage est dominé par des collines (*tanety*), potentiellement propices pour l'agriculture pluviale. Les bas-fonds sont souvent étroits ce qui limite la riziculture irriguée.

Collecte des données

L'étude a porté sur 20 exploitations agricoles, réparties dans quatre villages. La sélection a été faite sur la base des connaissances acquises précédemment sur la capacité productive des exploitations (Raharison et al., 2016 ; Razafimahatratra et al., 2017) et la diversité des pratiques d'IAE. Afin d'avoir un échantillon d'exploitations le plus diversifié possible, nous avons pris en compte, parmi les critères de sélection, les pratiques d'utilisation de cultures fourragères, d'élevage de porcs, de complémentation de l'alimentation des zébus avec des fanes de légumineuses, et d'entretien des bovins de trait. Les données provenaient d'enquêtes semi-directives (Euréal, 2010). Elles ont été collectées entre avril et juin 2016 et ont porté sur la structure de l'exploitation, les pratiques d'agriculture et d'élevage, les pratiques d'IAE, et le fonctionnement des exploitations agricoles.

Typologie des pratiques des exploitations agricoles

Caractérisation des exploitations

Une typologie a été faite pour comprendre la place et le rôle des pratiques d'IAE dans la diversité des exploitations agricoles. Ainsi, treize

variables, qui caractérisaient la structure des exploitations, les pratiques agricoles, les pratiques d'élevage et les pratiques d'IAE, ont été sélectionnées. Les variables de structures retenues ont été : la superficie cultivée, le nombre de bovins, et le nombre de mains-d'œuvre familiales. Le nombre de bovins a été exprimé en unité de bovin tropical (UBT) correspondant à un bovin de 250 kilogrammes de poids vif (PV). Le PV des zébus a été estimé à l'aide d'un ruban barymétrique (Touré et al., 2017). L'équation barymétrique correspondante est $PV \text{ zébu (kg)} = 2,82 + 0,30 \times PT$ (périmètre thoracique en cm) $- 3,06 \cdot 10^{-03} \times PT^2 + 8,87 \cdot 10^{-05} \times PT^3$. La variable main-d'œuvre familiale a été exprimée en actif agricole et a été calculée avec les coefficients de pondération de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) selon l'âge et le sexe de chaque membre de la famille contribuant aux activités agricoles (Kane, 2010).

Sur la production végétale, les variables retenues pour l'analyse typologique ont été : la production de fumure organique (kg N/UBT/an) ; l'achat de fumure organique (kg N/ha surface agricole utile [SAU]/an) ; l'achat de fertilisants minéraux (kg N/ha SAU/an) ; l'épandage de fumure organique (kg N/ha épandu/an) ; le rendement en riz pluvial (t brute/ha/an) ; et le rendement en maïs (t brute/ha/an).

Sur la production animale, nous avons retenu les variables suivantes : la disponibilité de la paille de riz et de la fane d'arachide (unités fourragères [UF]/UBT/an) ; la valorisation de résidus de cultures (%) ; la complémentation de l'alimentation des bovins (UF/UBT/an) ; et la durée de pâturage (min/jour). La complémentation des bovins concernait uniquement les produits et les résidus de cultures de l'exploitation, et les herbes naturelles collectées par le paysan sur les lieux de pâturage. En effet, les paysans du Moyen-Ouest n'ont pas recours à l'achat de fourrage, de résidus ou d'aliments pour le bétail.

La quantité d'azote apportée par la fumure organique a été calculée à partir des données brutes d'enquête, exprimée d'abord en nombre de charrettes puis convertie en unité de mesure standard (kg de matière fraîche). La transformation (en kg de matière sèche [MS] et en kg d'azote) a été réalisée à partir des résultats d'analyse de la MS des 24 échantillons par étuvage et des estimations de la teneur en azote par la spectrométrie dans le proche infrarouge (SPIR). Des prélèvements d'échantillons de fumure organique, entre novembre et décembre 2016, ont permis d'obtenir la teneur en azote de la fumure organique produite au niveau de chaque exploitation agricole ($2,1 \pm 0,6 \%$ N). Pour les engrais minéraux, la quantité d'engrais utilisée a été calculée à partir des enquêtes et multipliée par la teneur en azote des fertilisants (11 % N pour l'engrais complet et 46 % N pour l'urée).

Le même protocole que celui de la fumure organique a été utilisé pour obtenir la quantité (en kg MS) de complémentation alimentaire apportée aux zébus (67 échantillons). La quantité d'énergie apportée par la complémentation de l'alimentation des zébus a été calculée en appliquant des valeurs en énergie nette (UF) estimée à partir des résultats de la composition chimique des échantillons. Ainsi, la valeur énergétique utilisée pour les herbes naturelles (notamment *Aristida adscensionis*, *Aristida multicaulis*, *Chrysopogon serrulatus*, *Cynodon dactylon*, *Digitaria* sp., *Heteropogon contortus*, *Hyparrhenia rufa*, *Imperata cylindrica*, *Leersia hexandra*, *Phragmites communis*, *Richardia scabra*, *Urena lobata*) a été de 0,55 UF/kg MS, pour les fourrages cultivés (*Stylosanthes guianensis* et *Brachiaria ruziziensis*) elle a été de 0,61 UF/kg MS, et pour la paille de riz de 0,56 UF/kg MS. Nous nous sommes référés aux données de la bibliographie pour les valeurs énergétiques du tubercule de manioc et de la fane d'arachide qui sont respectivement de 1,1 UF/kg MS (Jarrige, 1988) et 0,76 UF/kg MS (Nantoumé et al., 2000).

Typologie des exploitations

La typologie des exploitations agricoles a été réalisée à partir d'une analyse en composantes principales (ACP) à l'aide du logiciel R

(version 3.3.3) sur les treize variables étudiées. Pour sélectionner le nombre d'axes à utiliser dans l'ACP, nous avons appliqué le critère du coude (Tanagra, 2012). Il s'agit d'étudier la courbe de décroissance des valeurs propres pour détecter les coudes ou les cassures. Ainsi, nous avons retenu les trois premiers axes. L'objectif a été d'obtenir le maximum d'inertie conservée avec le minimum de facteurs.

L'intensité de la liaison des variables de la typologie aux axes a été déterminée par le pourcentage de la contribution absolue des variables aux axes (tableau I). Le sens de la liaison a été déterminé par l'étude des signes des coordonnées des variables aux axes. L'intensité et le sens des liaisons ainsi obtenus ont ensuite été confirmés sur les cercles de corrélations (figure 1). Ensuite, pour avoir des classes qui s'interprètent aisément à l'aide de leurs contributions aux axes et pour pouvoir caractériser les types d'exploitations selon leurs contributions aux axes, nous avons procédé à une classification manuelle des individus (exploitations) comportant les étapes suivantes :

- affectation des exploitations aux axes factoriels ; les exploitations qui avaient une contribution absolue (en %) à l'axe supérieure à la moyenne ont été affectées à cet axe ; les autres, avec une contribution absolue inférieure à la moyenne sur les trois premiers axes, ont été affectées à l'axe où elles contribuaient le plus ;
- séparation des exploitations en fonction de leur signe positif ou négatif sur les axes ; les exploitations affectées à chaque axe ont été séparées en deux groupes selon le signe positif ou négatif de leurs coordonnées sur cet axe ce qui a conduit à créer six types.

La projection des individus et des types sur les plans factoriels a montré que dans le type 6 un individu était très proche du type 3 et de deux individus du type 4. Le type a été dissous et ses individus ont

été affectés aux types 3 et 4. Au final nous sommes parvenus à cinq types d'exploitations.

Enfin, nous avons effectué une analyse de variance (Anova) sur chacune des variables étudiées, complétée par un test de Tukey (HSD) pour analyser les différences entre modalités selon les types d'exploitations. Le tableau I, qui aide à l'interprétation de la figure 1, a également été utilisé dans ce but. Les variables qui contribuaient fortement à la formation d'un axe (d'après le tableau I) devaient être différentes significativement (d'après Anova et test *post hoc*) chez les types d'exploitation qui se situent de part et d'autre sur cet axe (figure 1).

Niveau d'intégration agriculture-élevage

Pour estimer le niveau d'IAE des groupes d'exploitations, deux indicateurs, adaptés de Bénagabou et al. (2017), ont été utilisés : a) le rapport entre la quantité d'azote apportée annuellement par la fumure organique produite au niveau de l'exploitation et la surface agricole totale de l'exploitation (kg N/ha) ; et b) le rapport entre la quantité d'énergie apportée annuellement par la complémentation des bovins produite par l'exploitation (paille de riz, herbes naturelles fauchées et apportées à l'étable, tubercules de manioc, etc.) et la taille du cheptel bovin (UF/UBT). Lorsque la valeur de ces deux indicateurs était supérieure à la moyenne des 20 exploitations, le niveau d'IAE était considéré comme élevé. À l'inverse, lorsque la valeur de ces deux indicateurs était inférieure à la moyenne des 20 exploitations, le niveau d'IAE était considéré comme faible. Lorsqu'une valeur était au-dessus de la moyenne et l'autre en dessous, le niveau d'IAE était considéré comme moyen.

Couverture des besoins alimentaires des zébus

Les apports et les besoins alimentaires des bovins ont été calculés pour évaluer le taux de couverture des besoins en énergie (en UF) et en protéines (en grammes de matière azotée digestible [MAD]). Pour le calcul des besoins, nous nous sommes référés à l'ouvrage de Rivière (1991), développé spécifiquement pour les ruminants tropicaux, en procédant pour chaque catégorie de bovins à l'addition des besoins élémentaires journaliers d'entretien, de déplacement, de croissance, de lactation et de travail, selon l'équation suivante : besoin total = besoin d'entretien + besoin de déplacement + besoin de croissance + besoin de lactation + besoin de travail. Ainsi, pour l'estimation des besoins journaliers d'énergie, nous avons utilisé les équations suivantes :

$$\text{Entretien UF} = 0,257 + 1,082 \cdot 10^{-02} \times \text{PV} - 1,364 \cdot 10^{-05} \times \text{PV}^2 + 1,238 \cdot 10^{-08} \times \text{PV}^3 \quad (\text{PV} : \text{poids vif en kg})$$

$$\text{Déplacement UF} = 0,026 \times \text{distance (km)} \times \text{PV} / 100$$

$$\text{Croissance UF pour gmq 100 g/j} = 0,144 + 3,091 \cdot 10^{-04} \times \text{PV} + 2,512 \cdot 10^{-07} \times \text{PV}^2 + 3,115 \cdot 10^{-10} \times \text{PV}^3$$

$$\text{Lactation UF} = 0,4 \text{ UF} \times \text{production de lait (kg/j à 4 \% matières grasses [MG])}$$

$$\text{Travail UF} = 1,5 \times \text{entretien UF si travail faible} ; 2 \times \text{entretien UF si travail moyen} ; 2,5 \times \text{entretien UF si travail fort}$$

(PV : poids vif en kg)

Pour l'estimation des besoins journaliers de protéines, nous avons utilisé les équations suivantes :

$$\text{Entretien MAD} = 0,6 \times \text{PV}$$

$$\text{Croissance MAD pour gmq 100 g/j} = 83,761 + 0,757 \times \text{PV} - 2,426 \cdot 10^{-03} \times \text{PV}^2 + 1,410 \cdot 10^{-06} \times \text{PV}^3$$

$$\text{Lactation MAD} = 60 \times \text{production de lait (kg/j à 4 \% MG)}$$

$$\text{Travail MAD} = (0,75 \times \text{PV}) - \text{entretien MAD}$$

Tableau I

Pourcentage de la contribution des variables de la typologie aux axes dans les exploitations agricoles du Moyen-Ouest de Vakinankaratra à Madagascar

| | Axe 1 (34,50 %) | Axe 2 (18,27 %) | Axe 3 (13,27 %) |
|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Complémentation de l'alimentation des bovins (UF/UBT/an) | 17,95 | 0,71 | 3,13 |
| Nb. de bovins (UBT) | 13,69 | 5,49 | 8,30 |
| Durée de pâturage (min/jour) | 12,71 | 4,23 | 4,89 |
| Disponibilité de la paille de riz et de la fane d'arachide (UF/UBT/an) | 11,28 | 11,46 | 3,39 |
| <i>Production de fumure organique (kg N/UBT/an)</i> | 11,23 | 0,05 | 1,90 |
| <i>Superficie cultivée (ha)</i> | 9,56 | 1,01 | 5,13 |
| <i>Nombre de main-d'œuvre familiale (actif agricole)</i> | 8,97 | 1,09 | 10,43 |
| <i>Valorisation de résidus de cultures (%)</i> | 4,19 | 17,00 | 3,38 |
| <i>Epannage de fumure organique (kg N/ha épanché/an)</i> | 3,79 | 28,41 | 1,85 |
| <i>Rendement en maïs (t brute/ha/an)</i> | 3,51 | 7,15 | 3,62 |
| <i>Achat de fertilisants minéraux (kg N/ha SAU/an)</i> | 1,94 | 10,46 | 9,49 |
| <i>Rendement en riz pluvial (t brute/ha/an)</i> | 1,09 | 1,31 | 35,48 |
| <i>Achat de fumure organique (kg N/ha SAU/an)</i> | 0,09 | 11,63 | 9,03 |

Les variables en caractère gras contribuent fortement à la formation des axes factoriels, les variables en caractère italique contribuent moyennement à la formation des axes, les autres variables contribuent peu à la formation des axes. 1 UBT = 1 bovin de 250 kg ; SAU : surface arable utile ; UF : unité fourragère

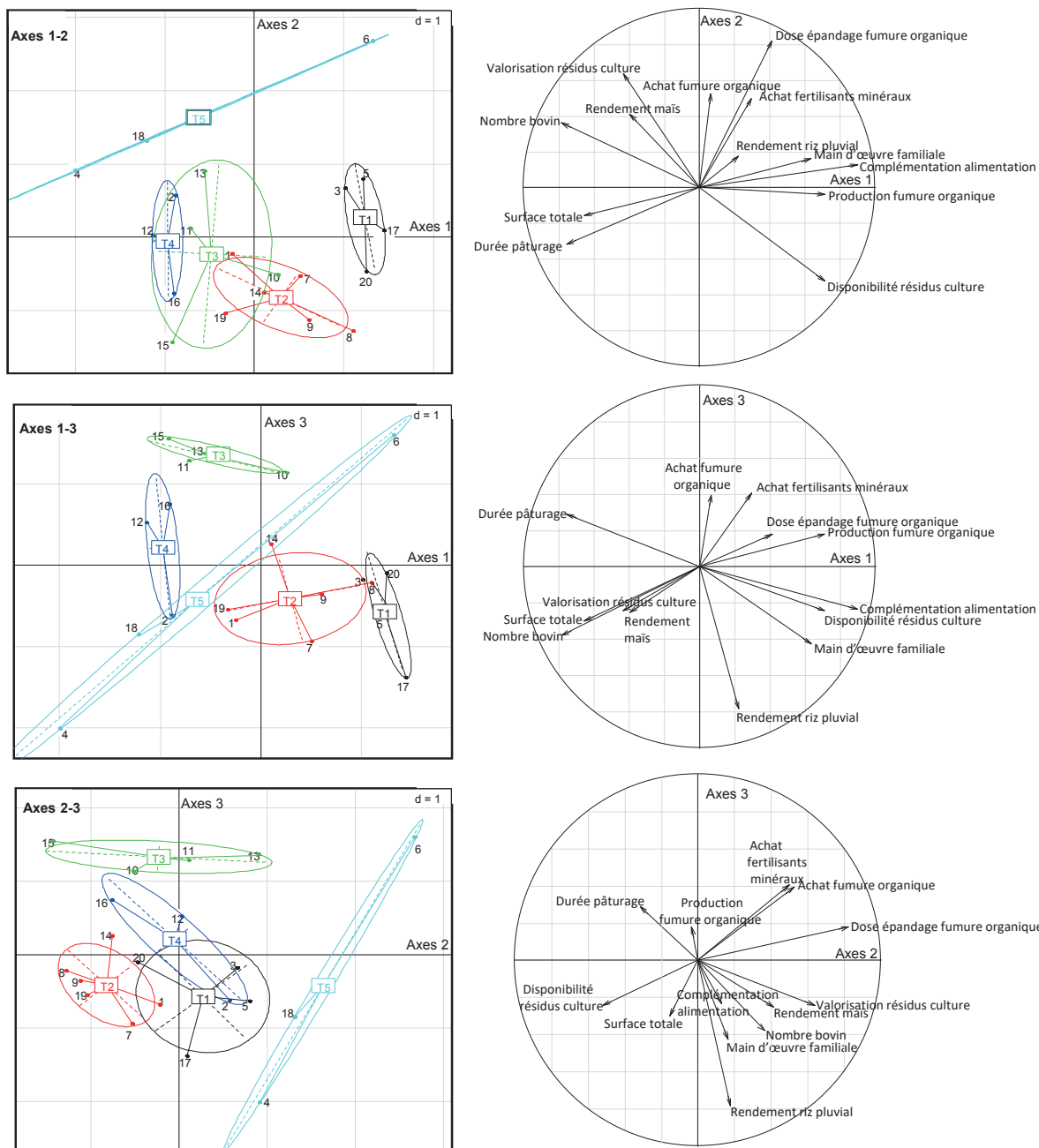


Figure 1 : représentation dans des plans d'analyses en composantes principales des types d'exploitations agricoles (T) du Vakinankaratra à Madagascar et des variables.

Dans la zone d'étude, la distance parcourue par les bovins durant le pâturage a été estimée à un kilomètre en moyenne. Nous avons considéré que les bovins consommaient prioritairement les fourrages et aliments distribués à l'auge avant d'aller au pâturage. Le calcul de la quantité de fourrages et d'aliments ingérés à l'auge a été estimé en prenant en compte les quantités offertes et le taux de refus de chaque catégorie d'aliments, obtenus par suivi et complétés par des enquêtes, pour chaque exploitation agricole. Les valeurs énergétiques des ressources utilisées dans ces calculs de bilan alimentaire ont été les mêmes que celles citées plus haut. Les valeurs protéiques ont été issues des mêmes sources d'informations que les valeurs énergétiques.

Elles ont été de 55,3 g MAD/kg MS pour les herbes naturelles, 74,6 g MAD/kg MS pour *Stylosanthes guianensis*, 65,5 g MAD/kg MS pour *Brachiaria ruziziensis*, 4,4 g MAD/kg MS pour la paille de riz, et 11,0 g MAD/kg MS pour le tubercule de manioc. Le taux de couverture des besoins nutritionnels était égal au rapport : $100 \times$ apports nutritionnels annuels (UF ou g MAD) / besoins alimentaires (UF ou g MAD).

Pour calculer la quantité de MS ingérée au pâturage, nous avons d'abord calculé la consommation théorique (cf. ci-après), puis nous avons retranché la quantité de fourrages et d'aliments ingérés à l'auge, de façon à obtenir une gestion totale de MS qui ne dépasse pas

6,25 kg MS/UBT/jour (Guerin et al., 1986). La consommation théorique est ici l'ingestion au pâturage calculée en utilisant la durée quotidienne de pâturage des bovins de chaque exploitation et la capacité maximale d'ingestion d'aliments chez les zébus. Nous avons considéré qu'une journée complète de pâture durait six heures et que les zébus consommaient environ 6,25 kg MS/jour par UBT (Guerin et al., 1986). La disponibilité du fourrage au pâturage étant variable durant l'année, nous avons établi un indice de disponibilité pour chaque mois en nous référant à la quantité de biomasse estimée par Razafinarivo et al. (2017). Cet indice a ensuite été corrigé pour les mois d'août à décembre pour correspondre à la situation de la zone d'étude. L'indice de disponibilité est compris entre 0,23 et 1. Ainsi, la formule d'estimation de la MS volontairement ingérée (MSVI) au pâturage (kg MS/UBT/jour) utilisée a été : $(\text{durée de pâturage [en h]} / 6) \times 6,25 \times \text{indice de disponibilité}$. De la capacité d'ingestion au pâturage, obtenue par cette formule, a été retranchée la quantité de fourrages et d'aliments ingérés à l'auge pour avoir la quantité de MS ingérée au pâturage.

Couverture des exportations en azote des cultures

Un bilan apparent a été effectué à l'échelle de l'exploitation de manière à estimer le niveau de couverture des besoins en azote pour les cultures comme un indicateur d'IAE. Un bilan azoté apparent est un bilan où seulement les apports et les exportations d'azote effectués par les paysans au niveau des parcelles cultivées sont pris en compte, sans intégrer la fixation symbiotique d'azote par les légumineuses ni les pertes d'azote pendant et après l'épandage des fertilisants. Les apports d'azote aux cultures correspondent à la quantité d'azote dans la fumure organique et dans les fertilisants minéraux épandus sur les parcelles. La détermination de la teneur en azote des fertilisants a été décrite plus haut.

Les exportations correspondaient : a) aux produits des cultures (grains de céréales et légumineuses, tubercules) qui sont exportés des parcelles pour être autoconsommés et/ou vendus ; et b) aux résidus de cultures (paille de riz et fanes d'arachide) transportés au niveau de la ferme pour compléter l'alimentation des bovins ou pour être utilisés comme litière. Ainsi, les quantités de résidus de cultures qui restaient sur les parcelles n'ont pas été comptabilisées dans le calcul des exportations et nous formulons l'hypothèse que la quantité d'azote exportée par ces résidus retournait au sol lors de la dégradation de ces résidus. La quantité d'azote contenu dans les biomasses exportées des parcelles a été calculée ainsi : $\text{exportation (kg N)} = \text{rendement (kg MS/ha)} \times \text{surface cultivée (ha)} \times \text{teneur de la biomasse en azote (kg N/t MS)}$.

La concentration en azote du riz a été estimée à partir des résultats de Rakotoson et al. (2017) avec la variété Nerica 4 à 12,6 et 5,7 kg N, respectivement pour une tonne de grain et une tonne de paille (indice de récolte de 0,5, qui est la proportion du grain par rapport à la biomasse aérienne totale), soit une exportation totale de 18,3 kg N pour une tonne de grain et une tonne de paille. La teneur en azote des grains de maïs a été calculée par rapport aux données d'Herve et al. (2013). Dans nos calculs, nous avons considéré que les concentrations en azote des graines et des fanes d'arachide, des graines de pois de terre et de soja, et des tubercules de manioc étaient respectivement : 45,0 ; 17,8 ; 31,7 ; 75,0 et 4,5 kg N/t MS (Husson et al., 2009 ; Heuzé et al., 2016).

Cette méthode de détermination de la compensation des prélèvements des cultures n'a pas tenu compte des apports supplémentaires par la minéralisation de la matière organique du sol et des pertes d'azote par lessivage et/ou lixiviation. Le taux de couverture des exportations d'azote des parcelles (pour toute la surface cultivée) est égal à $100 \times \text{apports annuels N (kg N)} / \text{exportations (kg N)}$.

■ RESULTATS

Typologie des exploitations en fonction des variables étudiées

À la suite de l'examen des valeurs propres, nous avons retenu les trois premiers axes pour réaliser l'ACP. La figure 1 présente les exploitations agricoles, les groupes d'exploitations, et les variables dans les plans factoriels formés par les trois premiers axes. L'axe 1 couvre 34,5 % de la variabilité des données, l'axe 2 couvre 18,3 % et l'axe 3 couvre 13,3 %. Ainsi, l'ensemble des trois axes explique 66 % de la variance.

Sur les 13 variables entrant dans l'analyse, la complémentation de l'alimentation des bovins a expliqué le mieux la distribution des données, suivie du nombre de bovins, de la durée de pâturage, de la disponibilité des résidus de cultures (tableau I). En effet, la complémentation de l'alimentation des bovins a contribué le plus à la formation de l'axe 1 (tableau I). Elle a différencié significativement les exploitations à niveau d'IAE forte (T1) des exploitations à niveau d'IAE faible (T3 et T4 ; tableau II) qui se situaient de part et d'autre de l'axe 1 (figure 1). Pour les variables ayant des contributions faibles à la formation des axes (tableau I), l'Anova n'a pas montré de différence significative entre les types d'exploitations (tableau II).

La proximité des vecteurs des variables avec les axes a indiqué que la complémentation de l'alimentation des bovins (UF/UBT) et la production de fumure organique (kg N/UBT) sont liées à l'axe 1, dans le sens positif. La surface totale (ha), le nombre de bovins (UBT) et la durée de pâturage (min/jour) sont liés à l'axe 1 dans le sens négatif. Ainsi, plus les exploitations se situent à droite sur les plans 1-2 et 1-3 plus elles augmentent la quantité d'intrants pour l'élevage bovin ainsi que la production de fumure organique. Plus les exploitations se situent à gauche sur les plans 1-2 et 1-3, plus elles ont de grandes surfaces agricoles avec un grand nombre de bovins et plus elles allongent la durée quotidienne de pâturage. La surface totale (ha) et le nombre de bovins (UBT) varient ainsi dans le même sens, ce qui pourrait traduire un maintien de la taille du cheptel bovin en fonction de la surface cultivée.

La valorisation des résidus de cultures, l'achat de fumure organique, la dose d'épandage de fumure organique ainsi que l'achat de fertilisants minéraux sont liés à l'axe 2 dans le sens positif. La disponibilité de résidus de cultures est liée à l'axe 2 dans le sens négatif. Et donc, plus les exploitations se situent en haut sur le plan 1-2 et à droite sur le plan 2-3, plus elles valorisent les résidus de cultures pour l'alimentation des zébus, importent des fertilisants minéraux et organiques dans leur système de production, mettent de grandes quantités de fumure organique par unité de surface, et moins elles disposent de résidus de cultures pour alimenter les zébus.

La disponibilité de la main-d'œuvre familiale et le rendement en riz pluvial sont liés à l'axe 3 dans le sens négatif. Plus les exploitations agricoles se situent en haut sur le plan 1-3 et sur le plan 2-3, moins elles disposent de main-d'œuvre familiale et elles ont de faibles rendements en riz pluvial.

L'analyse de la contribution des individus (les exploitations) à la formation des trois premiers axes de l'ACP a permis de répartir manuellement les exploitations agricoles en cinq types selon leurs caractéristiques liées aux facteurs de production et à leur niveau d'IAE. En suivant la démarche de classification manuelle à partir des contributions aux axes et coordonnées factorielles des individus (exploitations), nous avons identifié cinq types d'exploitations. Le tableau II présente leurs principales caractéristiques.

Les résultats ont montré que les exploitations agricoles de notre échantillon avaient des structures et des systèmes de production contrastés. Le niveau d'IAE a été un critère discriminant. Nous présentons ci-après les types d'exploitations, des plus petites aux plus grandes, en précisant pour chaque type leur niveau d'IAE.

Tableau II

Structure des exploitations agricoles du Moyen-Ouest de Vakinankaratra à Madagascar, niveau d'IAE, pratiques d'alimentation des zébus et pratiques de gestion de la fertilité des sols et rendement des cultures

| | T1 n = 4 | T2 n = 6 | T3 n = 4 | T4 n = 3 | T5 n = 3 | Moy | ET | p |
|--|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-------|-------|---------------------|
| Caractéristiques structurelles des exploitations | | | | | | | | |
| Superficie cultivée (ha) | 3,5 ^a | 6,0 ^a | 5,8 ^a | 7,0 ^a | 8,0 ^a | 5,9 | 3,2 | 0,491 ^{NS} |
| Nb. de bovins (UBT) | 2,7 ^a | 2,9 ^a | 4,1 ^{a,b} | 6,0 ^{a,b} | 10,3 ^b | 4,7 | 3,6 | 0,017 [*] |
| Nb. de main-d'œuvre familiale (actif agricole) | 6,1 ^a | 4,3 ^{a,b} | 2,4 ^b | 2,3 ^b | 3,7 ^{a,b} | 3,9 | 1,8 | 0,012 [*] |
| Caractérisation du niveau d'IAE | | | | | | | | |
| N apportée par la fumure organique rapportée à la surface totale (kg N FO/ha) | 22,0 ^a | 6,2 ^a | 9,2 ^a | 8,7 ^a | 17,4 ^a | 12,0 | 9,6 | 0,079 ^{NS} |
| Energie apportée par la complémentation des zébus rapportée à la taille du cheptel bovin (UF/UBT/an) | 918,0 ^a | 733,8 ^{a,b} | 517,5 ^b | 519,2 ^b | 587,4 ^{a,b} | 673,2 | 197,9 | 0,008 ^{**} |
| Pratiques d'alimentation des zébus | | | | | | | | |
| Disponibilité de la paille de riz et de la fane d'arachide (UF/UBT/an) | 1 452 ^{a,b} | 1 616 ^a | 698 ^{a,b} | 545 ^{a,b} | 537 ^b | 1 077 | 643 | 0,012 [*] |
| Valorisation de résidus de cultures (%) | 39 ^a | 30 ^a | 30 ^a | 59 ^a | 65 ^a | 41 | 21 | 0,052 ^{NS} |
| Complémentation de l'alimentation des bovins (UF/UBT/an) | 918 ^a | 734 ^{a,b} | 517 ^b | 519 ^b | 587 ^{a,b} | 673 | 198 | 0,008 ^{**} |
| Durée de pâturage (min/jour) | 276 ^a | 329 ^{a,b} | 384 ^b | 377 ^b | 319 ^{a,b} | 335 | 53 | 0,018 [*] |
| Pratiques de gestion de la fertilité des sols et rendement des cultures | | | | | | | | |
| Production de fumure organique (kg N/UBT/an) | 25,3 ^a | 13,9 ^a | 14,4 ^a | 10,0 ^a | 11,1 ^a | 15,3 | 8,5 | 0,107 ^{NS} |
| Achat de fumure organique (kg N/ha SAU/an) | 1,3 ^a | 1,0 ^a | 3,7 ^a | 0,8 ^a | 3,7 ^a | 2,0 | 2,8 | 0,422 ^{NS} |
| Achat de fertilisants minéraux (kg N/ha SAU/an) | 0,5 ^a | 0,3 ^a | 1,4 ^a | 0,2 ^a | 2,7 ^a | 0,9 | 1,7 | 0,345 ^{NS} |
| Epannage de fumure organique (kg N/ha épanché/an) | 46,6 ^a | 19,2 ^b | 29,1 ^{a,b} | 26,5 ^{a,b} | 49,3 ^a | 32,2 | 15,6 | 0,007 ^{**} |
| Rendement en riz pluvial (t brute/ha/an) | 2,0 ^a | 1,8 ^a | 1,1 ^a | 1,4 ^a | 2,0 ^a | 1,7 | 0,5 | 0,060 ^{NS} |
| Rendement en maïs (t brute/ha/an) | 0,9 ^a | 1,0 ^a | 1,2 ^a | 1,5 ^a | 2,1 ^a | 1,3 | 0,8 | 0,372 ^{NS} |

IAE : intégration agriculture-élevage ; 1 UBT = 1 bovin de 250 kg ; SAU : surface arable utile ; Moy : moyenne ; ET : écart-type ; ^{a,b} Les chiffres sur une même ligne suivis des mêmes lettres ne diffèrent pas au seuil de 5 % ; ^{NS} non significatif ($p \geq 0,05$) ; * faiblement significatif ($0,01 \leq p < 0,05$) ; ** moyennement significatif ($0,001 \leq p < 0,01$)

Les exploitations agricoles de petite taille à niveau d'IAE élevé (type 1 ou T1) étaient caractérisées par un nombre d'UBT de bovins nettement en dessous de la moyenne. Elles disposaient d'une importante quantité de main-d'œuvre familiale. La disponibilité par UBT de résidus de paille de riz et des fanes d'arachide était moyenne. La complémentation alimentaire par UBT était également élevée. Les bovins de ces exploitations restaient plus longtemps dans le parc ou à l'étable. La dose d'épandage de fumure organique était élevée (tableau II).

Les exploitations agricoles de taille moyenne à niveau d'IAE moyenne en faveur de l'élevage (type 2 ou T2) possédaient un faible nombre de bovins. La disponibilité de la main-d'œuvre familiale était moyenne. La disponibilité par UBT de la paille de riz et des fanes d'arachide était élevée. La complémentation alimentaire par UBT était moyenne. La durée de pâturage était moyenne (5 h et 30 min). La dose d'épandage de fumure organique était faible (tableau II).

Les exploitations agricoles de taille moyenne à niveau d'IAE faible (type 3 ou T3) avaient un nombre moyen d'UBT de bovins. La disponibilité par UBT de la paille de riz et des fanes d'arachide était moyenne. La complémentation alimentaire par UBT était faible. La durée de pâturage était élevée. La dose d'épandage était moyenne (tableau II).

Les exploitations agricoles de grande taille à niveau d'IAE faible (type 4 ou T4) avaient un nombre moyen d'UBT de bovins. Ces exploitations comportaient peu d'actifs agricoles dans la famille. La paille de riz et les fanes d'arachide étaient moyennement disponibles pour les bovins. La complémentation alimentaire par UBT était faible (tableau II).

Les exploitations agricoles de grande taille à niveau d'IAE moyenne en faveur de l'agriculture (type 5 ou T5) avaient un nombre d'UBT élevé. La disponibilité de la main-d'œuvre familiale était moyenne. La paille de riz et les fanes d'arachide étaient très peu disponibles pour les bovins. La complémentation alimentaire par UBT était moyenne. La durée de pâturage était moyenne. La dose d'épandage de fumure organique était élevée (tableau II).

Couverture des besoins des troupeaux et des exportations d'azote par les cultures

Dans tous les types d'exploitations agricoles, les besoins énergétiques et protéiques des bovins étaient couverts (bilan > 90 %) (tableau III). Globalement, la complémentation a contribué à 47,9 % de l'énergie ingérée annuellement (paille de riz : 23,6 % ; herbes naturelles :

Tableau III

Bilan énergétique et protéique de l'alimentation des zébus des exploitations agricoles du Moyen-Ouest de Vakinankaratra à Madagascar

| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | Moy | ET | P |
|--|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|---------|---------|---------------------|
| Bilan énergétique et protéique de l'alimentation des zébus et bilan partiel d'azote sur les cultures | | | | | | | | |
| Besoins énergétiques (UF/an) | 3 213 ^a | 3 718 ^a | 5 433 ^{a,b} | 7 039 ^{a,b} | 13 350 ^b | 5 903 | 4 489 | 0,001 ^{**} |
| Apports énergétiques (UF/an) | 3 164 ^a | 3 747 ^a | 5 162 ^{a,b} | 6 539 ^{a,b} | 12 614 ^b | 5 670 | 4 164 | 0,011 [*] |
| Couverture des besoins énergétiques (%) | 98 | 101 | 96 | 93 | 94 | 96 | 5 | |
| Besoins protéiques (g MAD/an) | 240 495 ^a | 278 340 ^a | 316 692 ^{a,b} | 441 967 ^{a,b} | 860 736 ^b | 390 345 | 307 989 | 0,048 [*] |
| Apports protéiques (g MAD/an) | 211 146 ^a | 265 480 ^a | 452 505 ^{a,b} | 514 632 ^{a,b} | 960 818 ^b | 433 692 | 320 074 | 0,006 ^{**} |
| Couverture des besoins protéiques (%) | 88 | 95 | 143 | 116 | 112 | 111 | 33 | |
| Bilan entre apports et exportations d'azote sur les cultures | | | | | | | | |
| Apport d'azote par la fumure organique et les fertilisants minéraux (kg N/an) | 73,7 ^{a,b} | 42,3 ^a | 70,7 ^{a,b} | 65,7 ^{a,b} | 91,5 ^b | 65,2 | 24,3 | 0,036 [*] |
| Exportations de N par les cultures (kg N/an) | 49,2 ^a | 74,0 ^a | 62,6 ^a | 79,2 ^a | 161,7 ^a | 80,7 | 63,5 | 0,200 ^{NS} |
| Bilan apports fertilisants / exportations par les cultures (%) | 150 | 57 | 99 | 83 | 57 | 81 | 59,0 | |

Moy : moyenne ; ET : écart-type ; UF : unité fourragère, MAD : matière azotée digestible ; ^{a,b} Les chiffres sur une même ligne suivis des mêmes lettres ne diffèrent pas au seuil de 5 % ; ^{NS} non significatif ($p \geq 0,05$) ; ^{*} faiblement significatif ($0,01 \leq p < 0,05$) ; ^{**} moyennement significatif ($0,001 \leq p < 0,01$)

18,7 % ; tubercule de manioc : 3,5 % ; fourrages cultivés : 1,4 %, fane d'arachide : 0,7 %), contre 52,1 % pour le pâturage. Les exportations d'azote des parcelles par les cultures n'ont pas été compensées par les apports d'azote sur les parcelles pour deux types d'exploitations (T2, T4 et T5 ; tableau III). Elles ont été couvertes (bilan > 90 %) pour les deux autres types (T1 et T3).

■ DISCUSSION

Contribution de l'IAE à la couverture des besoins alimentaires des bovins

Alimentation des bovins au Moyen-Ouest et ailleurs

Pour l'ensemble des exploitations agricoles étudiées, les bilans énergétiques (UF) ont atteint un niveau de 90 % et il y a eu un dépassement de près de 10 % des besoins protéiques (MAD). Au Népal, des études montrent que sur l'année les apports alimentaires couvrent 95 % des besoins en énergie nette (UFL) et 106 % des besoins protéiques (MAD) d'un troupeau (Dobremez, 1986). Comme dans notre étude, cet équilibre alimentaire indique qu'en général les animaux ne perdent pas de poids d'une année à l'autre. Cependant, cette situation de couverture des besoins annuels d'énergie et de protéines n'exclut pas l'éventuelle fluctuation interannuelle du taux de couverture autour de l'équilibre. Dans beaucoup de régions tropicales, le pâturage naturel de la saison sèche ne subvient pas aux besoins des bovins. A Madagascar, d'après Rasambainarivo et Ranaivoarivelo (2003), la perte pondérale peut aller jusqu'à 25 % du poids vif en fin de la saison des pluies. Toujours d'après ces auteurs, au cours de la saison des pluies, il y a des gains qui varient entre 41 et 98 kg de poids vif par tête de bovin.

Des suivis sur des projets d'élevage familiaux réalisés dans la province de Tuy (Ouest du Burkina Faso) de janvier à juin montrent que la couverture des besoins énergétiques (UF/UBT) des bovins de trait est en moyenne 108 % ; et la couverture des besoins protéiques (MAD/UBT) est en moyenne 143 % (Delma et al., 2016). Comme dans le cas des exploitations du Moyen-Ouest étudiées, les besoins en énergie et en protéines des bovins sont globalement couverts sur l'année.

Pour des exploitations bovines allaitantes de la Creuse (France), Veysset et al. (2007) trouvent qu'en moyenne sur la durée de la période hivernale la couverture des besoins énergétiques (UFL) des bovins est de 120 %. La nutrition azotée, exprimée par les bilans des protéines digestibles dans l'intestin grêle limitées par l'azote (PDIN), est juste équilibrée avec un taux de couverture des besoins de 100 %.

L'analyse de corrélation a montré que le taux de couverture des besoins énergétiques a varié en fonction de la complémentation de l'alimentation des bovins, et notamment de l'affouragement avec des herbes naturelles pendant la saison sèche. Les résultats des travaux de Sib et al. (2017) vont dans ce sens. *A priori*, au Moyen-Ouest de Vakinankaratra, la période critique se situe à la fin de la saison sèche (octobre) quand les animaux sont fortement sollicités pour réaliser des travaux agricoles et quand la disponibilité des herbes naturelles est à son niveau minimal. Vilanova et Smith (2014) rapportent que cette situation se retrouve dans la plupart des pays tropicaux.

Perspectives de recherche-développement et propositions d'amélioration de l'alimentation des bovins

Les exploitations agricoles pourraient garder les bovins plus longtemps à l'étable ou au parc. Pour soutenir cette pratique, elles auraient besoin d'apporter, autant que possible, des résidus de cultures au niveau de l'étable ou du parc. Pour les exploitations à disponibilité de résidus de cultures réduite (T3), les herbes naturelles pourraient être fauchées pour nourrir les bovins et pour produire de la litière. Ces exploitations pourraient également pratiquer ou valoriser partiellement pour l'alimentation des bovins une partie des fourrages cultivés (*Stylosanthes guianensis*, *Brachiaria ruziziensis*, *Eleusine coracana*, *Sorghum bicolor*, *Vigna unguiculata*, entre autres) qui ont été testés et/ou vulgarisés dans la sous-région. Andriarimalala et al. (2013) montrent, dans une localité du lac Alaotra, que ces innovations peuvent potentiellement contribuer à 16 % de la couverture des besoins énergétiques (UFL) et 48 % des besoins protéiques (MAD) des bovins, tout en assurant leur fonction de couverture du sol. Naudin et al. (2015) rapportent qu'un compromis de 40 % à 70 % de la biomasse végétale issue de fourrages cultivés dans des systèmes de semis sous couvert végétal est valorisable pour l'alimentation des bovins.

La littérature (Rasambainarivo et Ranaivoarivelo, 2003 ; Andriarimalala et al., 2013 ; Raharison et al., 2016) indique qu'en général les bovins malgaches connaissent un déficit alimentaire durant toute la saison sèche (6–7 mois) mais elle n'informe pas sur les composantes (UF, MAD, etc.) en déficit ni sur le niveau de déficit (%) pendant cette période. Ainsi, pour être opérationnel dans des actions d'amélioration de l'IAE, en complément aux résultats de la présente étude, il importe de réaliser des suivis réguliers des exploitations afin de répartir les besoins et les apports (UF et MAD) du troupeau sur les douze mois de l'année. Cela permettrait de réaliser des bilans alimentaires mensuels, nécessaires pour a) situer dans l'année les moments de déficit alimentaire, b) quantifier le niveau de déficit durant les périodes critiques de l'alimentation des bovins et c) identifier les causes. Dans le but de rechercher et d'expliquer les causes des faiblesses de la mise en œuvre des projets d'élevage familiaux au Burkina Faso, Delma et al. (2016) ont effectué des études comparables à l'analyse susmentionnée de janvier à juin, ce qui a permis de mettre en évidence d'importants déséquilibres alimentaires des bovins (déficits ou excédents) durant ce semestre.

Contribution de l'IAE à la couverture des besoins en fertilisants des cultures

Bilan de l'azote sur les cultures au Moyen-Ouest et ailleurs

Cette étude a montré des corrélations entre les pratiques d'alimentation, dont le pâturage et la complémentation, et la production de fumure organique, qui confirment les résultats de Gueydon (1992), et de Coly et al. (2013). Dans notre contexte, la production de fumure organique était faible dans les grandes exploitations et élevée dans les petites exploitations. Coly et al. (2013), au Sénégal, trouvent une tendance contraire, en raison notamment d'une complémentation (par tête de bovin) plus élevée dans les grandes exploitations que dans les petites. En effet, la production de fumure organique par UBT est une illustration des efforts de collecte de la fumure par les exploitations. Elle est liée aux efforts de complémentation des animaux (influençant le temps de présence au parc) et à la quantité de refus des fourrages distribués dans le parc participant à produire la fumure.

Dans cette étude, sur la moyenne des exploitations étudiées, le bilan partiel d'azote a été près de 100 %. Rakotoarisoa et al. (2010) trouvent des bilans d'azote compris entre 151 % (systèmes de culture avec labour) et 186 % avec des systèmes biodiversifiés sans travail du sol pour le cas des exploitations d'Andranomanelatra. Alvarez et al. (2014) montrent, dans des cas d'exploitations agricoles d'Antsirabe, que les bilans partiels d'azote (total d'azote apporté dans l'exploitation – total d'azote exporté de l'exploitation) sont positifs (plus de 50 kg N/ha/an) pour tous les types étudiés. Sur la base de cette comparaison, le bilan (partiel) d'azote est bien meilleur dans les exploitations laitières des Hautes Terres que dans les exploitations du Moyen-Ouest du Vakinankaratra. Par ailleurs, la dose d'épandage est près de cinq fois plus élevée dans les exploitations des Hautes Terres (157 kg N/ha vs 32 kg N/ha dans le Moyen-Ouest). Une prise en compte de la fixation symbiotique de l'azote par les légumineuses aurait pu changer les résultats des deux côtés car elles occupent près de 23 % de la superficie cultivée et semblent par conséquent avoir une importance particulière au niveau des exploitations du Moyen-Ouest du Vakinankaratra (Razafimahatratra et al., 2017). Des études menées au Brésil par Scopel et al. (2005) montrent que le bilan de l'azote sur le cycle du riz pluvial est de 60 % en système de culture conventionnel et de 116 % dans des systèmes biodiversifiés sans travail du sol. Des cas d'étude au Pays-Bas révèlent un bilan d'azote de 244 % dans des exploitations de polyculture-élevage (Schröder et al., 2003).

Puisque les apports en fertilisants minéraux sont extrêmement faibles (8 % des apports d'azote sur les parcelles), les productions végétales dépendent de la production de fumure organique, elle-même liée à l'élevage. Raharison et al. (2017) et Razafimahatratra et al. (2017) sont parvenus à la même conclusion. Ils rapportent, dans la même sous-région,

que les fertilisants minéraux sont épandus à la dose de 18 kg/ha de surface cultivée totale par an contre 2 t/ha/an pour la fumure organique.

Dans notre étude le déficit d'apport d'azote a été estimé à 14,0–42,5 %, dans les exploitations T2, T4 et T5. Raharison et al. (2016) rapportent que la disponibilité de fumure organique au Moyen-Ouest ne dépasse pas 1,5 t/ha alors que la recommandation standard d'épandage est de 5 t/ha. Ainsi, le déficit de fumure organique est plus important, de 70 % par rapport à la quantité recommandée. Des déficits d'apport d'azote, par rapport aux besoins des cultures de 80 % et plus (Husson et al., 2009), ont été trouvés par Andriarimalala et al. (2013) dans la région du lac Alaotra. Fanjaniaina et al. (2015) indiquent, sur les Hautes Terres, que les exportations d'azote par les grains et la paille de riz (pour un niveau de rendement de 2,2 t/ha) doivent être compensées par un épandage de fumure organique de 5 à 6 t/ha, à teneur moyenne de 0,9 % d'azote, ce qui est difficilement réalisable pour les exploitations de cette zone, en raison de la disponibilité limitée en paille de riz.

Dans cette première étude de l'IAE au Moyen-Ouest, les pertes d'azotes à l'issue de la minéralisation des matières organiques du sol n'ont pas été prises en compte dans le calcul des bilans. Des auteurs qui les ont prises en compte trouvent des bilans partiels d'azote plus faibles. Ainsi, en fonction du type de sol, les exploitations agropastorales de la province du Tuy (ouest du Burkina Faso) ont des taux de couverture des besoins du sol en fumure organique compris entre 6 % et 32 % selon Blanchard et al. (2014), et entre 9 % et 56 % selon Bénagabou et al. (2017). L'intensification par l'IAE s'observe notamment dans les petites exploitations agricoles (T1) qui appliquent une dose d'épandage de fumure organique élevée et enregistrent un bilan azoté élevé. Pour les autres types d'exploitations (notamment T2 et T4), les résultats de cette étude n'ont pas montré de relation évidente entre le niveau d'IAE et l'intensification de la production agricole.

Perspectives de recherche-développement et propositions d'amélioration de la fumure organique

Les bilans azotés sont couramment utilisés comme indicateurs de l'état des pertes d'azote du sol et du niveau de restitution de la fertilité par les apports (Alvarez, 2012). Cette étude a donné une première idée du bilan d'azote sur les parcelles des paysans. Nous nous sommes limités à la réalisation d'un bilan partiel d'azote correspondant à la différence entre les entrées d'azote (par les épandages de fumure organique et de fertilisants minéraux) et les sorties d'azote (par les produits et les résidus de cultures collectés) au niveau des parcelles de culture. Un bilan complet de l'azote et d'autres éléments fertilisants, comptabilisant en plus l'ensemble des entrées d'azote par la déposition des déjections durant le pâturage, la sédimentation, la fixation symbiotique, et des sorties d'azote par la minéralisation des matières organiques du sol, les émissions gazeuses, l'érosion et la lixiviation, complèteraient les résultats de cette étude.

Les perspectives d'amélioration de l'alimentation des bovins auraient de grands impacts sur la production de fumure organique. Avec la même taille de cheptel bovin, les exploitations pourraient augmenter la production de fumure organique par des apports plus importants de biomasses végétales (par exemple résidus de cultures, herbes naturelles) au niveau du parc et de l'étable. Pour produire durablement sur les parcelles, ces efforts d'amélioration de la production de fumure organique devraient être entrepris prioritairement par les exploitations agricoles qui sont en bilan négatif d'azote sur les cultures (T2, T4 et T5).

Contribution de l'IAE à l'intensification agricole

Dans notre étude, les petites exploitations agricoles ont mobilisé le plus l'IAE pour intensifier leurs productions agricoles, dont l'élevage. En effet, les résultats ont montré que dans ce type d'exploitation (T1) la production de fumure organique par UBT, la complémentation de

l'alimentation par UBT ainsi que le niveau de couverture des besoins énergétiques étaient supérieurs à la moyenne.

Les résultats de Vall et al. (2017) montrent que, dans les zones de savanes d'Afrique subsaharienne, chez les agriculteurs cultivant de petites surfaces ou des surfaces moyennes, l'IAE permet une intensification agricole et un soutien alimentaire à l'élevage. Alvarez et al. (2014) rapportent que dans le contexte des Hautes Terres de Madagascar, l'intensification par, d'une part, une utilisation importante de complément alimentaire sous forme de concentré aux vaches laitières et, d'autre part, une amélioration de la gestion de la fumure organique est plus avantageuse pour les exploitations de polyculture-élevage.

Au Moyen-Ouest, comme dans beaucoup de régions de Madagascar, en raison notamment du faible accès à la motorisation, la plupart des exploitations agricoles gardent au moins deux bovins de trait dans le troupeau pour réaliser le travail du sol ainsi que le transport des intrants et des produits agricoles (Raharison et al., 2017 ; Razafimahatratra et al., 2017). Ainsi, le cheptel bovin des exploitations T1 et T2, qui était inférieur à trois UBT, était presque exclusivement composé de bovins de trait.

Les exploitations de taille moyenne qui ont un niveau d'IAE faible (T3) ont obtenu un taux de couverture des besoins énergétiques moyen et des besoins protéiques élevés, s'expliquant, non pas par leur effort d'IAE, mais par la durée de pâturage élevée (environ une heure de plus que la moyenne). Pour les T2, T4 et T5, les résultats n'ont pas montré de lien évident entre le niveau d'IAE et l'intensification de l'élevage.

Perspectives de recherche-développement et propositions d'amélioration de l'IAE

Cette étude a montré qu'en moyenne près de 60 % de la paille de riz et des fanes d'arachide, ainsi que la totalité des résidus de maïs étaient laissés sur les parcelles. Il y aurait ainsi une forte proportion de résidus de cultures qui pourrait être utilisée pour l'alimentation des bovins, et par la même occasion pour l'amélioration de la production de fumure organique. Cependant, la collecte de ces résidus de cultures pour l'affouragement à l'auge des animaux aurait des conséquences fortes sur le disponible fourrager au pâturage, notamment en saison sèche, et impliquerait en parallèle des efforts d'amélioration de la production fourragère. Les exploitations agricoles du Moyen-Ouest de Vakinankaratra ont une potentialité élevée d'intensification par le renforcement de l'IAE. Les conclusions de Razafimahatratra et al. (2017) vont dans ce sens. La diversification de la production agricole, dont l'adoption des cultures fourragères ou des systèmes vivriers fourragers, est également un levier d'intensification par le renforcement de l'IAE, dans la mesure où elle fournit de la biomasse de bonne qualité pour l'alimentation des bovins (Raharison et al., 2017 ; Razafimahatratra et al., 2017). En favorisant le recyclage et la complémentarité entre les différents ateliers de production, les efforts d'IAE dans le Moyen-Ouest pourraient ainsi contribuer à améliorer l'efficacité (de l'azote, de l'énergie) des exploitations agricoles et l'autosuffisance alimentaire des ménages, comme le montrent plusieurs auteurs dans différentes situations (Rufino et al., 2006 ; Alvarez et al., 2014 ; Bénagabou et al., 2017).

Nos premiers résultats indiquent l'existence d'interactions entre les exploitations dans les relations agriculture-élevage, qui restent limitées et peu organisées. Ainsi, les résidus de cultures des parcelles d'une exploitation sont également consommés par les zébus des autres exploitations durant le pâturage. Le mouvement de troupeau durant le pâturage entraîne également un transfert de fertilité d'une exploitation à une autre à travers les dépôts de déjections. Le recours à l'achat de fumure organique, pratiqué par 23 % des exploitations (Raharison et al., 2017), favoriserait également une IAE à l'échelle du village ou d'un territoire. La vente de service de traction animale (travail du sol, transport, entre autres) va également dans ce sens. Une approche territoriale

permettrait de compléter notre diagnostic concernant les pratiques d'IAE et de prendre en compte les relations et les échanges potentiels de biomasse entre les exploitations (Moraine et al., 2014).

CONCLUSION

Dans un contexte d'accès limité aux intrants de synthèse, les producteurs se tournent vers différentes stratégies d'IAE comme le maintien de la taille du cheptel bovin en fonction de la surface cultivée (puisque ces deux variables varient dans le même sens), le recyclage des produits et des résidus agricoles pour l'alimentation animale, l'augmentation de la durée de parage et de la production de fumure organique par UBT. Ces stratégies permettent de disposer de l'énergie animale nécessaire aux travaux des champs et au transport des résidus de récoltes, d'allouer de la fumure organique produite sur les cultures exigeantes et de couvrir les besoins alimentaires des animaux.

Cependant, bien que les besoins énergétiques et protéiques des bovins soient couverts à l'échelle de l'année, il y a un déficit en fumure organique pour soutenir l'intensification de la production agricole dans le domaine pluvial et la fertilisation de cultures exigeantes comme le riz et le maïs. Différentes options sont envisageables, dont un effort de recyclage des résidus de récolte, et un affouragement supplémentaire avec des produits de qualité comme avec les cultures de *Stylosanthes guianensis* et de *Brachiaria ruziziensis* promues par des projets. Ces efforts d'IAE, permettraient non seulement de résoudre la contrainte de disponibilité de fumure organique mais également la contrainte de diminution des ressources alimentaires naturelles pour les bovins. Dans la plupart des cas, nous émettons l'hypothèse qu'un renforcement de l'IAE pourrait contribuer à l'amélioration de la couverture des besoins en ressources productives des exploitations et surtout de mieux équilibrer le bilan entre apports et exportations d'azote sur les cultures qui restait déficitaire pour la majorité des situations étudiées.

Remerciements

Cette étude a reçu le soutien financier du projet System approach for the TRAnSition to bio-DIVersified agroecosystems (STRADIV). Les auteurs remercient les producteurs du Moyen-Ouest pour leur collaboration tout au long de l'étude.

Déclaration des contributions des auteurs

PA, EV et PS ont contribué à la conception et à la planification de l'étude ; ERR a recueilli les données et rédigé la première version du manuscrit ; EGG et JNR ont participé à la planification de l'étude ; JMM et ERR ont effectué les analyses statistiques ; PA, EV, JMM, PS et ERR ont contribué à l'analyse des données et à l'interprétation des résultats ; tous les auteurs autorisent la soumission de la version finale en vue de sa publication.

Conflits d'intérêts

L'étude a été réalisée sans aucun conflit d'intérêts.

REFERENCES

- Alvarez S., 2012. Pratiques de gestion de la biomasse au sein des exploitations familiales d'agriculture-élevage des hauts plateaux de Madagascar : conséquences sur la durabilité des systèmes. Thèse Doct., Montpellier SupAgro, Montpellier, France, 266 p.
- Alvarez S., Rufino M.C., Vayssières J., Salgado P., Tiftonell 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

- Andriarimalala J.H., Rakotozandry J.N., Andriamandroso A.L.H., Penot E., Naudin K., Dugué P., Tillard E., et al., 2013. Creating synergies between conservation agriculture and cattle production in crop-livestock farms: a study case in the Lake Alaotra region of Madagascar. *Exp. Agr.*, **49** (3): 352-365, doi: 10.1017/S0014479713000112
- Bénagabou O.I., Blanchard M., Bougouma Yaméogo V.M.C., Vayssières J., Vigne M., Vall E., Lecomte P., et al., 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
- Blanchard M., Coulibaly K., Bognini S., Dugué P., Vall E., 2014. Diversité de la qualité des engrais organiques produits par les paysans d'Afrique de l'Ouest : quelles conséquences sur les recommandations de fumure ? *Bio-technol. Agron. Soc. Environ.*, **18** (4) : 512-523
- Coly I., Diop B., Akpo L. E., 2013. Transformation locale des résidus de récolte en fumier de ferme dans le terroir de la Néma au Saloum (Sénégal). *J. Appl. Biosci.*, **70** (1) : 5640-5651, doi : 10.4314/jab.v70i1.98806
- Dabat M.H., Jenn-Treyer O., 2010. Des trappes de pauvreté au développement durable de l'agriculture malgache. In : Madagascar face au défi des objectifs du millénaire pour le développement (Eds. Gastineau B., Gubert F., Robilliard A.S.) IRD, Montpellier, France, 299-318, doi : 10.4000/books.irdeditions.1907
- Delma B.J., Bougouma-Yameogo V., Nacro H.B., Vall E., 2016. Fragilité des projets d'élevage familiaux dans les exploitations de polyculture-élevage au Burkina Faso. *Cah. Agric.*, **25** (3) : 35005, doi: 10.1051/cagri/2016019
- Dobremez J.F., 1986. Les collines du Népal central ; écosystèmes, structures sociales et systèmes agraires. Tome II : milieux et activités dans un village népalais. Quae, Paris, France, 190 p.
- Euréal, 2010. Réaliser un entretien semi-directif. Fiche technique. https://euréal.files.wordpress.com/2014/12/ft_entretien.pdf (consulté 21 juin 2018)
- Fanjaniaina M.L., Ramahandy F., Larvy D.J., Razafimanantsoa M.-P., Salgado P., Tillard E., Rabeharisoa L., et al., 2015. Transfert de fertilité et durabilité des systèmes de production : application à la culture du riz. *Bull. Acad. Malgache*, XCV/1
- Guerin H., Sall C., Friot D., Ahokpe B., Ndoye A., 1986. Ebauche d'une méthodologie de diagnostic de l'alimentation des ruminants domestiques dans un système agropastoral : l'exemple de Thyssé-Kaymor-Sonkorong au Sénégal. *Cah. Rech. Dév.* (9-10) : 60-69
- Gueydon C., 1992. Variations de la valeur fertilisante des fumiers et lisiers de bovins. Influence de la complémentation, du niveau de production et du type de déjections animales. *Fourrages*, 129 : 59-71
- Herve M., Rosengarten P., Bouviala M., 2013. Teneurs en N des organes végétaux récoltés. Méthode d'établissement et valeurs de référence. Comifer, France, 27 p.
- Heuzé V., Tran G., Lebas F., 2016. Graines voandzou (*Vigna subterranea*). Feedipedia, INRA, CIRAD, AFZ, FAO, www.feedipedia.org/node/530 (consulté 21 mai 2018)
- Husson O., Charpentier H., Naudin K., Razanamparany C., Moussa N., Michellon R., Andrianasolo H., et al., 2013. Le choix des itinéraires techniques. In : Manuel pratique du semis direct sur couverture végétale permanente (SCV), Application à Madagascar. CIRAD/GSDM, Montpellier, France, 76 p.
- Jarrige R., 1988. Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA, Paris, 476 p.
- Kane G. Q., 2010. Analyse des performances productives des exploitations familiales agricoles de la localité de Zoetélé. Mém. DEA, Université de Yaoundé II, Cameroun, 119 p.
- Landais E., Lhoste P. 1990. L'association agriculture-élevage en Afrique inter-tropicale : un mythe techniciste confronté aux réalités de terrain. *Cah. Sci. Hum.*, **26** (1-2) : 217-235
- Moraine M., Duru M., Nicholas P., Leterme P., Therond O., 2014. Farming system design for innovative crop-livestock integration in Europe. *Animal*, **8** (8) : 1204-1217, doi: 10.1017/S1751731114001189
- Nantoumé H., Kouriba A., Togola D., Ouologuem B., 2000. Evaluation of the feeding value of forages and byproducts used for feeding small ruminants. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **53** (3): 279-284, doi: 10.19182/remvt.9725
- Naudin K., Bruelle G., Salgado P., Penot E., Scopel E., Lubbers M., de Ridder N., et al., 2015. Trade-offs around the use of biomass for livestock feed and soil cover in dairy farms in the Alaotra lake region of Madagascar. *Agric. Syst.*, **134**: 36-47, doi: 10.1016/j.agsy.2014.03.003
- Raharison T.S., Rasolomanjaka J., Razaka M., Rakotondramanana, 2016. Capitalisation de l'Agro-écologie à Madagascar. GSDM, Madagascar, 111 p.
- Raharison T., Salgado P., Bélière J.-F., Autray P., Razafimahatratra M., Rakotofiringa H., 2017. Agro-biodiversité dans les exploitations agricoles familiales du Moyen Ouest de Vakinankaratra : des paysans en avance sur la recherche et le développement agricole durable ? In : Forum Recherche Biodiversité et Développement Durable, Fianarantsoa, Madagascar, 30 nov. 2017, 14 p.
- Rakotoarisoa J., Oliver R., Dusserre J., Muller B., 2010. Bilan de l'azote minéral au cours du cycle du riz pluvial sous-systèmes de culture en semis direct sous couverture végétale en sol ferrallitique argileux à Madagascar. *Etude Gestion Sols*, **17** (2) : 169-186
- Rakotoson T., Dusserre J., Letourmy P., Ramonta I.R., Cao T.-V., Ramanantsoanirina A., Roumet P., et al., 2017. Genetic variability of nitrogen use efficiency in rainfed upland rice. *Field Crops Res.*, **213**: 194-203, doi: 10.1016/j.fcr.2017.07.023
- Rasambainarivo J.H., Ranaivoarivelo N., 2003. Profil fourrager. Madagascar. Rome, Italie, FAO
- Razafimahatratra M., Raharison T., Bélière J.-F., Autray P., Salgado P., Rakotofiringa H., 2017. Systèmes de production, pratiques, performances et moyens d'existence des exploitations agricoles du Moyen-Ouest du Vakinankaratra. CIRAD, FOFIFA, GSDM, 100 p.
- Razafinarivo T.D., Rahetlah V.B., Rakotozandry J.N., Salgado P., Degenne P., 2017. Développement d'un outil cartographique pour la gestion des ressources pastorales par une approche combinée de télédétection et de modélisation. *Livest. Res. Rural Dev.*, **29** (11)
- Rivière R., 1991. Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. IEMVT. La documentation française, Paris, France, 529 p. (Coll. Manuel et précis d'élevage)
- Rufino M.C., Rowe E.C., Delve R.J., Giller K.E., 2006. Nitrogen cycling efficiencies through resource-poor African crop-livestock systems. *Agric. Ecosyst. Environ.*, **112** (4): 261-282, doi: 10.1016/j.agee.2005.08.028
- Schröder J.J., Aarts H.F.M., Ten Berge H.F.M., Van Keulen H., Neeteson J.J., 2003. An evaluation of whole-farm nitrogen balances and related indices for efficient nitrogen use. *Europ. J. Agron.*, **20** (1-2): 33-44, doi: 10.1016/S1161-0301(03)00070-4
- Scopel E., Douzet J.M., da Silva F.A.M., Cardoso A., Moreira J.A.A., Findeling A., Bernoux M., 2005. Impacts des systèmes de culture en semis direct avec couverture végétale sur la dynamique de l'eau, de l'azote minéral et du carbone du sol dans les Cerrados brésiliens. *Cah. Agric.*, **14** (1) : 71-75
- Sib O., Bougouma-Yameogo V.M.C., Blanchard M., Gonzalez-Garcia E., Vall E., 2017. Dairy production in Western Burkina Faso in a context of emergence of dairies: Diversity of breeding practices and proposals for improvement. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **70** (3): 81-91, doi: 10.19182/remvt.31521
- Sourisseau J.-M., Rasolofo P., Bélières J.-F., Guengant J.-P., Ramanitrinony H.K., Bourgeois R., Razafimiarantsoa T.T., et al., 2014. Diagnostic territorial de la région du Vakinankaratra à Madagascar. AFD, Paris, France, 157 p.
- Tanagra, 2012. ACP avec R - Détection du nombre d'axes. http://eric.univ-lyon2.fr/%7Ericco/tanagra/fichiers/fr_Tanagra_Nb_Components_PCA.pdf (consulté 16 fév. 2018)
- Tirel J.C. 1987. Valeur et limites des notions d'intensification dans l'analyse de l'évolution des systèmes de production. *C.R. Acad. Agric. Fr.*, **73** (8) : 83-95
- Touré A., Antoine-Moussiaux N., Kouriba A., Leroy P., Moula N., 2017. Zootechnical characterization and barymetric formula of the Azawak zebu breed in Menaka, Northern Mali. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **70** (4): 115-120, doi: 10.19182/remvt.31528
- Vall E., Marre-Cast L., Kamgang H.J., 2017. Chemins d'intensification et durabilité des exploitations de polyculture-élevage en Afrique subsaharienne : contribution de l'association agriculture-élevage. *Cah. Agric.*, **26** (2) : 25006, doi: 10.1051/cagri/2017011
- Veysset P., Agabriel J., Ingrand S., Bébin D., Constant I., Lherm M., Dauphin L., 2007. La conduite de l'alimentation en élevage bovin allaitant: analyse des écarts entre pratiques et recommandations. In : Proc. 14th Renc. Rech. Rumin., Paris, France, 229-232
- Vilanova I.X.M., Smith A.J., 2014. Comportement, conduite et bien-être animal. Quae, Montpellier, France, 187 p.

Summary

Rasambatra E.R., Autfray P., Vall E., González-García E., Mortillaro J.-M., Rakotozandriny J. de N., Salgado P. Mixed crop-livestock integration in a context of limited access to synthetic inputs in mid-altitude tropical environments

In the Middle West, in the Vakinankaratra region of Madagascar, farms have an increasing need for fertilizers and fodder, and at the same time severe economic constraints to access mineral fertilizers and animal feed. This study shows how crop-livestock integration (CLI) has helped to alleviate part of the difficulty of access to industrial agricultural inputs and contributed to farming intensification. Surveys were conducted with 20 farms. Using principal component analyses and a classification based on thirteen variables, three structural (cultivated surface area, number of cattle, number of family labor) and ten functional (production of organic manure, purchase of organic manure, purchase of mineral fertilizers, application of organic manure, rainfed rice yield, maize yield, availability of crop residues, use of crop residues, cattle supplementation, grazing duration), five types of farms were characterized: one type of small farms with a high level of CLI, two types of medium-sized farms with a medium and low level of CLI, and two types of large farms with a medium and low level of CLI. Cattle supplementation, number of cattle, and grazing duration best differentiated the farms. The energy and protein feed requirements of cattle were covered on a yearly basis for all farms. Nitrogen exports by crops were compensated by inputs on farms with the highest level of CLI. In conclusion, in this context of very limited access to industrial inputs, producers turned to CLI strategies, on the one hand, to allocate the organic manure produced on demanding crops (rice and maize) and, on the other hand, to cover cattle feed requirements.

Keywords: cattle, mixed farming, crop yield, sustainable agriculture, feed resources, typology, Madagascar

Resumen

Rasambatra E.R., Autfray P., Vall E., González-García E., Mortillaro J.-M., Rakotozandriny J. de N., Salgado P. Integración agricultura-cría en un contexto de acceso limitado a los insumos de síntesis en medio tropical de mediana altitud

En el oeste medio, situado en la región de Vakinankaratra en Madagascar, las explotaciones agrícolas tienen necesidades crecientes de fertilizantes y forrajes, y al mismo tiempo dificultades económicas serias de acceso a los fertilizantes minerales y a los alimentos para el ganado. Este estudio mostró como la integración agricultura-cría (IAC) permitió de paliar en parte la dificultad de acceso a los insumos agrícolas industriales y de contribuir a la intensificación agrícola. Se llevaron a cabo encuestas en 20 explotaciones agrícolas. Con la ayuda de análisis de componentes principales y una clasificación en base a trece variables, tres estructurales (superficie cultivada, número de bovinos, cantidad de mano de obra familiar) y diez funcionales (producción de estiércol orgánico, compra de estiércol orgánico, compra de fertilizantes minerales, esparcimiento de estiércol orgánico, rendimiento de arroz pluvial, rendimiento de maíz, disponibilidad de residuos de cultivos, valorización de los residuos de cultivo, complemento de la alimentación de los bovinos, duración del pastoreo), cinco tipos de explotaciones fueron caracterizadas: un tipo de pequeñas explotaciones con un nivel de IAC fuerte, dos tipos de explotaciones de tamaño mediano con un nivel de IAC medio y bajo, y dos tipos de grandes explotaciones con un nivel de IAC medio y bajo. El complemento alimenticio de los bovinos, el número de bovinos y la duración de pastoreo distinguieron mejor las explotaciones. Las necesidades alimenticias energéticas y proteicas de los bovinos fueron cubiertas a lo largo del año en todas las explotaciones. Las exportaciones de nitrógeno por los cultivos fueron compensadas por los aportes en las explotaciones con un alto nivel de IAC. En conclusión, en este contexto de acceso muy limitado a los insumos industriales, los productores se orientaron hacia estrategias de IAC, por un lado, para destinar el estiércol orgánico producido a los cultivos exigentes (arroz y maíz) y, por otro lado, para cubrir las necesidades alimenticias de los animales.

Palabras clave: ganado bovino, explotación agrícola combinada, rendimiento de cultivos, agricultura sostenible, recursos de piensos, tipología, Madagascar

Network analysis of the sick-pig commodity chain in Northern Vietnam: Risk of disease dissemination

Mai Ngoc Hoang^{1*} Phuong Thi Nguyen¹ Hanh Quang Han¹
Tien Dinh Nguyen¹ Ton Dinh Vu¹ Marisa Peyre^{2,3}

Keywords

Swine, food supply chain, risk assessment, animal diseases, fraud, Vietnam

Submitted: 19 March 2018
Accepted: 19 December 2019
Published: 29 June 2020
DOI: 10.19182/remvt.31872

Summary

A study was carried out between January and July 2016 to investigate the sick-pig trade network which is believed to have been operating in Northern Vietnam for decades. From early 2015, many warnings about the existence of this illegal network have been published in local newspapers, causing great concern among consumers and authorities. The aim of this study was to investigate the commodity chain to identify the trade network, evaluate the risk of disease dissemination, and propose preventive solutions. The results showed that the sick-pig commodity chain included farmers, middlemen, slaughterhouses and consumers in the three studied districts (Van Lam, Van Giang and My Hao, in Hung Yen Province). The qualitative risk assessment determined that middlemen and slaughterhouses were the main actors in this uncontrolled chain. Appropriate administrative regulations, regardless of the importance of these actors, would be crucial to limit negative effects of sick-pig products. Furthermore, proper intervention would remove threats to other farms and long-term effects on human health.

■ How to quote this article: Hoang M.N., Nguyen P.T., Han H.Q., Nguyen T.D., Vu T.D., Peyre M., 2020. Network analysis of the sick-pig commodity chain in Northern Vietnam: Risk of disease dissemination. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (2): 61-70, doi : 10.19182/remvt.31872

■ INTRODUCTION

In Vietnam, swine production plays a vital role in the rural economy. Pork accounts for 74–80% of total meat consumption (Nga et al., 2013). Over the last decade, overall pork consumption has increased by 7% a year and the swine population is expected to reach 34.7 million in 2020, i.e. an increase of 7.6 million compared to 2011 (Department of Livestock Production; MARD, 2017). High pork consumption is reflective of an eating tradition. For the majority of Vietnamese families, pork is the favorite protein source, easily cooked for both regular dishes in daily meals and special dishes at annual festivals. In addition, pork is a crucial food to process numerous Vietnamese specialties, e.g. fermented pork rolls (*nem chua*), rousong or pork floss (*ruốc*), pork jerky (*thịt khô*) and so on.

However, the swine commodity chain has been facing many issues related to disease emergence and contagious expansion. Over recent

decades, the pig industry in Vietnam has dealt with serious threats and losses caused by major infectious diseases such as porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS), classical swine fever (CSF), foot-and-mouth disease (FMD) (Pham et al., 2017). The hazards threatening the sustainability of the pork value chain consist not only of spontaneous diseases which emerge seasonally, but also, more alarmingly, of out-of-control infectious diseases which may rapidly contaminate areas neighboring the infected territory, leading to the explosion of outbreaks. An important disease-spreading case was recorded in 2006-2007, in which Vietnam was evidenced as a 'victim' of PRRS virus dissemination, originally from China in 2006, and recurring in 2007 (Feng et al., 2008). According to the World Organisation for Animal Health (OIE, 2007), the consequence led to 44 highly pathogenic PRRS (HP-PRRS) outbreaks in Vietnam by August 2007; allegedly Northern Vietnam was initially exposed during March–May and later, during June–July, the outbreaks concerned Southern provinces. Total infected pigs were 44,000 with a mortality rate of approximately 10% (OIE, 2007). Since then, HP-PRRS has been classified in the group of endemic swine diseases in Vietnam and it has frequently recurred (Nguyen, 2013).

The uncontrolled spread of infectious germs leads to a vast array of weighty consequences, including widespread outbreaks and huge economic losses. As reported by OIE in 2006, before invading Vietnam, PRRS virus has swept through China with 445 outbreaks, affecting two million pigs, of which 400,000 died (Nguyen, 2013; Tian et al.,

1. Faculty of Animal Science, Vietnam National University of Agriculture, Trau Quy, Vietnam.

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

3. ASTRE, Univ Montpellier, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France.

* Corresponding author

Email: mai.hoangngoc@uq.net.au; phone: 84 796 200 006



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

2007). These outbreaks have been assumed to cause huge economic damages in China given the average swine death rate of 19.68% (Tian et al., 2007). In other countries, similar reports have been recorded. For example, during the PRRS outbreaks in Netherlands in early 1991, a study on 91 PRRSV-positive farms evaluated the average economic loss per sow per year at roughly 65 pounds (based on fixed price for piglets) (Brouwer et al., 1994). In the United States of America, total expenses on disease-control campaigns against PRRS outbreaks occurring in 1987 were estimated at over 761 million dollars (Johnson et al., 2005).

In reality, the dissemination of swine infectious diseases probably resulted from a multitude of reasons, such as the contamination via infected carrying vehicles (e.g. trucks, motorbikes), the introduction of disease to healthy herds via artificial insemination (Althouse and Rossow, 2011), the cross contamination via human activities. Nevertheless, improper treatment and disposal of sick, dying or dead animals is the critical starting point of disease spread. In Vietnam, the trading of diseased, injured, dying and dead animals has become a common practice (Delabougliise et al., 2016). Several works confirm that farmers' behavior with regard to poultry sickness/death includes both proper disposal (burying, burning, etc.) and improper use (such as quickly selling off) (Desvaux and Figuié, 2011; Desvaux et al., 2016). Baudon et al. (2017) make a similar observation on swine movements in Northern Vietnam. Nevertheless, it remains unclear if this value chain is properly organized or limited to crises. The informal trade of diseased or dead pigs causes not only a potential risk of disease contamination to other swine farms, but also hazards of both virus/bacteria transmissions to humans and consumption of residual antibiotics in pork, which has raised a big concern about food safety (Kim et al., 2013).

The vague knowledge on the trading activities of sick/dead pigs prevents veterinary authorities from conducting proper surveillance and

preventing risks to animal and human health. The aim of this study was to characterize the practices of the sick/dead pig trade in Vietnam through a network analysis approach, and to provide recommendations for its management.

■ MATERIALS AND METHODS

Study area

This study was conducted in the villages of Me So (Van Giang District), Dinh Du (Van Lam District) and Nhan Hoa (My Hao District), Hung Yen Province, Northern Vietnam (Figure 1). Hung Yen has the highest pig population density and number of industrial pig farms in the Red River Delta (RRD). The province holds one urban city and nine suburban districts, located at the center of RRD next to three major markets (Hanoi, Hai Phong and Quang Ninh), where pork is highly consumed as a result of increased industrialization and urbanization. The trading of sick pigs has been reported in a previous study conducted in Hung Yen Province, but not at district level (Baudon et al., 2017). According to statistical data provided by local state veterinarians (regularly used for veterinary campaigns, not officially accessible to the public), in 2016, there were 447 swine farms located in seven agricultural districts, i.e. 32 farmsteads (1000–5000 fattening pigs and/or 500–1000 sows per production cycle), 105 large farms (100–900 fattening pigs and/or 20–500 sows per production cycle) and 310 small farms (fewer than 100 fattening pigs and/or 20 sows per production cycle). In the three studied districts there were 255 swine farms that accounted for 57% of total swine farms in the whole province. The communes and villages were selected based on the density of pig farms, and the diversity of swine farming systems and trading practices.

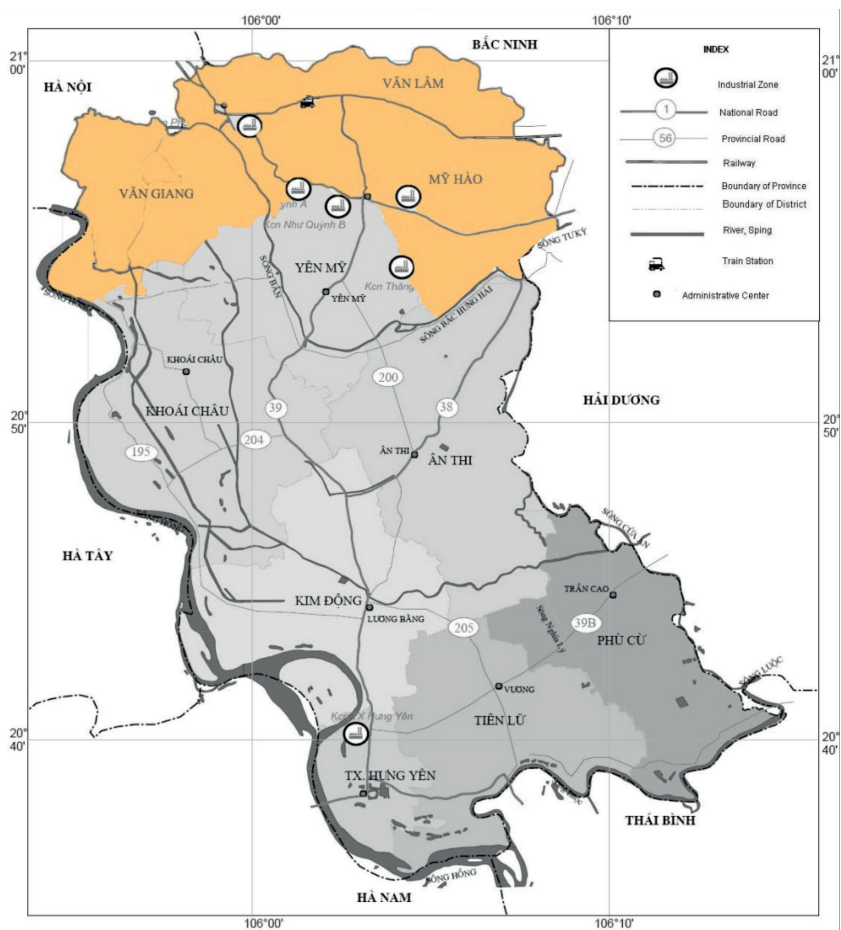


Figure 1: Studied area in Hung Yen Province in Vietnam: Van Giang, Van Lam and My Hao districts are highlighted in yellow.

Study sample

We categorized the pig farms in two groups: i) small farms (fewer than 20 sows and/or 100 fattening pigs per production cycle), and ii) large farms (more than 20 sows and/or 100 fattening pigs per production cycle). Due to the limited budget of this project, the number of surveys was down scaled compared to the actual number of farming households. Based on the advice of local authorities and state veterinarians, a proportional down-scaling to 100 households prioritized the typicality of sample type and farming size. We thus randomly selected 65 small farms and 35 large farms, which reflected the actual ratio of small to large farms in the studied sites. This selection of samples excluded the farmsteads because they were not willing to answer questions on sick pigs. Middlemen and slaughterhouses were selected using a snowball sampling approach, i.e. the trader contacts provided by the interviewed farmers were included in the sampling frame. Later, the slaughterhouses were categorized into small and large depending on their operative scale. The selection also depended on the persons' willingness to participate in the study and provide information.

Data collection

Farmers were interviewed using participatory approaches (semi-structured interviews) to collect information on: i) swine production, ii) prevention and treatment of swine diseases, iii) farmers' behavior toward diseased and dead pigs, and iv) awareness of disease transmission hazards caused by the sick-pig commodity chain.

Structured questionnaires were used to collect information on diseased and dead pig transportation pathways from both farmers and traders. Data were collected on: i) marketing and trading activities, ii) socioeconomic factors behind the marketing process, and iii) awareness of the risks of disease transmission.

Owners and/or slaughterhouse workers were interviewed using semi-structured interviews to collect data on: i) slaughterhouses and slaughtering activities, ii) trading activities, and iii) awareness of the risks of infectious dissemination.

Data management and analysis

Both quantitative and qualitative data were entered in an Excel database. Inconsistent and unreliable information collected during interviews were eliminated. Data reliability was checked using both several 'tricky' repetitive questions on sensitive subjects (e.g. practices on sick/dead pigs, pricing concern), and interviewees' experience-based assumption and expertise consultancy (e.g. the heads of villages, state veterinarians, professors in swine production). When necessary, the interviewees were contacted again by phone to clarify conflicting or unclear information. A model of the swine value chain network, including pig movements between actors, was developed with Cmap-Tools freeware (Daley et al., 2007). CmapTools allows to build concept maps and visualize the influence between different actors of certain networks.

RESULTS

Sick-pig value chain: a very well-structured system

A multi-actor well-organized network

Similar answers from farmers, middlemen and butchers confirmed the existence and operation of an organized sick-pig value chain system in all studied districts. The sick-pig commodity chain involved farmers, specific middlemen, slaughterhouses and retailers. Healthy and sick-pigs trade networks operated separately but several actors were found to be present in both. The majority of sick pork and by-products ended in fish and carnivorous animal farms, and was selectively mixed with healthy products and sold to restaurants and/or cafeterias of companies. Pig skins were collected by leather and dried skin processing factories, where the health status of the pigs did not cause significant problems. Within this network, there were three 'producing' actors and two 'consuming' actors involved in both the healthy and the sick-pig trades, namely large farms, small farms, small slaughterhouses, common restaurants, and many cafeterias of companies in industrial zones (Figure 2).

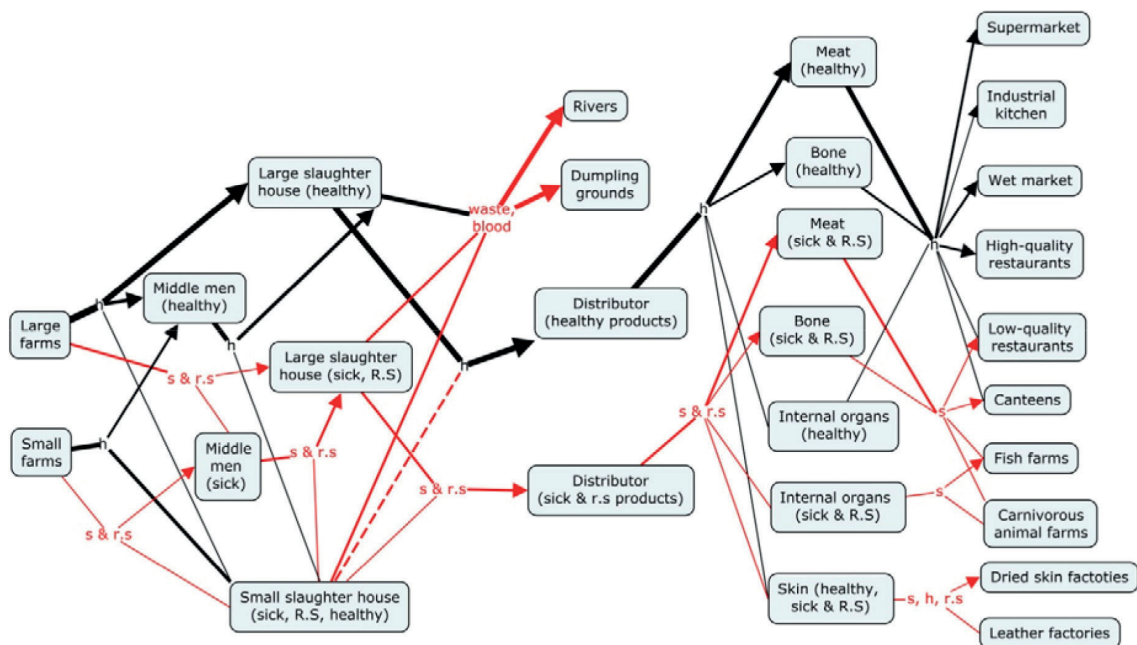


Figure 2: Swine and swine-product network in Hung Yen Province in Vietnam: red lines: sick pigs or sick-pig products; black lines: healthy pigs or healthy-pig products; line thickness: relative importance of a trade route; dotted line: potential trade between actors; s = sick pigs; r.s = reformed sows

Key actors in chain linking were sick-pig middlemen, slaughterhouse workers and owners, and sick-meat retailers who had built the frame of the sick-pig trade network. To some extent, this network was not considered entirely illegal because materials were not only sick and dead pigs, but also healthy cull sows. Involved actors only traded and processed diseased/dead pigs and cull sows. Their counterparts in the healthy-pig trade network may have knowledge of their business and even their contacts in order to introduce farmers when needed. However, professional actors in the healthy chain had never worked with diseased and dead pigs because they privileged keeping their high reputation. When farmers first inquired about selling sick pigs, they consulted either neighboring farmers, customary middlemen for healthy pigs, or slaughterhouses for sick-pig buyers' contacts. When they gained experience in selling sick pigs, they called the buyers directly.

Selling sick pigs: a common farmers' practice

Farmers from 71% of small farms and 60% of large farms declared selling sick pigs. Selling sick/dead pig carcasses at a low price was

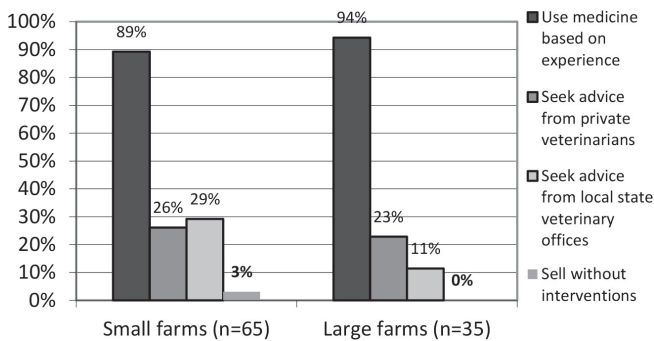


Figure 3: Farmers' actions with regard to pigs showing sickness symptoms in Hung Yen Province, Vietnam.

a way to get back part of their invested capital and not face complete loss, and more compellingly it was a faster solution to get rid of carcasses (compared to declaring pig death to local state veterinarians). Most of the small (89%) and large (94%) farms handled their pigs without advice from the local state veterinarians. A larger proportion of small farm owners (29% versus 11% large farm owners) contacted the local state veterinarians in case of pigs getting sick. However, a similar proportion (23–26%) consulted local private veterinarians. Two out of 65 small farm owners declared selling sick pigs immediately without applying any treatments, however, none of large farm owners chose this option (Figure 3). Among 100 farmers' interviews, baseline mortality of swine herds ranged between 3% and 10% of total pig losses every year. Diseases or syndromes such as diarrhea, pneumonia, PRRS and pneumonic pasteurellosis were the most frequently cited (Figure 4).

Management of dead pigs varied according to the age and weight of the animals (Figure 5). Most farmers (69% of small farms and 57% of large farms) declared burying dead piglets (15–30 kg) far away from piggeries. Most farmers declared selling their growers to buyers who only purchased sick pigs (62% and 57% of small and large farms,

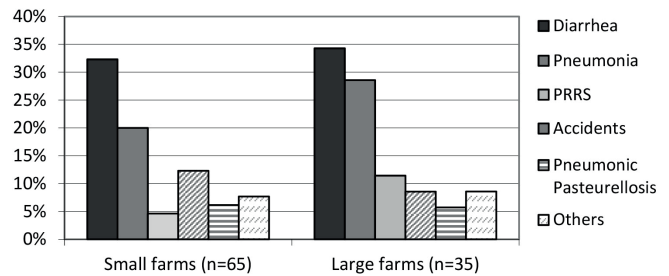


Figure 4: Main pig diseases reported by the farmers in Hung Yen Province in Vietnam.

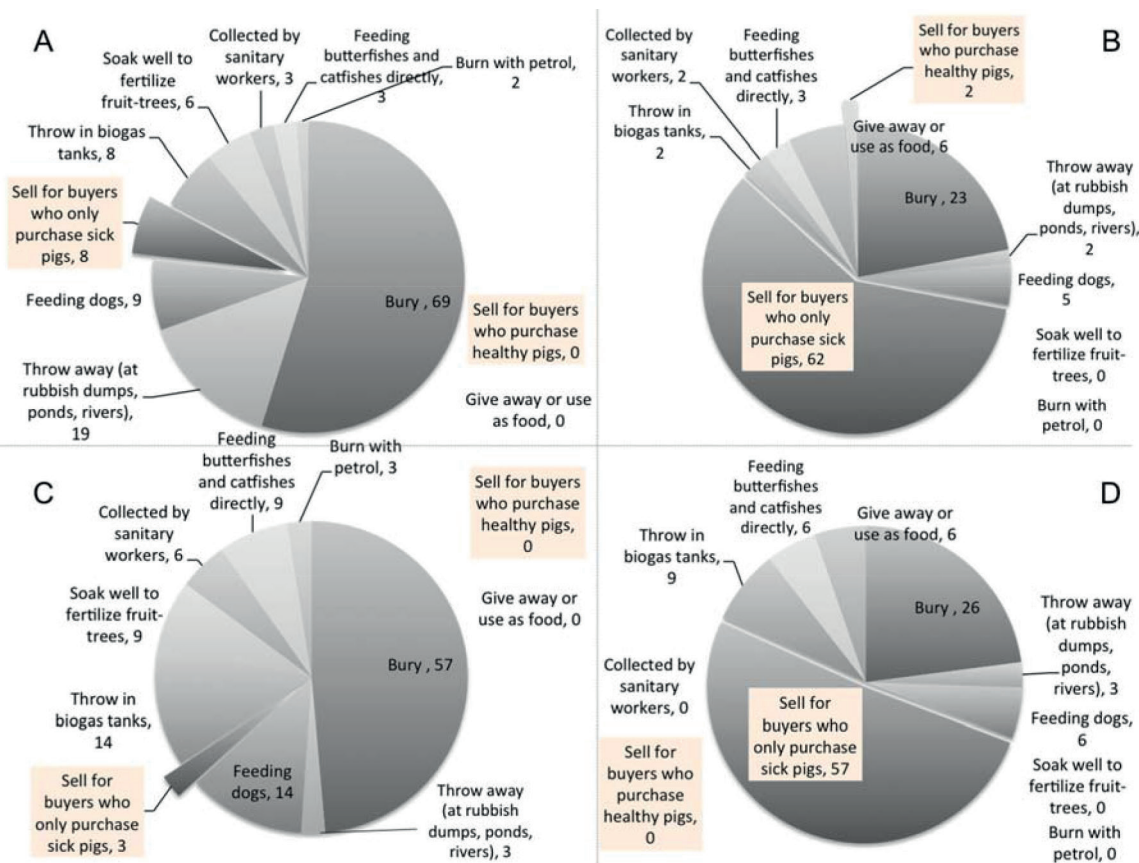


Figure 5: Management of dead pig carcasses by farmers in Hung Yen Province in Vietnam; small farms (A) sick piglets and (B) sick growers; large farms (C) sick piglets and (D) sick growers.

respectively). Only 2% of small farmers declared selling sick pigs to buyers who also purchased healthy animals. More than half of the farmers refused to provide information about the end destination of sick and dead pig carcasses (Figure 6). Information on sick-pig consumption is highly sensitive because of the illegal nature of the sick-pig trade. The interviewed farmers knew that to reveal this type of information may cause both middlemen and swine butchers to incur legal sanctions, and this would discontinue a most profitable business if their farms were to face sick/dead pigs in the future. Besides the identity of middlemen, 39% of the farmers named village X (unpublished address in My Hao) and 20% of them named two specific sick-pig slaughterhouses in village Y (in Van Giang) as slaughterhouses for sick/dead pigs. Later interviews with these designated slaughtering units confirmed their professional operations with well-equipped slaughtering systems, freezing machines, full-time and occasional workers, and a flexible network of middlemen. Finishing products were frozen and delivered to consuming destinations (Figure 2).

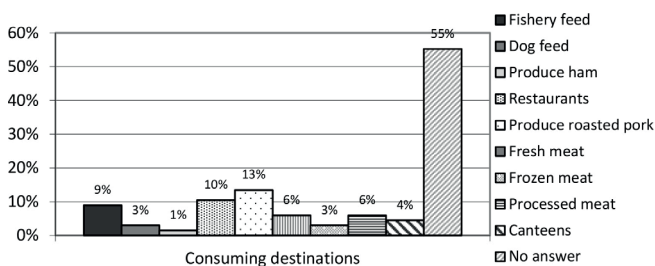


Figure 6 : Responses of the farmers, who confirmed their involvement in the sick-pig trade ($n = 67$), on the end destination of sick/dead pig carcasses in Hung Yen Province in Vietnam.

The concealed activities of middlemen

In the studied areas, farmers identified specific middlemen who always connected them with large slaughterhouses specialized in sick/dead pig and cull sow processing. These intermediate actors tended to conceal their trafficking because slaughtering, trading and improper disposal of dead animals and/or living animals showing disease symptoms are officially banned according to article No. 25 of the Law on Veterinary Medicine dated June 19, 2015 (Vietnamese National Assembly, 2015). Furthermore, sick-pig middlemen were not inclined to reveal details on the process in order to avoid domino effects on their business network, which made significant profits. In general, sick/dead pigs were treated and classified based on meat appearance. Nice-looking but diseased pork was amalgamated with healthy pork and sold to customers without their knowledge. Interviewing and collecting data from these middlemen was difficult because of the very sensitive nature of the trade. Ten middlemen were contacted during the survey but only two (from Yen My and My Hao) agreed to provide information.

Although the quantity of interviews with middlemen did not meet the initial plan, the information obtained was valuable and homogenous. Middlemen's main activity was crop farming, however occasional sick/dead pig business brought them an important source of revenue. They confirmed their role in connecting farmers and large sick/dead pig slaughterhouses. They earned revenues from sharing information on sick-pig outcome possibilities (paid by slaughterhouses 11–15 € per successful transaction) and from trading sick/dead pigs themselves. Middlemen paid 0.5 € per kilogram of sick pigs and sold them to large sick/dead pig slaughterhouses at double the price. Sick pigs were generally transported by motorbike with a capacity of 1–2 pigs per trip (possibly increased with a handmade steel trailer). In most cases, middlemen transported live sick pigs to the slaughterhouses. In

some cases when the pigs were about to die, farmers and/or middlemen would cull them and get rid of their blood and internal organs to prevent the meat from darkening. Unlike professional vans that delivered healthy pigs, sick-pig middlemen's vehicles were reported to be rarely washed and decontaminated.

Inclusive allocating network of slaughterhouses

Eight slaughterhouses with contact details were mentioned by interviewees, among those we could not interview one of them because of the owner's unavailability during the field trip period. In all cases, hired workers did not accept to participate in the survey but suggested direct contacts with slaughterhouse owners. The interviews were thus solely carried out with the involvement of the slaughterhouse owners.

Slaughtering was divided into two categories: small and large slaughterhouses, characterized by the business scale and regular practices. Small slaughterhouses operated as family businesses, often including only two owners/workers as family members (mostly husband and wife). These small slaughterhouses did not have separate slaughtering areas but used their own house. They earned their living by slaughtering mainly healthy fattening pigs, sometimes cull sows and/or sick pigs which produced good-quality meats. Large sick-pig slaughterhouses operated more professionally, and comprised the owners with 5–7 workers, who were assigned to separate tasks such as slaughtering, separating organs, classifying meat, delivering, cleaning. The large sick-pig slaughterhouses worked specifically on sick/dead pigs and cull sows. Similarly to most slaughterhouses that handled healthy pigs, many sick/dead pig slaughterhouses were located close to water points (e.g. ponds, lakes, rivers). They typically included a main house, a large front yard or backyard, and were equipped with high-volume refrigerators and/or large cold rooms. After treatment and classification, the sick/dead swine meat and by-products were distributed to processing houses, retailers, common restaurants, cafeterias of companies, etc. Figure 6 shows the destination of the products from sick or dead pig carcasses according to the farmers.

Sick-pig by-product processing practices

A fish farmer and a leather manufacturer who purchased or collected parts other than pork meat were interviewed. For the leather producer, the sources of raw materials (e.g. skin, small pieces of conjunction parts, intestines) originated both from healthy and sick pigs. However, the price of by-products from sick pigs was considerably lower. The fish farmer purchased spoiled dead pigs to process animal feed at the price of 1–3 euros (€) per adult pig and 0.5–1 € per weaning pig. The meat of the pigs was ground, processed and blended with other materials in his house, then distributed to many carnivorous animal farms. The processing formulation was not shared.

Two interviewed farmers practiced integrated farming systems of swine and fish. Beside piggeries, they owned 1000–2000 m² of pond areas to raise catfish and/or butterfish at the density of 10–15 fish/m². The raw meat of dead pigs and placentas were cut into small pieces and directly thrown into the fish ponds without being cooked or processed. Twenty kilograms of pig meat could be consumed in 1–2 hours by the fish.

Driving force of the sick-pig value chain on economic aspects

The existence and operation of this chain were mainly driven by the farmers' demand in reducing financial loss in swine farming and connecting partners, who took advantage from cheap swine products to gain considerable profits. In the studied pig farms, the average loss rate in large farms was 5–10%, whereas in small and medium farms it was below 3%. It could be seen that even if fattening pigs died when they were small, the farmers' financial loss was still significant

because of the costs of purchasing breeding piglets (18–40 €/piglet) and feeds (10–11 €/25 kg). As the investment cost in pig farming was high and maximum profits could be only 20–25% after six months of farming, farmers sold sick and/or dead pigs to recuperate part of this cost.

Regarding trading actors, both middlemen and workers in slaughterhouses, earned noteworthy earnings. The price of healthy commercial pigs, low-reproductive cull sows, old sows, diseased and dead pigs, and spoiled pigs was found to be regulated by the market demand for pork (Figure 7). Cull sows were slightly cheaper than healthy finishing pigs, but diseased/dead pigs were five times cheaper. When pigs had just died in an accident without any disease symptoms, this price could be doubled. The price of sick/dead pigs mainly depended on meat appearance, and on the pig weight and the moment of death. This business seemed to bring slaughterhouses profits via many diverse finishing products, including pork meat, bones, internal organs, skins. Meat and bones from sick pigs mixed with healthy products were sold at a slightly cheaper price. Details on the financial aspects of this chain were not shared. The demand for animal feeds using meat from spoiled dead pigs, viscera parts and the remaining protein waste from slaughtering activities was considerable. Actually, crocodile farming had been developing widely in Hai Duong (Kinh Mon District), Hai Phong and other Northern provinces, and it used protein waste from the swine commodity chains as its main feeding material.

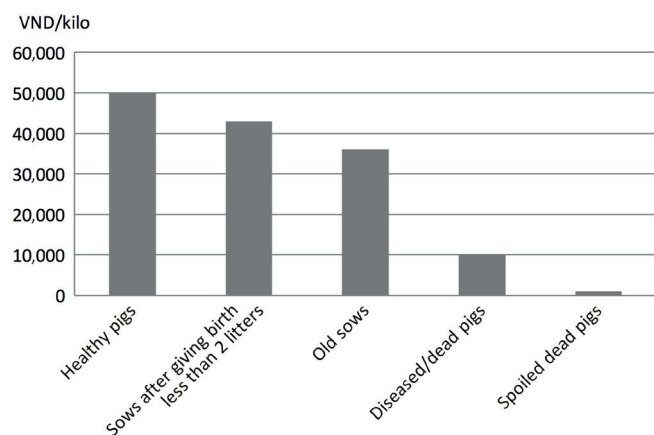


Figure 7: Average price (in 2016) of healthy pigs, reformed sows, and diseased and dead pigs in Hung Yen Province in Vietnam.

■ DISCUSSION

The sick-pig trade causes a risk for animal disease spread

Risks for disease spread from animal to animal

The risk level for disease dissemination from each actor in the sick-pig trade network was evaluated through the number of links with other actors, the amount of input and output products, and the potential hazards caused by the activities. Thus, the most hazardous actors were large slaughterhouses for sick pigs and cull sows, small slaughterhouses, middlemen for sick pigs and cull sows, and sick-product retailers. Among them, despite the fact that distributors (most commonly reported as workers in large slaughterhouses or owners of small slaughterhouses) appeared to be at a busy crossroad, which linked all slaughterhouses to consuming destinations, they actually carried a lower risk of disease dissemination to animal farms because transportation routes were set apart. The highest risk of disease

dissemination occurred in small slaughterhouses, followed by large sick-pig slaughterhouses and sick-pig middlemen, given the nature of their daily activities. Obviously, the activities of small slaughterhouses interacted with many other actors, not only in the sick animal chain but also in the healthy chain. Regarding middlemen, the possibility of disease transmission was mainly suspected to concern their transporting activity (Figure 2).

The likelihood of disease transmission caused by the sick-pig illegal trade is seriously considered during the occurrence of highly contagious diseases such as PRRS and pneumonic pasteurellosis. Disease dissemination was evaluated via the possible transmission of infectious microorganisms by sick pigs from infected farms to non-infected farms within the same village, or cross-contamination from village level, to district level, and beyond. There are many examples of outbreak-spread damages between countries, e.g. the recent African swine fever (ASF) outbreak which has been spreading throughout China since August 2018 (FAO, 2019). Since then, a series of actions have been taken by the Chinese Government such as setting up epidemic and buffer zones, strictly restricting movements of live pigs, releasing an ‘Implementation Plan’. Due to these drastic campaigns, the number of ASF outbreaks in villages reported in China has decreased impressively from December 2018 to January 2019, leading to quarantine lifting in 97 epidemic zones in February 2019 (source: Veterinary Bureau, MARA, China) (FAO, 2019). The epidemiological studies on these campaigns revealed that the main reasons for ASF virus spread were vehicles and workers who did not use disinfectants (46%), followed by swill feeding (34%) and transportation (19%) of live pigs or their products across regions (FAO, 2019).

However, in the sick-pig network, biosecurity has been lacking, especially during trading activities. Firstly, traders often came inside swine houses to assess the quality of pigs without wearing biosecurity outfits. They probably carried infectious pathogens into many farms, from village to village... Secondly, the most commonly used vehicles for carrying diseased pigs were motorbikes with unprotected handmade racks. This type of vehicle was not able to stop blood/waste from sick animals to drop along roads, triggering disease transmission on a large scale. Moreover, carriers did not usually disinfect their trailers. According to our interviewees, biosecurity was neither required by farmers who sold sick/dead animals, nor were vehicles routinely checked. A sick/dead-pig carrier would not pass interprovincial quality checkpoints if he happened to meet one. However, all middlemen were native locals whose business took a huge advantage on their understanding of local traffics and villagers. According to FAO, middlemen such as carriers play a key role in disease transmission, and thus need thorough training in biosecurity (Madec et al., 2010). However, generally in Vietnam, these actors in both healthy and unhealthy pig chain never heed the risk of disease spread possibly caused by them because it does not immediately affect their earnings.

If pigs in a random farm are unfortunately contaminated, the middlemen will just avoid that farm and work with other ones. In healthy farms, middlemen are mostly asked to wear biosecurity outfits (e.g. clothes, shoes, gloves) by the owners. However, when swine farms are plagued by a disease, the farm owners do not act strictly with middlemen with regard to disease prevention because they prefer to sell the sick pigs as quickly as possible. This situation highlights the role of middlemen in disease transmission from animal to villages, all the way across borders between countries.

The incautious activities of middlemen also bring the risk of disease transmission by intermediate airborne animals, most commonly flies. Based on flies’ traveling ability, they can spread contagious agents from pig to pig within a radius of 12 kilometers (Meerburg et al., 2007). With middlemen’s motorbikes, the distance can be 100–200 kilometers. The *Arterivirus* causing PRRS was shown to live up to six

hours in flies (*Musca domestica*) and 12 hours in fly intestines after contact from piggeries or infected meat (Otake et al., 2003a; Otake et al., 2003b).

At farm level, disease pathogens were more intensely controlled after selling sick/dead pigs when all the swine herd had been affected than in farms with partially affected herds. After selling the whole swine herd, maximum sanitary doses were applied to the entire farming area. Farmers sprayed the area with commercial products containing disinfection chemicals such as chloramine B, iodine, glutaraldehyde, sodium hydroxide, at concentrations of 2–5% according to the manufacturer. They then applied liquid calcium hydroxide over the walls and floors and kept farming houses empty for 15–20 days before introducing the next batch. Keeping pens vacant is a crucial step in air decontamination. Calcium hydroxide is widely used for virus inactivation in swine farming (Charmley et al., 1995). An appropriate concentration of calcium or sodium hydroxide (usually 2%) has been reported to be effective in treating infectious pathogens (Turner et al., 2000). The risk of disease spread to animals in neighboring farms is thus significantly limited.

In other cases, the pigs with disease symptoms were isolated from the healthy herds and treated with drugs, then sold if not improved. Sanitation of piggeries, including washing and disinfection, was carried out at increased intensity and frequency (from once or twice a week, to once a day), while ensuring it would not poison the pigs inside. Therefore, the risk of animal-to-animal disease transmission was higher in the farms neighboring partly infected farms.

Although swill feeding is internationally a concern because of the risk of virus transmission to pigs, the use of sick-pig meat in uncooked swill in pig feeding was not reported in our interviews. This is understandable because cannibalism is unacceptable in the Vietnamese traditional perception. For this reason, cross-contamination might be occurring only in integrated farms, where the owners feed swines, fish as well as chickens. The interviews with farmers and fish pond owners confirmed that feeding catfish/butterfish with dead-pig carcass was a common practice. The raw carcass was regularly thrown into the ponds without being disinfected by heating. It was commonly reported that slurry was also poured into the ponds to feed fish. Occasionally, farmers rinsed swine pens with pond water, which causes a high risk of recontamination of the remaining herds. Even when farmers were aware of this high risk and separated the use of fish ponds and fresh-water ponds, the contamination via soil absorbents and heavy rains could not be eliminated. Besides, cross-feeding possibly brings another risk for disease spread because dead fish may be cooked to feed pigs, but improper cooking does not entirely destroy infectious germs such as FMD virus, which can survive up to six months in partially cooked, cured and smoked meat products (Scudamore, 2002; Schembri et al., 2010). In 2001, in the United Kingdom, an outbreak swept through 2000 farms and affected six million animals. It was believed to have originated from swine feeds containing contaminated meat (Bourn, 2002; Scudamore, 2002).

Potential risks of disease spread from animals to humans

The hazards of virus introduction from pigs to humans via inadequately treated manure and uncontrolled circulation of sick-meat products are a major concern because of the possibility of pathogenic contamination into the human food chain and ecosystems (Madec et al., 2010). Pig-to-human disease transmission may occur from direct contact with sick animals, indirect contact with contaminated intermediate objects, and/or ingestion of undercooked contaminated foods. Direct contact with raw meat and organs of sick/dead pigs would imply a higher risk of disease transmission to slaughtering workers. However, these workers and slaughterhouse owners are aware of the risks and they always protect themselves with closed water-resistant boots, gloves and outfits. For this reason, the main risk

for them may come from indirect contacts with the zoonotic germs remaining in soil, water, intermediate insects, and fomites in general. This risk also concerns other villagers who live near contaminated areas although they have not been involved in the illegal network.

Warnings on the risk of swine disease transmission to humans caused by the consumption of undercooked pork have been issued throughout the world. In a study on the potential of pathogen transmission between species, Miller et al. (2017) conclude that the parasitic pathogen transmission potential with swine was highest for humans. According to OIE, the three most important pig parasites worldwide, i.e. *Trichinella spiralis*, *Taenia solium* and *Toxoplasma*, carry high risks for disease transmission to humans because of improperly cooked pork (Gamble, 1997). Beside parasites, the consumption of pork containing pathogenic bacteria also causes disease symptoms in consumers. The consumption of undercooked pork was identified as an alarming hazard for *Streptococcus suis* meningitis and septicemia in humans in suspected cases detected in Southern Vietnam and Thailand (Hoa et al., 2011; Wangsomboonsiri et al., 2008). Human infections with *S. suis* serotype 2 have been also reported in Japan and Thailand (Chang et al., 2006; Takamatsu et al., 2008). Blending healthy-looking pork with healthy pork to increase profit may down the line cause Vietnamese housewives to put their families at risk of contamination from the meat. Fortunately, homemade dishes are generally processed with the highest level of biosecurity with regard to cooking conditions. However, the common eateries in Vietnam, where customers can buy a full meal at a cheap price (around 0.7–1.2 €), and the companies' cafeterias, where workers are provided free meals, are unlikely to meet food-safety regulations relative to cooking, including material supplying sources and food quality. The ignorance of different actors along the food chain, including the food sale links, is also believed to put public health at risk (Nguyen-Viet et al., 2017). Moreover, human exposure to virulent *S. suis* strains through contact with raw meat at high ambient temperature in open street markets was reported in Southern Vietnam (Hoa et al., 2011), which represents a considerable hazard for fresh-meat butchery retailers and their customers.

Sick-pig consumption raises a risk for antimicrobial resistance

Since the last decade, one of the most serious threats for global public health raised by multinational scientists is antimicrobial resistance (AMR). The evolution of multidrug-resistant microorganisms have resulted from several factors including the overuse of antibiotics in modern medicine and of chemicals in the environment. Among these, the overdependence of global populations on antibiotic drugs in both human medicine and animal production is believed to be the main reason (Prestinaci et al., 2015). In Vietnam, the livestock industry has been suffering from the recurrence of epidemics because of inadequate hygiene commonly encountered in livestock farms. To face this issue, the administration of antibiotics to fight diseases has been the main prevention method used by farmers in Vietnam, where 70% of all common registered veterinary drugs are antibiotics (Kim et al., 2013).

In both small and large farms, when the pigs show symptoms of sickness, most times farmers administer drugs based on their experience (Figure 3). The casual administration of antibiotics without the advice from veterinarians can result in high antibiotic residues in animal products, which brings the AMR threat not only for livestock, but also for humans (WHO, 2001). In small farms, there were similar rates regarding seeking advice from private or from state veterinarians (26% and 29%, respectively), whereas owners of large farms consulted local state advice significantly less (11%). Although all private and state veterinarians are supposed to be trained in veterinary

medicine at university level, their counsel varies in quality. In reality, the advice from private veterinarians is sometimes biased because they have received a commission from the manufacturers. As only a low proportion of farmers in our study chose to sell untreated sick pigs (3% in small farms and 0% in large farms), this raises the alarming issue that products from the sick/dead animal value chain contain massive amounts of medicines, among which there are probably very high amounts of residual antibiotics. According to WHO in 2016, 71% of respondents had administered antibiotics to their livestock in the previous six months in Vietnam, which was the highest rate among all surveyed areas, including the Western Pacific region (53%), Australia (43%) and several other Asian countries (25–62%). In this situation, the antibiotic remaining in foods might affect consumers and possibly promote AMR progression in general.

Perspectives on the role of local authorities

Given that the majority of pig farmers, especially owners of large farms, did not choose to consult veterinarians for advice, we investigated the role of veterinarians to understand the reasons behind this habit. Staff from veterinary state offices includes well-educated veterinarians who are capable of advising farmers with regard to disease treatments. These offices generally help to manage all poultry, cattle and swine farming health issues in a commune. They are not only in charge of reporting all farming health issues to higher administrative levels (district veterinary station and province veterinary department), but also of implementing official epidemic control programs in some areas. Their services are free. However, because of the generalized and diversified nature of their missions, they cannot always help swine farmers individually in a timely manner. Alternatively, prescription and treatment by private veterinarians are also available but their cost is considered not cheap by farmers. Thus, farmers tended to learn from the treatments applied by veterinarians to later on apply them on their own. Furthermore, a great number of surveyed farmers said that any contact between external factors and their farms, even veterinarians, needed to be restricted in order to avoid cross contamination.

In general, the Vietnamese Government has acknowledged the operation of the sick-animal value chain and has made attempts to terminate it. In April 2017, the Notice about Reinforcing State Supervision on Transporting and Butchering Animals for Food Safety Security (No. 3005/CT-BNN-TY) was enacted, and a list of slaughterhouses that had been slaughtering sick/dead animals was publicized (MARD, 2017). Moreover, veterinary laws were amended in 2015 with the banning of all activities related to the sick/dead animal trade (Vietnamese National Assembly, 2015). However, the laws were not implemented until their release in 2017 (Decree No. 90/2017/ND-CP Guidelines for the Financial Punishments in Veterinary Medicines). Regarding local veterinary offices, they operate more strictly during outbreaks than the rest of the time. They also work efficiently at checkpoints between provinces, however, they are less vigilant within each province. This situation should be improved to restrict the illegal activities of the sick animal value chain.

The ignorance of farmers about food security suggests that training and educational courses about the dangers from disease transmission caused by selling sick/dead pigs should be frequently organized. Also, middlemen should be encouraged to attend training courses on biosecurity for transportation. Moreover, local authorities have to participate more actively in preventing the trade and consumption of diseased and dead pigs by controlling dead/sick-pig transportation and slaughterhouses. Finally, effective treatment methods for diseased and dead pigs should be officially proposed, for example designing models of integrated systems (livestock–aquaculture), building proper stations for burying diseased and dead pigs, supporting

the development of suitable systems for treating waste in pig farms and slaughterhouses, equipping transport vehicles with adequate protections and disinfectants.

■ CONCLUSION

Processing, selling, consuming diseased and dead pig has been carried on for a while and is a well-organized business in the three studied districts of Hung Yen Province. There are five major participants in the sick-pig commodity chain: pig farmers, middlemen, slaughterhouse workers, distributors, and consumers. Among them, middlemen and slaughterhouse workers were the most critical actors contributing to the potential spread of pathogenic germs from infectious farms to other places. Noticeably, small slaughterhouses appeared to play a major role in terms of disease transmission from sick farms to healthy farms, and pathogenic contamination from infected products to high-quality products. Besides, the lack of biosecurity of pig transportation vehicles of middlemen and slaughterhouses possibly caused disease transmission along the delivery process on a large scale. Although the activities of sick-pig slaughterhouses were widely known in the studied areas, it was very challenging for local authorities to control them because they collected and slaughtered diseased and dead pigs but also healthy reformed sows. The authorities will need to conduct further actions to put an end to the risk of disease transmission from animal to animal or to humans, and to the risk of AMR expansion caused by these illegal activities.

Acknowledgments

This project was performed with the French Agricultural Research Centre for International Development (CIRAD) and the Faculty of Animal Science, Vietnam National University of Agriculture (VNUA). We acknowledge the kind support of veterinary state offices in Van Lam, Van Giang and My Hao districts as well as the valuable cooperation of local village heads, farmers, swine traders and swine dealers.

Author contributions statement

The results of this research have been obtained with the contributions of all the authors. The conception and work plan were created by MP and TDV. Farmer surveys were performed by TDN, PTN and MNH. Surveys for middlemen and slaughterhouses were conducted by HQH, PTN and TDN. Data input was handled by TDN, PTN and MNH. Data analysis was carried out by MNH with suggestions from the other authors. The manuscript including data figures was written by MNH. Results and manuscript were reviewed and commented by TDV and MP, later edited and finalized by MNH. The manuscript was submitted and revised by MNH, considering comments of two reviewers from CIRAD.

REFERENCES

- Althouse G.C., Rossow K., 2011. The potential risk of infectious disease dissemination via artificial insemination in swine. *Reprod. Domest. Anim.*, **46** (s2): 64-67, doi: 10.1111/j.1439-0531.2011.01863.x
- Baudon E., Fournié G., Hiep D.T., Pham T.T.H., Duboz R., Gély M., Peiris M., et al., 2017. Analysis of swine movements in a province in Northern Vietnam and application in the design of surveillance strategies for infectious diseases. *Transbound. Emerg. Dis.*, **64** (2): 411-424, doi: 10.1111/tbed.12380
- Bourn J., 2002. The 2001 outbreak of foot and mouth disease. Report. National Audit Office, London, UK
- Brouwer J., Frankena K., De Jong M.F., Voets R., Dijkhuizen A., Verheijden J., Komijn R.E., 1994. PRRS: Effect on herd performance after initial infection and risk analysis. *Vet. Q.*, **16** (2): 95-100, doi: 10.1080/01652176.1994.9694427

- Chang B., Wada A., Ikebe T., Ohnishi M., Mita K., Endo M., Matsuo H., et al., 2006. Characteristics of *Streptococcus suis* isolated from patients in Japan. *Jpn. J. Infect. Dis.*, **59** (6): 397
- Charmley L.L., Trenholm H.L., Prelusky D.B., Rosenberg A., 1995. Economic losses and decontamination. *J. Nat. Toxins*, **3** (4): 199-203, doi: 10.1002/nt.2620030406
- Daley B.J., Cañas A.J., Stark-Schweitzer T., 2007. CmapTools: Integrating teaching, learning, and evaluation in online courses. *New Dir. Adult Cont. Educ.*, **2007** (113): 37-47, doi: 10.1002/ace.245
- Delabouglière A., Antoine-Moussiaux N., Phan T.D., Dao D.-C., Nguyen T.T., Truong B.D., Nguyen X.N.T., et al., 2016. The perceived value of passive animal health surveillance: The case of highly pathogenic avian Influenza in Vietnam. *Zoonoses Public Health*, **63** (2): 112-128, doi: 10.1111/zph.12212
- Desvaux S., Figuié M., 2011. Formal and informal surveillance systems: how to build bridges? In: Intl. Conf. Animal Health and Surveillance, 1. Lyon, France, 17-20 May 2011
- Desvaux S., Nguyen C.-O., Vu D.-T., Henriquez C., Ky V.-D., Roger F., Fenwick S., et al., 2016. Risk of introduction in Northern Vietnam of HPAI viruses from China: description, patterns and drivers of illegal poultry trade. *Transbound. Emerg. Dis.*, **63** (4): 389-397, doi: 10.1111/tbed.12279
- FAO, 2019. ASF situation in Asia update. FAO, Rome, Italy
- Feng Y., Zhao T., Nguyen T., Inui K., Ma Y., Nguyen T.H., Nguyen V.C., et al., 2008. Porcine respiratory and reproductive syndrome virus variants, Vietnam and China, 2007. *Emerg. Infect. Dis.*, **14** (11): 1774-1776, doi: 10.3201/eid1411.071676
- Gamble H.R., 1997. Parasites associated with pork and pork products. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epizoot.*, **16** (2): 496-506, doi: 10.20506/rst.16.2.1032
- Hoa N.T., Chieu T.T.B., Nga T.T.T., Dung N.V., Campbell J., Anh P.H., Tho H.H., et al., 2011. Slaughterhouse pigs are a major reservoir of *Streptococcus suis* serotype 2 capable of causing human infection in southern Vietnam. *PLoS One*, **6** (3): e17943, doi: 10.1371/journal.pone.0017943
- Johnson C.D., Mabry J.W., Kliebenstein J.B., Neumann E., 2005. The impact of PRRS on the pig cost of production. *J. Anim. Sci.*, **651** (1): 71, doi: 10.31274/ans_air-180814-1121
- Kim D.P., Saegerman C., Douny C., Dinh T.V., Xuan B.H., Vu B.D., Hong N.P., et al., 2013. First survey on the use of antibiotics in pig and poultry production in the Red River Delta region of Vietnam. *Food Public Health*, **3** (5): 247-256
- Madec F., Hurnik D., Porphyre V., Cardinale E., 2010. Good practices for biosecurity in the pig sector. FAO, Rome, Italy
- MARD, 2017. Notice about reinforcing state supervision on transporting and butchering animals for food safety security. Ministry of Agriculture and Rural Development, Hanoi, Vietnam
- Meerburg B.G., Vermeer H.-M., Kijlstra A., 2007. Controlling risks of pathogen transmission by flies on organic pig farms: A Review. *Outlook Agric.*, **36** (3): 193-197, doi: 10.5367/000000007781891432
- Miller R.S., Sweeney S.J., Sloomaker C., Grear D.A., Di Salvo P.A., Kiser D., Shwiff S.A., 2017. Cross-species transmission potential between wild pigs, livestock, poultry, wildlife, and humans: implications for disease risk management in North America. *Sci. Rep.*, **7** (1): 7821, doi: 10.1038/s41598-017-07336-z
- Nga N.T.D., Ninh H.N., Hung P., Lapar M.L., 2013. The pig value chain in Vietnam: A situational analysis report. ILRI, Nairobi, Kenya
- Nguyen T., 2013. PRRS control in the region. In: 28th Conf. OIE Regional Commission for Asia, the Far East and Oceania, Compendium of Technical Items, Cebu, Philippines, 18-22 Nov. 2013
- Nguyen-Viet H., Tuyet-Hanh T.T., Unger F., Dang-Xuan S., Grace D., 2017. Food safety in Vietnam: where we are at and what we can learn from international experiences. *Infect. Dis. Poverty*, **6** (1): 39 doi: 10.1186/s40249-017-0249-7
- OIE, 2007. Viet Nam Report, Aug. 2007. OIE, Paris, France
- Otake S., Dee S.A., Rossow K., Moon R., Trincado C., Pijoan C., 2003a. Transmission of porcine reproductive and respiratory syndrome virus by houseflies (*Musca domestica*). *Vet. Rec.*, **152** (3): 73-76, doi: 10.1136/vr.152.3.73
- Otake S., Dee S.A., Moon R.D., Rossow K.D., Trincado C., Farnham M., Pijoan C., 2003b. Survival of porcine reproductive and respiratory syndrome virus in houseflies. *Can. J. Vet. Res.*, **67** (3): 198-203
- Pham H.T.T., Antoine-Moussiaux N., Grosbois V., Moula N., Truong B.D., Phan T.D., Vu T.D., et al., 2017. Financial impacts of priority swine diseases to pig farmers in Red River and Mekong River Delta, Vietnam. *Transbound. Emerg. Dis.*, **64** (4): 1168-1177, doi: 10.1111/tbed.12482
- Prestinaci F., Pezzotti P., Pantosti A., 2015. Antimicrobial resistance: a global multifaceted phenomenon. *Pathol. Glob. Health*, **109** (7): 309-318, doi: 10.1179/2047773215Y.00000000030
- Schembri N., Hernández-Jover M., Toribio J.A., Holyoake P.K., 2010. Feeding of prohibited substances (swill) to pigs in Australia. *Aust. Vet. J.*, **88** (8): 294-300, doi: 10.1111/j.1751-0813.2010.00604.x
- Scudamore J. M., 2002. Origin of the UK foot and mouth disease epidemic in 2001. Department of Environment, Food and Rural Affairs, London, UK
- Takamatsu D., Wongsawan K., Osaki M., Nishino H., Ishiji T., Tharavichitkul P., Khantawa B., et al., 2008. *Streptococcus suis* in humans, Thailand. *Emerg. Infect. Dis.*, **14** (1): 181, doi: 10.3201/eid1401.070568
- Tian K., Yu X., Zhao T., Feng Y., Cao Z., Wang C., Hu Y., et al., 2007. Emergence of fatal PRRSV variants: unparalleled outbreaks of atypical PRRS in China and molecular dissection of the unique hallmark. *PLoS One*, **2** (6): e526, doi: 10.1371/journal.pone.0000526
- Turner C., Williams S.M., Cumby T.R., 2000. The inactivation of foot and mouth disease, Aujeszky's disease and classical swine fever viruses in pig slurry. *J. Appl. Microbiol.*, **89** (5): 760-767, doi: 10.1046/j.1365-2672.2000.01174.x
- Vietnamese Government, 2017. Guidelines for the financial punishments in veterinary medicines, 31 Jul 2017, Hanoi, Vietnam
- Vietnamese National Assembly, 2015. Law on Veterinary Medicine, 19 June 2015, Hanoi, Vietnam
- Wangsomboonsiri W., Luksananun T., Saksornchai S., Ketwong K., Sungkanuparph S., 2008. *Streptococcus suis* infection and risk factors for mortality. *J. Infection*, **57** (5): 392-396, doi: 10.1016/j.jinf.2008.08.006
- WHO, 2001. Monitoring antimicrobial usage in food animals for the protection of human health, Oslo, Norway, 10-13 Sept. 2001. WHO, Geneva, Switzerland
- WHO, 2016. National Action. The rising tide for global change on antimicrobial resistance. WHO, Geneva, Switzerland

Résumé

Hoang M.N., Nguyen P.T., Han H.Q., Nguyen T.D., Vu T.D., Peyre M. Analyse du réseau de la filière des porcs malades dans le nord du Vietnam : risque de diffusion de la maladie

Une étude a été menée entre janvier et juillet 2016 pour enquêter sur le réseau de commerce de porcs malades qui serait en activité dans le nord du Vietnam depuis des décennies. Depuis début 2015, de nombreux avertissements sur l'existence de ce réseau illégal ont été publiés dans les journaux locaux, ce qui a suscité une grande inquiétude chez les consommateurs et les autorités. L'objectif de cette étude était d'enquêter sur la filière pour identifier le réseau commercial, évaluer le risque de diffusion de la maladie et proposer des solutions préventives. Les résultats ont montré que la chaîne de production des porcs malades comprenait des agriculteurs, des intermédiaires, des abattoirs et des consommateurs dans les trois districts étudiés (Van Lam, Van Giang et My Hao, dans la province de Hung Yen). L'évaluation qualitative des risques a déterminé que les intermédiaires et les abattoirs étaient les acteurs principaux de cette filière non contrôlée. Une réglementation administrative appropriée, indépendamment de l'importance de ces acteurs, serait cruciale pour limiter les effets négatifs des produits issus de porcs malades. En outre, une intervention adaptée ôterait les menaces pesant sur les autres élevages et éviterait les effets à long terme sur la santé humaine.

Mots-clés : porcin, chaîne d'approvisionnement alimentaire, évaluation du risque, maladie des animaux, fraude, Vietnam

Resumen

Hoang M.N., Nguyen P.T., Han H.Q., Nguyen T.D., Vu T.D., Peyre M. Análisis de la red de la cadena de productos de porcinos enfermos en el norte de Vietnam: riesgo de diseminación de enfermedades

Entre enero y julio de 2016 se realizó un estudio para investigar la red de comercio de cerdos enfermos que supuestamente ha estado en funcionamiento en el norte de Vietnam durante décadas. Desde principios del 2015, los periódicos locales han publicado numerosas advertencias sobre la existencia de esta red ilegal, generando una gran preocupación por parte de los consumidores y las autoridades. El objetivo de este estudio fue investigar la cadena de productos para identificar la red comercial, evaluar el riesgo de diseminación de enfermedades y proponer soluciones preventivas. Los resultados mostraron que la cadena de productos provenientes de cerdos enfermos incluía agricultores, intermediarios, mataderos y consumidores en los tres distritos estudiados (Van Lam, Van Giang y My Hao, en la provincia de Hung Yen). La evaluación de riesgos cualitativos determinó que los intermediarios y mataderos eran los actores centrales en esta cadena de cuantía descontrolada. Regulaciones administrativas adecuadas, independientemente de la importancia de estos actores, serían cruciales para limitar los efectos negativos de los productos de cerdos enfermos. Aún más, una intervención adecuada evitaría amenazas a otras fincas ganaderas y efectos a largo plazo en la salud humana.

Palabras clave: cerdo, cadena de suministro alimentario, evaluación de riesgos, enfermedades de los animales, fraude, Vietnam

Typologie des systèmes d'élevage camélins du sud du Maroc

Asma Kamili ^{1*} Bernard Faye ^{2,3*}

Nour Saïd Tligui ⁴ Mohammed Bengoumi ⁵

Mots-clés

Camelus dromedarius, typologie, élevage, conduite d'élevage, Maroc

Submitted: 27 February 2019

Accepted: 3 December 2019

Published: 11 May 2020

DOI: 10.19182/remvt.31862

Résumé

Bien que disposant d'un appui des autorités nationales dans le cadre du Plan Maroc Vert, l'élevage camelin au Maroc est encore assez mal connu. La présente étude a eu pour objectif de disposer d'une description des types d'élevages camélins dans une portion vaste du sud du pays, caractérisée par sa grande concentration des élevages camélins. Pour ce faire, dans le cadre d'une enquête sanitaire, 168 éleveurs chameliers appartenant à neuf provinces du sud du Maroc ont été interviewés sur leur système de production. Les 168 troupeaux camélins ont représenté 11 426 dromadaires soit environ 10 % de la population cameline de cette zone. Au final, un tableau comprenant 168 élevages camélins décrits par 20 variables actives (taille et structure du troupeau, organisation de la gestion et pouvoir de décision, ampleur de la mobilité, commercialisation, pratiques de complémentation alimentaire et de prévention sanitaire) et deux variables illustratives (statut de l'enquêté et région d'origine) a été soumis à une analyse multivariée (analyse des correspondances multiples et classification automatique). L'analyse a permis d'identifier quatre types d'éleveurs : a) ceux possédant de grands troupeaux laitiers traditionnels, b) les citadins possédant des petits troupeaux, c) les éleveurs pluriactifs opportunistes, et d) les éleveurs parfois pluriactifs, faiblement intégrés au marché et sous-traitant leur activité d'élevage. Cette typologie paraît être très liée à la région d'origine des éleveurs indiquant une certaine spécificité régionale.

■ Comment citer cet article: Kamili A., Faye B., Tligui N.S., Bengoumi M., 2020. Typology of camel farming systems in the south of Morocco. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (2): 71-80, doi: 10.19182/remvt.31862

■ INTRODUCTION

Bien que ne représentant que 3 % de la biomasse herbivore domestique sur l'ensemble du territoire marocain, le dromadaire joue un rôle prépondérant dans les provinces sahariennes. La production de lait et de viande estimée respectivement à 6400 et 4600 tonnes (FAOstat consulté en 2019) représente plus de 95 % du lait produit et consommé dans les régions de Dakhla et de Laâyoune, et 60 % de la viande rouge. Ces proportions sont parmi les plus élevées dans les pays d'élevage camelin, en dépit d'une importance numérique modeste (170 000 têtes). Les dromadaires participent donc de façon

significative aussi bien aux revenus des éleveurs qu'à la sécurité alimentaire des populations sahraouies (El Abrak, 2000).

Vu son importance, ce secteur a bénéficié depuis les années 1990 d'un appui et d'un encadrement de l'état opéré par les services des Directions régionales de l'agriculture (DRA), les services vétérinaires de l'Office national de sécurité sanitaire des produits alimentaires (ONSSA) et les actions de l'Office national du conseil agricole (ONCA). La filière cameline est l'une des composantes majeures du Plan Maroc Vert démarré en 2010 dans les régions sahariennes. Cette filière bénéficie également d'autres programmes initiés par d'autres institutions dont l'Agence du Sud. En partenariat avec les organisations interprofessionnelles, un programme a été mis en place, visant notamment l'augmentation de la production de viande et de lait de chamelle.

L'élevage camelin est la plupart du temps de type pastoral extensif bien que de profondes mutations du pastoralisme camelin amènent à considérer que la catégorisation classique en nomade, transhumant ou sédentaire, ne soit ni opérationnelle, ni pertinente (Faye, 2018). La concentration accrue des élevages camélins laitiers dans la périphérie des villes sahariennes et des oasis en est l'expression la plus patente. Cette tendance à la périurbanisation s'appuie sur une sédentarisation souvent partielle du troupeau, de façon permanente ou transitoire

1. Office national de sécurité sanitaire des produits alimentaires, Rabat, Maroc.

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

3. SELMET, Univ Montpellier, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France.

4. Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc.

5. Office régional, FAO, Tunisie.

*Auteur pour la correspondance

Email : asma_kamili@yahoo.fr



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

selon les opportunités commerciales ou les contraintes climatiques (Faye et al., 2017). Une première typologie des élevages camélins de cette région avait été réalisée il y a une vingtaine d'années (Michel et al., 1997) montrant une faible diversité des pratiques à l'exception des pratiques de déplacement. Vingt ans plus tard et compte tenu des appuis au développement de cette filière mentionnés plus haut, se pose la question de l'évolution des systèmes de production camélins. L'objectif de cette étude était d'élaborer une typologie des systèmes camélins dans les régions du sud du Maroc afin d'en percevoir les évolutions, notamment sous l'effet des politiques de développement local.

■ MATERIEL ET METHODES

Echantillonnage

Afin de réaliser l'étude typologique, un échantillonnage stratifié a été établi dans le cadre d'un suivi sanitaire. Pour ce faire, les élevages ont été choisis dans neuf provinces connues pour l'importance de leur cheptel camélin, de telle manière que le nombre d'élevages sélectionnés était approximativement proportionnel au nombre d'éleveurs camélins répertoriés dans chaque province. Au total, 168 troupeaux ont été choisis dans les provinces de Boujdour (20), Dakhla (52), Essaouira (10), Guelmim (12), Laâyoune (19), Ouarzazate (14), Smara (12), Tan-Tan (19) et Tata (10). Ces troupeaux représentaient 11 426 têtes de dromadaires, correspondant à un taux d'échantillonnage d'environ 10 % de l'effectif total estimé du cheptel camélin dans ces régions du Maroc. La prise en compte du facteur région a permis d'intégrer une diversité de contextes reflétant *a priori* une diversité des systèmes d'élevage.

Fiches d'enquête

L'enquête a été réalisée sous la supervision et avec l'appui des services vétérinaires locaux qui ont procédé, avant de se déplacer, au repérage des troupeaux de dromadaires soit par contact du propriétaire par téléphone soit par la recherche des points d'eau et des lieux de rassemblement pastoral. Pour les besoins de cette enquête, deux fiches ont été élaborées :

une fiche « enquêté » pour chaque élevage camélin permettant de recueillir des données relatives au statut de l'enquêté, propriétaire ou non, permettant de connaître notamment son implication directe ou indirecte dans la gestion du troupeau ainsi que le niveau de prise de décision en matière de conduite d'élevage, auxquels ont été ajoutées les informations sur son appartenance tribale ;

une fiche « troupeau » visant à collecter les données relatives à la taille du troupeau, sa composition, son mode de renouvellement, la stratégie de ses déplacements, la gestion de l'alimentation, l'histoire sanitaire, et les mesures préventives et médicales mises en œuvre pour la prévention ou le traitement des maladies.

Préparation des données

Les fiches renseignées ont été saisies sous Excel et les données ont été ensuite soumises à une recodification. Les variables qualitatives ont été éventuellement regroupées afin d'éviter les modalités rares, voire supprimées en l'absence de variabilité. La variable « effectif du troupeau », seule variable quantitative, a été transformée en une variable qualitative à trois modalités sur la base de la distribution des effectifs (tableau I). Les données concernant les écotypes présents dans

Tableau I

Variables et modalités retenues dans les analyses multivariées dans les élevages camélins du sud du Maroc, et distribution des modalités

| Variable | Acronyme | Modalité | Description | Effectif | % des modalités |
|--|----------|----------|----------------------------------|----------|-----------------|
| Effectif du troupeau | Eff | 1 | Petit troupeau | 35 | 20,83 |
| | | 2 | Troupeau moyen | 61 | 36,31 |
| | | 3 | Grand troupeau | 72 | 42,85 |
| Personne interrogée | Pers | 1 | Propriétaire et affiliés | 81 | 48,21 |
| | | 2 | Contremaître | 31 | 18,45 |
| | | 3 | Berger | 56 | 33,333 |
| Présence d'associés | Assoc | 1 | Non | 141 | 83,93 |
| | | 2 | Un ou plusieurs | 27 | 16,07 |
| Métier | Mét | 1 | Eleveur uniquement | 76 | 45,24 |
| | | 2 | Pluriactif | 92 | 54,76 |
| Habitation en ville | Vill | 1 | Oui | 54 | 32,14 |
| | | 2 | Non | 114 | 67,86 |
| Nb. de troupeaux | Nbtrp | 1 | Un | 130 | 77,38 |
| | | 2 | Plusieurs | 38 | 22,62 |
| Nb. de visites du propriétaire en saison sèche | Vis | 1 | Tous les jours | 95 | 56,55 |
| | | 2 | Une à plusieurs fois par semaine | 34 | 20,24 |
| | | 3 | Plusieurs fois par mois | 30 | 17,86 |
| | | 4 | Plusieurs fois par saison | 9 | 5,36 |
| Nb. de bergers | Berg | 1 | Aucun | 34 | 20,24 |
| | | 2 | Un | 88 | 52,38 |
| | | 3 | Plusieurs | 46 | 27,38 |
| Statut du berger | Stberg | 1 | Famille | 64 | 38,09 |
| | | 2 | Salarié | 87 | 51,78 |
| | | 3 | Contrat | 17 | 10,12 |

Tableau I (suite)

Variables et modalités retenues dans les analyses multivariées dans les élevages camélins du sud du Maroc, et distribution des modalités

| Variable | Acronyme | Modalité | Description | Effectif | % des modalités |
|-----------------------------|----------|------------|------------------------------|----------|-----------------|
| Pouvoir de décision | Dec | 1 | Aucun | 87 | 51,78 |
| | | 2 | Alimentation | 10 | 5,95 |
| | | 3 | Divers | 71 | 42,26 |
| Origine du berger | Orig | 1 | Même origine | 95 | 56,55 |
| | | 2 | Différent | 73 | 43,45 |
| Expérience du berger | Exp | 1 | Faible | 36 | 21,43 |
| | | 2 | Moyenne | 19 | 11,31 |
| | | 3 | Elevée | 33 | 19,64 |
| | | 4 | Non renseigné | 80 | 47,62 |
| Lieu achat/vente | AV | 1 | Nomade | 11 | 6,55 |
| | | 2 | Souk | 40 | 23,81 |
| | | 3 | Souk et sur place | 40 | 23,81 |
| | | 4 | Sur place | 77 | 45,83 |
| Effectifs achetés | Ach | 1 | Non | 123 | 73,21 |
| | | 2 | Oui | 45 | 26,78 |
| Déplacements | Dep | 1 | Petit déplacement (< 100 km) | 22 | 13,09 |
| | | 2 | Même endroit | 29 | 17,26 |
| | | 3 | Grand déplacement (> 100 km) | 117 | 69,63 |
| Structure troupeau | Strp | 1 | Camelin | 143 | 85,12 |
| | | 2 | Mixte | 25 | 14,88 |
| Introduction d'animaux | Int | 1 | Non | 22 | 13,09 |
| | | 2 | Oui | 139 | 82,74 |
| | | 3 | Non renseigné | 7 | 4,17 |
| Vaccin variole | Var | 1 | Jamais | 51 | 30,36 |
| | | 2 | Occasionnellement | 39 | 23,21 |
| | | 3 | Annuellement | 73 | 43,45 |
| | | 4 | Non renseigné | 5 | 2,97 |
| Alimentation supplémentaire | Alim | 1 | Betterave + céréales | 69 | 41,07 |
| | | 2 | Céréales | 9 | 5,37 |
| | | 3 | Dattes + céréales | 10 | 5,95 |
| | | 4 | Farine + céréales | 10 | 5,95 |
| | | 5 | Luzerne + céréales | 12 | 7,14 |
| | | 6 | Mais + céréales | 11 | 6,55 |
| | | 7 | Orge | 22 | 13,09 |
| | | 8 | Rien | 25 | 14,88 |
| Bénéficiaires | Ben | 1 | Animaux faibles | 11 | 6,55 |
| | | 2 | Allaitantes | 10 | 5,95 |
| | | 3 | Gestantes | 5 | 2,97 |
| | | 4 | Mâles | 5 | 2,97 |
| | | 5 | Non renseigné | 25 | 14,88 |
| | | 6 | Tous | 112 | 66,66 |
| Médicaments | Med | 1 | Oui | 148 | 88,09 |
| | | 2 | Non | 20 | 11,90 |
| Province | Prov | Boujdour | | 20 | 11,90 |
| | | Dakhla | | 52 | 30,95 |
| | | Essaouira | | 10 | 5,95 |
| | | Guelmim | | 12 | 7,14 |
| | | Laâyoune | | 19 | 11,31 |
| | | Ouarzazate | | 14 | 8,33 |
| | | Smara | | 12 | 7,14 |
| | | Tan-Tan | | 19 | 11,31 |
| | | Tata | | 10 | 5,95 |

les troupeaux n'ont pas été introduites dans les variables destinées à l'analyse multivariée. Elles ont été mobilisées pour la description de l'échantillon dans son ensemble.

Analyse statistique

L'analyse typologique s'est appuyée sur les analyses multivariées classiques impliquant : a) le choix des variables actives et supplémentaires, b) une première analyse factorielle des correspondances multiples (AFCM) afin de tester les relations entre variables, c) une classification ascendante hiérarchique (CAH) permettant d'identifier les groupes d'élevages homogènes, et d) la construction d'un tableau de contingence croisant les classes issues de la CAH et chacune des variables qualitatives afin de déterminer les variables ayant une contribution significative aux classes (test du χ^2). Les variables contribuant significativement aux classes ont permis de décrire les classes définissant les « types d'élevage ».

L'AFCM a été réalisée sur un tableau (i*j) comprenant 168 élevages camélins (i) et 20 variables actives (j), plus deux variables illustratives, à savoir la province d'origine et le statut de l'éleveur. La classification a porté sur les lignes du tableau des cinq premiers facteurs (soit 36 % de l'inertie cumulée) en utilisant la méthode d'agrégation de Ward et la distance euclidienne (Everitt et al., 2011). Le logiciel utilisé a été XLstat (Addinsoft version 2019).

■ RESULTATS

Profil des enquêtés

Sur l'ensemble de l'échantillon, près de la moitié (48,2 %) des enquêtés étaient les propriétaires du troupeau camelin, ce troupeau pouvant être divisé en plusieurs sous-ensembles. Le propriétaire pouvait soit assurer lui-même toutes les activités de gardiennage, de déplacement et d'alimentation, soit disposer d'un ou de plusieurs bergers (salarie ou membre de sa famille) aux pouvoirs de décision variables. Par ailleurs, une part importante de ces propriétaires (68 %) étaient des pluriactifs, c'est-à-dire pratiquant une autre activité que l'élevage camelin (commerce, fonction publique notamment). De plus, 73 % des propriétaires interrogés vivaient en ville, confiant leurs troupeaux à des bergers ou à un contremaître. Dans 18,4 % des cas, l'enquêté était un contremaître, donc *a priori* avec un pouvoir de décision plus large qu'un simple berger. Enfin, un tiers des enquêtés (33,3 %) étaient des bergers. L'élevage de dromadaires est un élément de base de la culture de la population marocaine, sahraouie en particulier. Or, cette population se caractérise par son organisation tribale. Au cours de notre étude, cette information a été collectée et 52 tribus ont pu être recensées selon les origines des propriétaires avec une prédominance des tribus de Aït Lahcen, Ouled Tidarine, Ezzargui, Rguibat, Ouled Bouaïla, Laaroussine et Yegoth. Cette donnée n'a toutefois pas été intégrée dans l'analyse multivariée compte tenu du grand nombre de modalités.

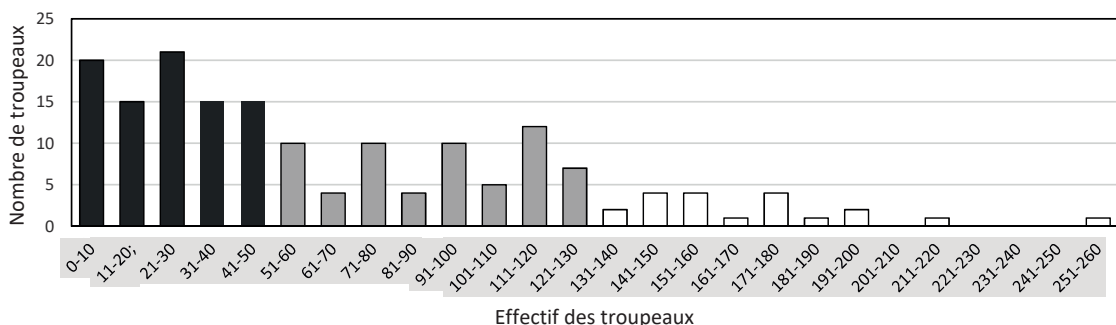


Figure 2 : répartition des troupeaux en fonction des effectifs camélins (Sud Maroc) par classe de dix têtes.

Description générale des troupeaux camélins

La taille des troupeaux étudiés a varié d'une tête à Essaouira comme minimum à 256 têtes comme maximum à Dakhla. La taille moyenne des troupeaux a été de 68 ± 54 têtes, ce qui témoignait d'une assez grande variabilité. La médiane était de 50 têtes. Cette variabilité s'avère d'abord régionale. En effet, la taille moyenne des troupeaux a varié de 8 à Essaouira à 92 à Dakhla (figure 1). Sur l'ensemble de l'échantillon, la répartition des troupeaux en fonction de leur taille a permis de faire ressortir trois groupes relativement homogènes (figure 2) : a) les petits troupeaux, avec un effectif inférieur ou égal à 50 têtes, constituant 51 % des troupeaux, b) les troupeaux de taille moyenne, de 51 à 130 têtes représentant 37 % de l'échantillonnage, et c) les grands troupeaux, dont l'effectif était compris entre 131 et 256 têtes, représentant environ 12 % des troupeaux. Cette distribution a permis de créer une variable qualitative « effectif du troupeau » (Eff) à trois modalités avec une surreprésentation des petits troupeaux.

Concernant les **écotypes** présents, dans les troupeaux, la notion de race étant peu applicable dans le cas des grands camélidés (Burger et al., 2019), la présente étude s'est appuyée sur la nomenclature proposée par le Groupe d'études et de recherches pour le développement de l'élevage camelin (Gerdec) dans les années 1990 (Ouassat et Achaa-bane, 1991). C'est ainsi que 46 % des dromadaires de l'échantillon ont été rattachés au type Marmouri, 10 % au type Guerzni, et le restant (44 %) n'a pu être affecté à un type déterminé. Le dromadaire Marmouri est un animal longiligne au poil ras de robe brun clair et avec une mamelle bien développée. A l'inverse, le dromadaire Guerzni est plutôt bréviligne, au poil plus abondant, mais sans couleur de robe très spécifique. C'est plutôt un animal de bât. Ces écotypes apparaissent cependant comme des subdivisions purement phénotypiques d'un seul génotype dit Sahraoui, largement répandu dans toute l'Afrique du Nord (Oulad Belkhir et al., 2013).

Analyses multivariées

L'AFCM a été réalisée sur la base des variables listées dans le tableau I. L'examen de l'histogramme des valeurs propres a indiqué

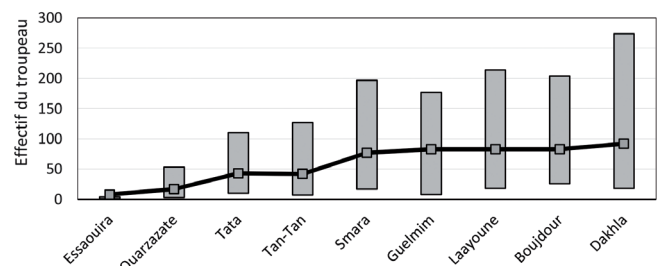


Figure 1 : moyenne (ligne) et minimum-maximum (histogramme) des effectifs des troupeaux camélins dans neuf provinces du Maroc, classés par ordre d'importance de la valeur moyenne.

un facteur F1 prépondérant exprimant 12,6 % de l'inertie totale, soit huit fois la moyenne des valeurs propres. Le second facteur (7,4 %) et le troisième facteur (6,2 %) ont été retenus dans l'interprétation des relations entre variables, les gains d'inertie avec les facteurs suivants apparaissant mineurs.

Les modalités contribuant significativement au premier facteur ont permis d'identifier une opposition nette entre : a) les éleveurs citadins avec petits troupeaux (Eff1, Met1, Vill1) dont le troupeau unique est gardé par un membre de la famille (Nbtrp1, Stberg1) et qui se déplaçait sur des distances moyennes ou courtes (Dep1, Dep2) ; ces éleveurs distribuaient des céréales en complémentation (Alim3, Alim4, Alim6) à tous les animaux (Ben6), mais n'assuraient pas de protection sanitaire

(Var1, Med2) en dépit de visites régulières du propriétaire (Vis1) ; et b) les éleveurs pastoraux pluriactifs avec grands troupeaux (Eff3, Met2, Vill2) confiant la gestion de leurs troupeaux à des bergers salariés plus ou moins expérimentés ou à des contremaîtres (Stberg2, Exp1, Exp3, Dec3), avec des troupeaux se déplaçant sur de longues distances (Dep3); la complémentation était limitée aux animaux faibles à partir des aliments disponibles (Ben1, Alim4, Alim8) ; les animaux étaient vaccinés annuellement contre la variole, et le recours aux médicaments vétérinaires était la règle (Var3, Med2). Les premiers apparaissent plutôt associés aux propriétaires des régions de Ouarzazate et d'Essaouira, les seconds étaient surtout des bergers et contremaîtres originaires de celle de Dakhla (tableau II).

Tableau II

Typologie d'élevages camélins du sud du Maroc - Valeurs-tests des contributions des modalités aux trois premiers facteurs de l'AFCM

| Modalité | F1 | F2 | F3 |
|----------|---------|---------|---------|
| Eff1 | 7,670* | 1,977* | 0,543 |
| Eff2 | 0,062 | 1,005 | -5,215* |
| Eff3 | -6,354* | -2,598* | 4,622* |
| Assoc1 | 0,237 | 2,544* | -5,858* |
| Assoc2 | -0,237 | -2,544* | 5,858* |
| Mét1 | 5,890* | -4,848* | -2,256* |
| Mét2 | -5,890* | 4,848* | 2,256* |
| Vill1 | 4,155* | -1,426 | -1,200 |
| Vill2 | -4,155* | 1,426 | 1,200 |
| Nbtrp1 | 2,580* | 2,347* | -2,377* |
| Nbtrp2 | -2,580* | -2,347* | 2,377* |
| Vis1 | 7,303* | -1,433 | -0,511 |
| Vis2 | -2,135* | -0,637 | 1,561 |
| Vis3 | -5,787* | 2,122* | -1,369 |
| Vis4 | -2,424* | 0,680 | 0,667 |
| Berg1 | 7,547* | -3,309* | -4,372* |
| Berg2 | -5,070* | 5,088* | -0,793 |
| Berg3 | -1,122 | -2,717* | 4,827* |
| Stberg1 | 8,093* | -3,551* | -4,962* |
| Stberg2 | -7,338* | 6,295* | 1,226 |
| Stberg3 | -0,874 | -4,712* | 5,958* |
| Dec1 | 1,257 | -1,440 | -4,536* |
| Dec2 | 5,876* | 9,479* | 3,727* |
| Dec3 | -4,087* | -3,083* | 2,803* |
| Orig1 | 9,985* | -2,482* | -1,234 |
| Orig2 | -9,985* | 2,482* | 1,234 |
| Exp1 | -4,937* | 1,608 | -2,370* |
| Exp2 | -2,100* | -1,377 | 2,302* |
| Exp3 | -3,639* | -1,098 | 3,007* |
| Exp4 | 8,283* | 0,425 | -1,904 |
| AV1 | 6,228* | 9,301* | 3,579* |
| AV2 | 3,898* | -4,237* | 2,409* |
| AV3 | 2,584* | -4,801* | -2,953* |
| AV4 | -8,632* | 3,108* | -1,312 |
| Ach1 | -2,258* | 3,225* | -5,047* |
| Ach2 | 2,258* | -3,225* | 5,047* |
| Dep1 | 2,478* | -2,399* | -2,217* |
| Dep2 | 8,591* | 4,624* | 2,042* |
| Dep3 | -8,879* | -2,040* | -0,052 |

| Modalité | F1 | F2 | F3 |
|----------------------------------|---------|---------|---------|
| Strp1 | -0,276 | 1,419 | 4,391* |
| Strp2 | 0,276 | -1,419 | -4,391* |
| Int1 | -3,534* | 1,667 | -1,929 |
| Int2 | 2,201* | 0,170 | 1,835 |
| Int3 | 1,803 | -3,136* | -0,214 |
| Var1 | 7,629* | 3,990* | -2,424* |
| Var2 | 1,336 | -6,306* | 4,359* |
| Var3 | -8,489* | 1,942 | -1,284 |
| Var4 | 0,800 | -0,792 | -0,525 |
| Alim1 | -2,244* | -2,769* | 1,002 |
| Alim2 | 0,901 | -3,762* | 2,301* |
| Alim3 | 5,277* | 8,446* | 3,137* |
| Alim4 | -3,409* | 1,577 | 2,617* |
| Alim5 | 2,971* | 0,022 | 1,922 |
| Alim6 | 3,832* | -0,012 | -1,492 |
| Alim7 | -0,673 | -1,456 | 0,571 |
| Alim8 | -2,887* | 0,917 | -7,561* |
| Ben1 | -3,491* | 1,668 | -1,050 |
| Ben2 | -0,090 | -1,233 | -2,101* |
| Ben3 | -1,170 | -0,472 | 0,937 |
| Ben4 | -2,237* | 2,036* | -0,643 |
| Ben5 | -2,887* | 0,917 | -7,561* |
| Ben6 | 5,285* | -1,513 | 7,207* |
| Med1 | -2,907* | 2,332* | -0,353 |
| Med2 | 2,907* | -2,332* | 0,353 |
| Variables supplémentaires | | | |
| Pers.1 | 6,455* | -2,926* | -1,412 |
| Pers.2 | -2,289* | 2,038* | 1,443 |
| Pers.3 | -4,959* | 1,424 | 0,310 |
| Boujdour | -1,601 | -0,943 | -0,505 |
| Dakhla | -9,245* | 4,658* | -1,779 |
| Essaouira | 5,011* | -0,538 | -1,515 |
| Guelmim | 1,279 | -4,325* | 2,890* |
| Laâyoune | 0,328 | -3,873* | 3,718* |
| Ouarzazate | 6,313* | 8,505* | 3,481* |
| Smara | 0,315 | -1,736 | -2,804* |
| Tan-Tan | 2,962* | -3,218* | -1,425 |
| Tata | 1,729 | -1,117 | -1,548 |

AFCM : analyse factorielle des correspondances multiples ; * p < 0,05

Le second facteur faisait surtout ressortir les variables liées à la commercialisation et à certaines formes de complémentation alimentaire. C'est ainsi que les éleveurs pratiquant l'achat d'animaux directement chez les nomades (AV1) s'opposaient à ceux qui pratiquaient les achats dans les souks ou sur place (AV2 et AV3) ; les premiers n'étaient pas vendeurs (Ach1), contrairement aux seconds (Ach2) ; les premiers supplémentent avec des dattes et des céréales, les seconds distribuaient des betteraves et des céréales (Alim1, Alim2). Les premiers étaient plutôt originaires de la province de Ouarzazate, et les seconds se localisaient plutôt dans les provinces de Guelmim, Tan-Tan et Laâyoune.

Le troisième facteur était structuré autour de l'opposition entre a) les éleveurs chameliers spécialisés (Strp1) disposant d'un berger salarié (Stberg3) avec pouvoir de décision (Dec2, Dec3) pratiquant une complémentation alimentaire diversifiée à tous les animaux (Ben6), et b) les éleveurs de troupeaux pluriespèces (Strp2) sans berger extérieur à la famille (Berg1, Stberg1), ou ne disposant pas de pouvoir de décision (Dec1) et pratiquant une supplémentation alimentaire mal définie (Alim8, Ben5). Leur répartition géographique était plus diffuse, mais les premiers provenaient plutôt de Laâyoune et de Guelmim, et les seconds plutôt de Smara. Il y avait globalement une distribution régionale marquée avec notamment une nette différence entre les élevages de la région de Ouarzazate et ceux de Dakhla (figure 3).

L'étape suivante de l'analyse basée sur le regroupement des élevages selon leur ressemblance a permis d'identifier quatre groupes bien distincts (décrits ci-après), comme l'indique l'arbre de classification (figure 4), avec une variance interclasses de 53,2 %.

Le type 1, les « Eleveurs de grands troupeaux », le plus souvent vivant dans le désert, était le groupe comprenant le plus d'éleveurs (n = 67 soit près de 40 %). Ces derniers pouvaient disposer d'associés et de bergers salariés expérimentés provenant de la région. Le propriétaire achetait des animaux pour accroître son cheptel en se les procurant plutôt au souk. Concernant les déplacements, le groupe était hétérogène pratiquant une mobilité sur de courtes ou de longues distances. Le chamelier vaccinait ses animaux occasionnellement et distribuait à tous les animaux un complément alimentaire à base de pulpe de betterave et de céréales. Ces chameliers, majoritairement des provinces de Tan-Tan, Boudjour et Guelmim, accessoirement de Laâyoune, étaient des *éleveurs chameliers* de grands troupeaux,

pratiquant un élevage traditionnel et prenant soin des animaux, dont la vocation est laitière.

Le type 2, « Eleveurs familiaux avec petits troupeaux » (n = 37 soit 22 % des éleveurs). Ces éleveurs ne faisaient pas toujours appel à des bergers, ou alors à des membres de la famille, souvent habitant en ville. Ils pratiquaient des déplacements sur de faibles ou moyennes distances et vendaient leurs animaux au souk. Les animaux n'étaient pas vaccinés et la supplémentation destinée à toutes les catégories d'animaux contenait des dattes et des céréales, parfois de la luzerne et du maïs. Ces chameliers en provenance surtout de Ouarzazate, de Tata et d'Essaouira étaient des *éleveurs familiaux* en majorité citadins n'ayant pas d'autre activité que l'élevage et possédaient un petit troupeau.

Le type 3, « Eleveurs pluriactifs », en majorité n'habitait cependant pas en ville. C'était le groupe le moins nombreux (n = 22 soit 13 %). Ces éleveurs recrutaient des bergers salariés ou un contremaître qui se déplaçaient sur de longues distances avec les dromadaires. Les animaux étaient vaccinés annuellement. La supplémentation, contenant surtout de la pulpe de betterave et des céréales, n'était distribuée qu'aux animaux les plus faibles et parfois aux chammelles allaitantes ou gestantes. Ces éleveurs étaient plutôt originaires de Boudjour, Tata, Laâyoune ou Smara. Ils étaient pluriactifs et relativement opportunistes sur la gestion de leur troupeau en termes de délégation de pouvoir de décision et de complémentation des animaux.

Le type 4, « Eleveurs chameliers parfois pluriactifs ayant un troupeau de taille moyenne » (n = 42, soit 25 % des éleveurs). Ces éleveurs vivaient dans le désert, généralement associé à d'autres. Le troupeau était géré par un seul berger originaire de l'extérieur de la province, mais ayant un large pouvoir décisionnel même si le propriétaire était souvent présent. Les troupeaux effectuaient de longs déplacements et étaient en général vaccinés annuellement contre la variole cameline. Il n'y avait pas eu d'achats récents d'animaux et ces éleveurs commerçaient en dehors des souks. La supplémentation était à base d'orge et de divers sous-produits destinés surtout aux dromadaires mâles, mais dans un certain nombre de cas il n'y avait pas de supplémentation. Ces chameliers étaient surtout originaires de Dakhla et dans une moindre mesure de Smara et Laâyoune. Ils étaient parfois pluriactifs, sous-traitant leur activité d'élevage, avec une intégration au marché relativement faible.

Les variables « nombre de troupeaux », « structure du troupeau », « introduction des animaux », et « médicaments » n'ont pas contribué

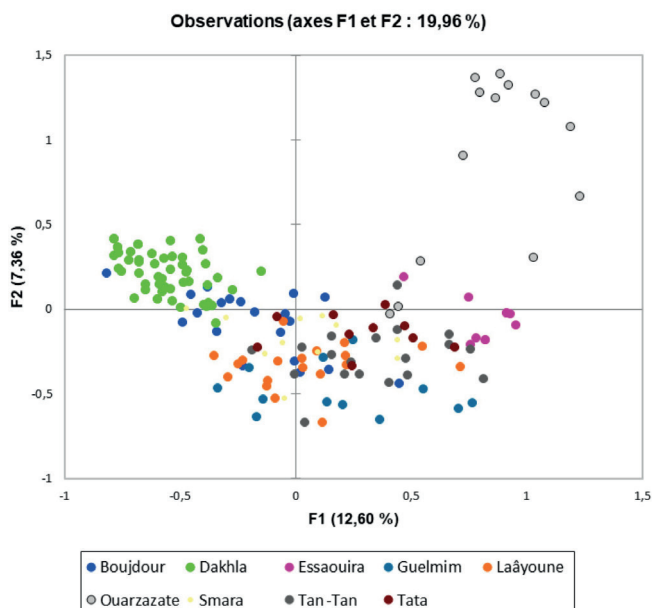


Figure 3 : répartition des élevages camélins (Sud Maroc) dans le plan factoriel (1,2), identifiés selon leur localisation provinciale.

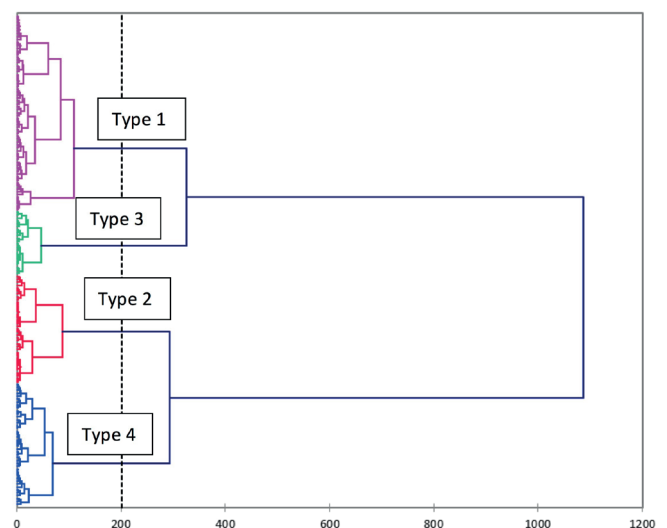


Figure 4 : arbre de classification des 168 élevages camélins enquêtés dans les provinces du sud du Maroc.

significativement à la constitution des types d'élevage. Le lien entre les classes ainsi identifiées et les provinces d'origine peut être visualisé dans un tableau de contingence croisant ces deux variables illustrant la répartition géographique des types d'élevage (tableau III).

■ DISCUSSION

Il existe peu de données sur les systèmes d'élevage camélins présents en Afrique du Nord, notamment au Maroc. Des typologies d'élevage sont disponibles en Algérie (Adamou, 2008 ; Bedda et al., 2015), en Tunisie (Salmi et al., 2016) et pour les parties sahariennes du Maroc (Faye et al., 2014). Les données relatives aux systèmes de production camélins dans les provinces du sud du Maroc sont rares et les études n'ont été réalisées que sur quelques troupeaux et dans la seule région de Laâyoune (Michel et al., 1997).

Le présent travail est le résultat d'une enquête réalisée dans les neuf provinces situées au sud du Maroc, où se concentre 75 % du cheptel camelin national des dromadaires. Les rubriques abordées dans le questionnaire constituent une partie des critères habituellement utilisés pour définir les systèmes d'élevage pastoraux dans cette région. En effet, selon Faye et al. (2014), la taille des troupeaux, le degré de mobilité, le degré d'intensification alimentaire, le mode de gardiennage et le degré d'intégration marchande renseignent le gradient d'intensification que l'on peut observer dans ces systèmes. Toutefois, notre questionnaire n'a pas abordé les pratiques liées à la production (traite, reproduction), à la gestion des effectifs (réforme, entrées-sorties) ni aux performances zootechniques, ce qui constitue de fait la limite de l'enquête. La collecte de telles données aurait nécessité des suivis (enquêtes longitudinales) plus difficiles et plus coûteux à mettre en place. Il aurait été possible cependant de disposer de données quantitatives déclaratives (volumes de vente, quantités de lait produit), mais leur fiabilité est souvent discutable (Faye et al., 1994).

Taille des troupeaux

Dans l'étude de Michel et al. (1997) dans la province de Laâyoune, les observations portent sur 170 éleveurs représentant 12 000 dromadaires (soit 44 % des dromadaires recensés). Dans cette étude, la taille des troupeaux camélins est comprise entre 2 et 900 dromadaires

(79 ± 106 animaux par troupeau en moyenne, avec une médiane également de 50 individus), soit des chiffres assez comparables à ceux observés dans notre échantillonnage géographique élargi. Toutefois, la distribution des effectifs entre petits, moyens et grands troupeaux diffère sensiblement de celle observée dans notre étude. En effet, plus de 50 % des troupeaux de la région de Laâyoune comptent entre 20 et 95 dromadaires.

Propriétaires citadins et bergers sur les parcours

Dans notre étude, les types se distinguaient nettement sur l'urbanité ou non du propriétaire. Ainsi, 55 % des éleveurs du type 2 étaient des citadins. Dans l'étude de Michel et al. (1997) ciblée sur la seule région de Laâyoune, cette proportion est de 25 %, et la fréquence de leurs visites au troupeau est extrêmement variable. Il s'agit d'un phénomène que l'on retrouve ailleurs dans les pays du golfe (Abdallah et Faye, 2013) ; il est souvent associé à la multiactivité des propriétaires (Faye, 2016) ainsi qu'au mode de vie des éleveurs qui a évolué avec une tendance à la sédentarisation en substitution du déplacement avec la famille sur les parcours où les conditions de confort sont réduites.

Cette observation a été faite également chez les éleveurs de dromadaires en Algérie. En effet, Titaouine et al. (2015) rapportent que le lieu de résidence des éleveurs confirme la tendance actuelle vers la sédentarisation en milieu urbain ou au village puisque plus de 61 % d'entre eux partagent leur vie entre le village et leur tribu tandis que 16,6 % sont résidents dans leur village. La tendance à la « périurbanisation » de l'élevage camelin est attestée, notamment autour des agglomérations oasiennes, dans l'ensemble saharien et sahélo-saharien (Faye et al., 2017).

Ce changement dans le mode de vie des éleveurs chameliers explique que, dans notre étude, les troupeaux étaient dans 61 % des cas sous la responsabilité d'un berger ou d'un contremaître, conformément aux observations faites vingt ans plus tôt (Michel et al., 1997). Notons que dans le Sud Est algérien, le nombre de bergers ne représente que 5 % du nombre total d'éleveurs enquêtés par Titaouine et al. (2015) du fait des difficultés à trouver des bergers de confiance, obligeant le propriétaire à assumer les tâches de gardiennage. Cette contrainte pourrait, par ailleurs, expliquer la pratique courante en Algérie de la divagation (troupeau sans gardiennage) qui porte le nom de *hmil*

Tableau III

Distribution des types d'élevage camélins dans les différentes provinces du sud du Maroc

| Province | Type 1 Éleveurs de grands troupeaux | Type 2 Éleveurs familiaux citadins | Type 3 Éleveurs pluriactifs | Type 4 Éleveurs sous-traitants | Total |
|------------|--|---------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-------|
| Boujdour | 65,0 | 5,0 | 15,0 | 15,0 | 100 |
| Dakhla | 36,5 | 0,0 | 21,2 | 42,3 | 100 |
| Essaouira | 0,0 | 100,0 | 0,0 | 0,0 | 100 |
| Guelmim | 75,0 | 16,7 | 0,0 | 8,3 | 100 |
| Laâyoune | 42,1 | 15,8 | 0,0 | 42,1 | 100 |
| Ouarzazate | 7,1 | 92,9 | 0,0 | 0,0 | 100 |
| Smara | 25,0 | 16,7 | 25,0 | 33,3 | 100 |
| Tan-Tan | 73,7 | 0,0 | 10,5 | 15,8 | 100 |
| Tata | 0,0 | 60,0 | 30,0 | 10,0 | 100 |
| Total | 39,9 | 22,0 | 13,1 | 25,0 | 100 |

Les chiffres en caractère gras sont significativement supérieurs et ceux en italiques significativement inférieurs (test du χ^2 , $p < 0,05$)

(Faye et al., 2014 ; Bedda et al., 2015), pratique apparemment peu présente au Maroc.

Origine tribale des éleveurs et stratégie de déplacement des dromadaires

Cinquante-deux tribus ont été recensées au cours de cette étude ce qui représente un nombre important. Cela peut s'expliquer par le fait que, quelle que soit l'appartenance tribale des éleveurs, l'élevage des dromadaires au Maroc constitue une composante essentielle du mode de vie de la population sahraouie. Posséder un troupeau camelin est signe de notoriété dans la société et de fierté pour les éleveurs. Toutes les tribus sont plus ou moins impliquées dans cet élevage.

La mobilité des troupeaux de dromadaires est une donnée essentielle de la capacité des éleveurs à gérer les espaces pastoraux marqués par la rareté des ressources, comme cela a été décrit pour d'autres espèces (Butt et al., 2009). Dans notre échantillon, seuls 18 % des troupeaux étaient sédentarisés. Ces animaux étaient utilisés en zones périurbaines, voire urbaines, soit pour assurer l'approvisionnement en lait des centres urbains comme cela a déjà été décrit au Maroc ou dans d'autres régions d'Afrique (Faye et al., 2003), soit uniquement à des fins de loisir dans les zones touristiques.

Pratiques sanitaires

Notre étude s'est limitée au relevé d'informations sur la vaccination antivariolique et contre l'ecthyma contagieux, ces maladies constituant une contrainte récurrente dans le sud du Maroc (El-Harrak et Loufti, 2000), ce qui expliquait le taux relativement élevé d'éleveurs pratiquant annuellement ou occasionnellement cette prévention (67 % au total). En revanche, si 85 % des éleveurs ne faisaient pas appel à un médecin vétérinaire, c'est que l'usage de la pharmacopée traditionnelle reste prépondérant dans le milieu des chameliers (Antoine-Moussiaux et al., 2007 ; Bornstein et Younan, 2013). Les conduites relatives aux bonnes pratiques prophylactiques telles que l'isolement des dromadaires malades ou la mise en quarantaine des animaux nouvellement acquis avant de les mettre en contact avec les dromadaires du troupeau sont quasi absentes chez les éleveurs chameliers au Maroc (Michel et al., 1997).

Pratiques de supplémentation

Les pratiques de supplémentation alimentaire s'appuient généralement sur diverses considérations que nous pouvons résumer en trois points : a) la supplémentation dépend de la disponibilité de sous-produits à des prix attractifs, b) elle s'impose en cas de contraintes fortes sur les ressources pastorales naturelles (déficit pluviométrique par exemple), et c) elle est encouragée en cas d'opportunité de vente du lait, donc pour augmenter la productivité des chamelles en lactation. Ces trois considérations induisent des stratégies diverses qui peuvent varier dans le temps.

En conséquence, des stratégies étaient différentes selon le type d'élevage. Les éleveurs sédentarisés autour des villes privilégient la supplémentation des laitières avec, si possible, les produits subventionnés (comme cela a été le cas de la pulpe de betterave dans le Sud marocain) alors que les éleveurs mobiles se focalisaient sur les animaux les plus vulnérables en saison sèche ou sur l'ensemble du troupeau, en cas de déficit pluviométrique, avec le disponible local (paille, écart de dattes) ou provenant des provinces du nord (céréales, maïs).

Typologie des élevages

Notre étude a permis de distinguer quatre types d'élevage en prenant en compte l'ensemble des critères descriptifs (taille du troupeau, statut et responsabilité du berger, supplémentation alimentaire, pratiques

sanitaires, mobilité des troupeaux). Les types qui ressortaient de la classification automatique semblaient très liés à une variabilité inter-régionale des systèmes d'élevage camélins comme l'indique le positionnement des provinces (variables supplémentaires) sur l'espace factoriel principal (figure 3) et le tableau de contingence croisant types d'élevage et province d'origine (tableau III).

Dans leur étude réalisée en Algérie, Harek et Bouhadad (2008) ont établi une « typologie structurelle » identifiant quatre modes d'élevage : les transhumants (20 %), les semi-transhumants (21 %), les semi-sédentaires (18 %) et les sédentaires (21 %). Le critère de mobilité des troupeaux camélins apparaît déterminant pour expliquer les types identifiés par classification automatique.

Cependant, une catégorisation des éleveurs sur ce seul critère apparaît de moins en moins pertinente. En effet, les éleveurs camélins s'adaptent à la fois aux nouveaux contextes climatiques et économiques par une tendance à la périurbanisation d'une partie du troupeau seulement comme évoqué plus haut, à des mobilités opportunistes, à une différenciation dans les lieux de vie et à une multiactivité afin de diversifier les sources de revenus (Correra et al., 2009).

Notre typologie indique en effet que la taille des troupeaux et leur mobilité n'étaient pas les seuls déterminants de la construction des types. L'organisation des hommes autour du troupeau est également un critère structurant (Michel et al., 1997). La multiactivité ou non du propriétaire, sa localisation (en ville ou non), la présence du ou des bergers, leur pouvoir plus ou moins autonome de décision, leur statut et leur proximité familiale avec le propriétaire, sont des critères qui peuvent permettre de comprendre le degré d'implication du propriétaire dans la conduite du troupeau et la délégation de sa gestion.

L'organisation des hommes autour du troupeau camelin fait apparaître une diversité d'objectifs des éleveurs et révèle une certaine mutation de l'élevage camelin (Breulmann et al., 2007). Les éleveurs ont en effet su s'adapter (contraintes climatiques, raréfaction des ressources naturelles, opportunités commerciales...) et profiter de nouvelles technologies telles que la téléphonie mobile. La sédentarisation partielle, transitoire ou définitive des éleveurs camélins (Faye, 2018) a fait évoluer leurs pratiques, leur organisation et leur rapport à l'espace en modulant leur mobilité, raccourcissant les distances à parcourir et les délais de réaction. Ainsi, grâce à la téléphonie mobile, les éleveurs peuvent rapidement connaître les événements qui ont lieu dans leurs troupeaux et réagir vite, mais ils peuvent aussi se permettre d'exercer d'autres activités en confiant la gestion journalière du troupeau à un berger, ou la responsabilité de la gestion de l'élevage à un contremaître (Michel et al., 1997).

Dans l'étude réalisée dans la zone périurbaine d'Agadez au Niger, Chaibou et Faye (2005) montrent que le critère le plus discriminant pour caractériser des systèmes camélins est la mobilité des troupeaux et les pratiques de complémentation. Ainsi, deux modes de conduite d'élevage existent sur la base du type de mobilité : transhumance en saison des pluies ou vrai nomadisme basé sur des mobilités incessantes ; cependant, un troisième mode semble émerger. Ce dernier concerne des éleveurs installés en zone périurbaine, pratiquant un système semi-intensif utilisant notamment des concentrés en complémentation et une mobilité réduite afin de répondre à l'approvisionnement de la ville d'Agadez en lait de chamelle (Faye et al., 2015). Le changement de régime de mobilité des troupeaux entraîne un changement des pratiques d'alimentation des animaux (Chaibou et Faye, 2005).

■ CONCLUSION

En dépit de la tradition nomade associée à l'élevage camelin, l'analyse des systèmes d'élevage camélins dans le sud du Maroc

indique deux grandes tendances et un constat : a) une tendance à la sédentarisation, notamment vers les zones urbaines ou périurbaines pour répondre à la demande croissante en produits camélins (lait et viande) ; b) une tendance vers une gestion sous-traitante de la part des grands éleveurs par un transfert du pouvoir de décision vers les bergers et les contremaîtres ; et c) la faible implication des éleveurs dans les recommandations pratiques concernant les mesures prophylactiques, le recours à l'automédication témoignant du faible taux d'appel aux compétences vétérinaires dans tous les types d'élevage camelin.

Notre étude portant sur un échantillon géographique élargi à l'échelle du Maroc a permis d'appréhender la diversité spatiale des systèmes d'élevage camelin. Toutefois, des études complémentaires devraient être mises en œuvre sur la mobilité des troupeaux (ampleur, saisonnalité, localisation), notamment pour mieux aménager les parcours et instaurer les mesures prophylactiques nécessaires aux lieux de concentration des animaux. Il s'agirait aussi de mieux évaluer le potentiel de valorisation économique des produits camélins, l'une des principales contraintes au Maroc étant l'éloignement des lieux de production, concentrés au Sud, des centres de consommation, situés au Nord.

REFERENCES

- Abdallah H.R., Faye B., 2013. Typology of camel farming system in Saudi Arabia. *Emir. J. Food Agric.*, **25** (4): 250-260, doi : 10.9755/ejfav25i4.15491
- Adamou A., 2008. L'élevage camelin en Algérie : quel type pour quel avenir ? *Sécheresse*, **19** (4) : 253-260, doi : 10.1684/sec.2008.0149
- Antoine-Moussiaux N., Faye B., Vias G.F., 2007. Tuareg ethnoveterinary treatments of camel diseases in Agadez area (Niger). *Trop. Anim. Health Prod.*, **39**: 83-89, doi : 10.1007/s11250-007-4404-1
- Bedda H., Adamou A., Babelhadj B., 2015. Systèmes de production camélins au Sahara algérien : cas de la région de Ouargla. *Algerian J. Arid Environ.*, **5** (1) : 115-127, doi : 10.12816/0045912
- Bornstein S., Younan M., 2013. Significant veterinary research on the dromedary camels of Kenya: Past and Present. *J. Camelid Sci.*, **6**: 1-48
- Breulmann M., Boer B., Wernery U., Wernery R., El-Shaer H., Alhadrami G., Gallacher D., et al., 2007. The camel, from tradition to modern times. Unesco, Doha, Qatar
- Burger P., Ciani E., Faye B., 2019. Old world camels in a modern world – A balancing act between conservation and genetic improvement. *Anim. Genet. (Immunogenet., Mol. Genet. & Function. Genom.)*, 1-15, doi: 10.1111/age.12858
- Butt B., Shortridge R., Winklerprins A., 2009. Pastoral herd management, drought coping strategies, and cattle mobility in Southern Kenya. *Ann. Amer. Assoc. Geograph.*, **99** (2): 309-334, doi: 10.1080/00045600802685895
- Chaibou M., Faye B., 2005. Herding strategies of camel husbandry in Agadez suburban area in Niger. Typological survey. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **58** (4): 273-283, doi: 10.19182/remvt.9922
- Correra A., Lefeuvre J.C., Faye B., 2009. Organisation spatiale et stratégie d'adaptation des nomades du parc national du Banc d'Arguin à la sécheresse. *Sécheresse*, **19** (4) : 245-251, doi: 10.1684/sec.2008.0150
- El Abrak A., 2000. Encadrement sanitaire du cheptel camelin au Maroc. In : Maladies parasitaires et infectieuses du dromadaire (Ed. Dakkak A.). Actes Editions, Rabat, Maroc, 9 -14
- El-Harrak M., Loufti C., 2000. Camel pox in the calf in Morocco. Identification of the isolated virus. Development and application to prophylaxis. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **53** (2): 165-167, doi: 10.19182/remvt.9745
- Everitt B., Landau S., Leese M., Stahl D. (Coord.), 2011. Cluster analysis, 5th Edn, Wiley, New York, USA, 330 p. (Ser. Probability and Statistics)
- Faye B., 2016. Des dromadaires et des hommes au Moyen-Orient : Identité et modernité. *Anthropol. Middle East*, **11** (1) : 51-65, doi : 10.3167/ame.2016.110106
- Faye B., 2018. What future for camel pastoralism in the world? In: 5th Conf. ISOCARD Recent advances in camelids biology, health and Production, Laayoune, Morocco, 12-15 Nov. 2018, 32-38
- Faye B., Bengoumi M., Barkat A., 2003. Le développement des systèmes caméliens laitiers péri-urbains en Afrique. In : Atelier Int. Lait de chamelle en Afrique. FAO-Cirad-Karkara, Niamey, Niger, 5-8 nov. 2003, 115-125
- Faye B., Chaibou M., Vias-Franck S.G., 2015. Adaptation of the pastoral farming systems: the example of the periurban dairy camel breeders in the area of Agadez (Niger). In: 4th Conf. ISOCARD Silk Road Camel: The Camelids, Main Stakes for Sustainable Development, Almaty, Kazakhstan, 8-12 June 2015, 315-317
- Faye B., Jaouad M., Bhrawi K., Senoussi A., Bengoumi M., 2014. Camel farming in North Africa: Current state and prospects. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.* **67** (4): 213-221, doi :10.19182/remvt.20563
- Faye B., Lefèvre P.C., Lancelot R., Quirin R., 1994. Ecopathologie animale: méthodologie; applications en milieu tropical. INRA CIRAD, Versailles, France, 119 p.
- Faye B., Senoussi H., Jaouad M., 2017. Le dromadaire et l'oasis : du caravansérail à l'élevage périurbain. *Cah. Agric.*, **26** (1), doi: 10.1051/cagri/2017005
- Harek D., Bouhadad R., 2008. La diversité des élevages camélins dans la région du Hoggar (Wilaya de Tamanrasset). In : Colloq. Int. Développement durable des productions animales : enjeux, évaluation et perspectives, Alger, Algérie, 30 nov. 2013, 20-21
- Michel J.F., Bengoumi M., Bonnet P., Hidane K., Zro K., Faye B., 1997. Typology of dromedary production systems in Laayoune province, Morocco. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **50** (4): 313-32, doi : 10.19182/remvt.9563
- Ouassat M., Achaabane R., 1991. Identification des principales races camelines. In : « Etudes et recherches appliquées sur l'élevage camelin. Rapport de synthèse. Gerdec, Rabat, Maroc, 1-12
- 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: 10.9755/ejfa.v25i3.15457
- Salmi Ch., Jaouad M., Faye B., Haouat F., 2016. Typologie des éleveurs camelin au sud-est tunisien en vue de leurs performances économiques. In : Actes Colloq. Développement socio-économique et dynamique des sociétés rurales : Pluralité d'acteurs, gestion des ressources et développement Territorial, Zarzis, Tunisie, 3-5 mai 2016. *Rev. Régions Arides* **44** (1) : 209-214
- Titouine M., Mohamdi H., Deghnoche K., 2015. Diagnostic de la situation des éleveurs de dromadaire dans le Sud-Est algérien (la Willaya d'El-Oued, Algérie). *Rencontres Rech. Rumin.*, 22-364

Remerciements

Cette étude a été réalisée et financée dans le cadre du projet PRAD n° 16867 intitulé « Pathologies cutanées et métabolisme minéral chez le dromadaire ». Nos remerciements vont aux services vétérinaires marocains au niveau central, régional et local pour leur support technique au cours de la réalisation de cette étude ainsi qu'à S. Messad et X. Juanès du Cirad, Montpellier, France, pour leur soutien et assistance. A cela s'ajoutent nos remerciements aux relecteurs anonymes qui ont permis d'améliorer la présente publication

Déclaration des contributions des auteurs

AK a réalisé l'étude sur le terrain, les analyses statistiques et rédigé la première version de l'article ; BF a rédigé la seconde version de l'article, élaboré tous les graphiques et précisé les interprétations des analyses statistiques ; NST a contribué à la planification de l'étude ; MB a contribué à la révision critique du manuscrit ; tous les auteurs autorisent la soumission de la version finale en vue de sa publication

Conflits d'intérêts

L'étude a été réalisée sans aucun conflit d'intérêts.

Summary

Kamili A., Faye B., Tligui N.S., Bengoumi M. Typology of camel farming systems in the south of Morocco

Although the national authorities under the Green Morocco Plan support camel farming, it is still relatively poorly known in Morocco. The objective of this study was to provide a description of the types of camel farms in a large portion of the southern part of the country, characterized by its high concentration of camel farms. To do this, as part of a sanitary survey, 168 camel farmers from nine provinces of the south of Morocco were interviewed on their production systems. The 168 camel herds represented 11,426 camels, i.e. about 10% of the camel population in the area. Finally, a data table including 168 camel farms described by twenty active variables (size and structure of the herd, management organization and decision-making power, importance of mobility, marketing, feed supplementation practices and health prevention) and two illustrative variables (status and region of origin of the respondent) were subjected to a multivariate analysis (multiple correspondence analysis and automatic classification). The analysis identified four breeder types: i) breeders with large traditional dairy herds, ii) urban farmers with small herds, iii) opportunistic multiactive breeders, and iv) breeders with occasional multiactivity, low market integration, and subcontracting their camel farming activity. This typology appears to be very closely related to the breeders' region of origin, showing some regional specificity.

Keywords: *Camelus dromedarius*, typology, animal husbandry, livestock management, Morocco

Resumen

Kamili A., Faye B., Tligui N.S., Bengoumi M. Tipología de los sistemas de cría de camellos en el sur de Marruecos

A pesar de contar con el apoyo de las autoridades nacionales en el marco del Plan Marruecos Verde, la cría de camellos en Marruecos es aún relativamente desconocida. El presente estudio tuvo por objetivo obtener una descripción de los tipos de cría de camellos en una vasta porción del sur del país, caracterizada por su gran concentración de fincas de camellos. Para esto, en el marco de una encuesta sanitaria, se entrevistaron 168 criadores de camellos pertenecientes a nueve provincias del sur de Marruecos, sobre sus sistemas de producción. Los 168 hatos de camellos representaron 11 426 dromedarios, o sea aproximadamente 10% de la población de camellos de esta zona. Al finalizar, un cuadro incluyendo 168 criaderos de camellos descritos por 20 variables activas (tamaño y estructura del hato, organización de la gestión y del poder de decisión, amplitud de la movilidad, comercialización, prácticas de complementación alimenticia y de prevención sanitaria) y dos variables ilustrativas (situación del encuestado y región de origen) se sometió a un análisis multivariado (análisis de correspondencias múltiples y clasificación automática). El análisis permitió identificar cuatro tipos de criadores: a) aquellos con grandes hatos lecheros tradicionales, b) ciudadanos con pequeños hatos, c) criadores oportunistas con actividad múltiple, y d) criadores con actividad múltiple ocasional, pobremente integrados al mercado y subcontractando la actividad de cría. Esta tipología parece estar relacionada con la región de origen de los criadores, indicando una cierta especificidad regional.

Palabras clave: *Camelus dromedarius*, tipología, ganadería, manejo del ganado, Marruecos

Perception du changement climatique des éleveurs et stratégies d'adaptation aux contraintes environnementales : cas de la commune de Filingué au Niger

Harouna Abdou ^{1*} Ibrahim Adamou Karimou ²
Boureima Karimou Harouna ¹ Moussa Tahirou Zataou ¹

Mots-clés

Éleveur, adaptation aux changements climatiques, enquêtes auprès des ménages, vulnérabilité, résilience, Sahel, Niger

Submitted: 13 December 2018

Accepted: 13 April 2020

Published: 29 June 2020

DOI: 10.19182/remvt.31873

Résumé

L'objectif de l'étude était de comprendre la vulnérabilité des élevages de la commune urbaine de Filingué au Niger face aux changements environnementaux. Afin de déterminer, d'une part, la perception du changement climatique par les éleveurs et ses conséquences, d'autre part, leurs stratégies d'adaptation, 240 chefs de ménages ont été enquêtés, soit trente personnes dans chacun des huit villages sélectionnés. La méthodologie comprenait une étude exploratoire qui a permis la sélection des villages, une phase d'enquête approfondie avec l'administration des questionnaires auprès des pasteurs et agropasteurs, enfin des entretiens individuels et en groupe pour recueillir des informations complémentaires. Les résultats ont révélé que le changement climatique était perçu comme un phénomène qui affectait les pratiques d'élevage, très dépendantes de l'environnement. Les éleveurs ont noté une augmentation des températures (24 % des répondants), des épisodes de sécheresse plus longs (58 %) et une fréquence plus élevée des vents violents (18 %). Ces facteurs impactaient négativement l'activité pastorale de la commune et la rendaient très vulnérable. Pour y faire face, et notamment pour atténuer les effets de la sécheresse, les stratégies adoptées par les éleveurs incluaient le recours à la transhumance (25 %), l'achat d'aliments pour le bétail (22 %), le déstockage des animaux (15 %), et le stockage du fourrage (15 %). Les éleveurs utilisaient également un mélange de son et de glumes de mil ou de carton en cas de soudure difficile (23 %). Ces stratégies endogènes nécessitent d'être soutenues afin de les rendre plus performantes.

■ Comment citer cet article : Abdou H., Karimou I.A., Harouna B.K., Zataou M.T., 2020. Perception of climate change among Sahelian pastoralists and strategies for adapting to environmental constraints: the case of the commune of Filingué in Niger. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (2): 81-90, doi : 10.19182/remvt.31873

■ INTRODUCTION

La notion de changement climatique est définie « comme étant des changements qui sont attribués directement ou indirectement à l'activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours

des périodes comparables » (GIEC, 2007). Par ailleurs, le changement climatique et ses conséquences sont désormais reconnus comme l'un des plus grands défis de la planète (GIEC, 2007 ; Ali et al., 2011 ; Bruno, 2012 ; Cheng et al., 2014). A l'échelle mondiale, on observe une élévation de la température moyenne et une nouvelle répartition des précipitations (Bergonzini, 2004). Ces modifications impactent la biodiversité et l'on estime que 15 % à 37 % des plantes et espèces animales terrestres pourraient disparaître d'ici 2050 (Clément, 2009 ; Bader et al., 2011). Ces modifications climatiques et écologiques contribuent, à côté d'autres facteurs anthropiques (augmentation des surfaces cultivées, déforestation, etc.), à l'accroissement de la vulnérabilité des populations et notamment celles pratiquant des activités agricoles comme l'élevage, qui sont très dépendantes de leur environnement.

Au Sahel, le changement climatique impacte très sévèrement les activités agricoles et pastorales. La région a été fortement marquée par des événements climatiques extrêmes au cours des deux derniers

1. Université Boubacar BÂ de Tillabéri, Faculté des sciences agronomiques, Département des productions animales, BP 175, Tillabéri, Niger.

2. Université de Tahoua, Faculté des sciences agronomiques, Département des productions animales, Tahoua, Niger.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +227 96 03 80 18 ; +227 80 80 65 18

Email : bassarou74@gmail.com



siècles (GIEC, 2007 ; Mathieu et al., 2010 ; Hinsu, 2013 ; IRAM., 2013 ; Hiya et al., 2015). Au Burkina Faso, par exemple, Benoît (2008) identifie trois périodes remarquables depuis 1930 : la période humide (de 1930 à 1960), la période sèche dans les années 1970–1980, et la décennie 1990 à 2000, voire celle de 2000 à 2010, marquée par une légère reprise de la pluviométrie (INS-Niger, 2015 ; INS-Niger, 2018).

D'une manière générale, le changement climatique global se traduit, au niveau d'une localité, par plusieurs évolutions qui modifient les conditions de production (Degué, 2012). Ainsi, des décalages dans les calendriers climatiques, des variations dans la pluviométrie annuelle, et des périodes de sécheresse chroniques et répétitives ont été rapportés (Degué, 2012 ; Mathieu et al., 2010). De même, on observe l'apparition d'événements anormaux comme des cyclones et des températures anormalement élevées.

Pour relever ce défi majeur, il est apparu nécessaire de mettre en place des stratégies d'adaptation et de résilience à différents niveaux, de l'échelle de l'exploitation familiale à l'échelle globale en passant par les niveaux communautaire, national et régional. Le présent article discute des stratégies d'adaptation aux conditions environnementales changeantes mises en place localement par les pasteurs et agropasteurs de la commune urbaine de Filingué au Niger. En effet, il est remarqué dans cette commune une détérioration des ressources pastorales ainsi qu'une prolifération d'épizooties et des espèces non appréciées rendant l'activité pastorale très vulnérable (Hinsu, 2013 ; IRAM, 2013 ; VSF, 2015). Face à cette situation, les pasteurs et agropasteurs de cette localité ont mis en place un certain nombre de stratégies d'adaptation afin de minimiser les impacts négatifs de ce phénomène sur l'élevage. Cheik Tidjane et al. (2012) rapportent que les populations du Sahel, qui sont celles qui subissent le plus les effets du changement climatique, disposent depuis des générations « d'un capital important d'expériences, de savoirs et de connaissances pour adapter [leurs activités] dont elles dépendent pour assurer leur survie. Il est donc nécessaire, pour une réponse durable aux changements climatiques, de mobiliser également l'expertise des communautés à la base ». Cette étude a eu pour objectif d'abord de comprendre la vulnérabilité des élevages de Filingué causée par les changements environnementaux, puis d'analyser les stratégies d'adaptation développées.

■ MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude

L'étude a été conduite dans la commune urbaine de Filingué (14° 16' N ; 01° 21' E ; figure 1). Située dans la partie nord-ouest du département de Filingué (région de Tillabéri), à environ 190 kilomètres de Niamey, cette commune compte cinquante-sept villages autour de Filingué. Elle s'étend sur environ 4800 kilomètres carrés.

Trois saisons distinctes caractérisent le département de Filingué : la saison froide ne dure plus que trois mois de nos jours (de décembre à février) et la saison chaude s'étend sur les autres mois à l'exception de la saison des pluies (de juillet à septembre). Les données météorologiques révèlent des conditions climatiques caractérisées par une forte température (INS-Niger, 2015 ; INS-Niger, 2018). Selon les observations de la Direction départementale de l'agriculture (DDA) du département en 2016, le régime thermique de la région a deux maxima, le premier en avril-mai avec une moyenne mensuelle de 41 °C, le second en octobre-novembre avec une moyenne de 38 °C. Un minimum de 18 °C est observé en décembre-février qui correspond à la saison la plus froide de l'année (DDA, 2016). Une variation thermique a été constatée au cours des deux dernières années. Les maxima, qui variaient autour de 41 °C en 2016 selon la DDA/Filingué, oscillent de nos jours entre 45 °C et 48 °C. Les relevés pluviométriques du département montrent que les pluies abondantes sont concentrées sur une période relativement courte, précisément au mois d'août, avec des poches de sécheresse très fréquentes. Au cours de la décennie 2006–2016, la pluviométrie était caractérisée par un volume à la fois insuffisant et une forte variabilité dans l'espace et dans le temps (INS-Niger, 2015). Le cumul annuel enregistré était de 456 mm en 25 jours en 2006 contre 545 mm en 30 jours en 2016 (DDA, 2016). Au cours de cette décennie, les plus faibles cumuls ont été enregistrés en 2007 et 2011, respectivement avec 319 mm (en 28 jours) et 271 mm (en 19 jours). Les variations interannuelles de la pluviométrie sont aussi très marquées (DDA, 2019). Pour les années 2017, 2018 et 2019, il a été enregistré respectivement 366 mm (en 33 jours), 318 mm (en 27 jours) et 408 en 34 jours.

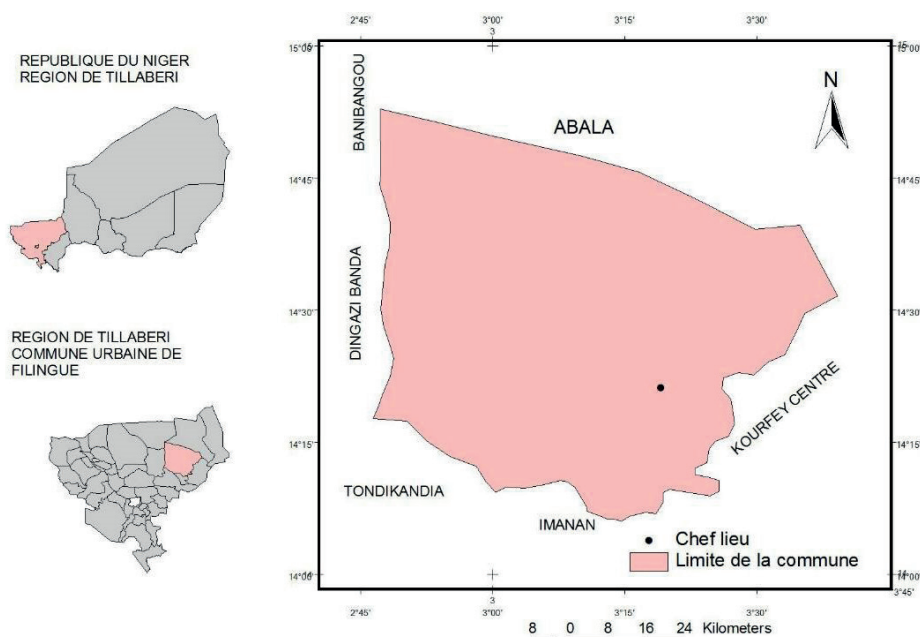


Figure 1 : carte de la commune urbaine de Filingué au Niger (DDE, 2018).

REALISATION: MAHAMADOU IBRAHIMA ABDOURAHAMANE

SOURCE DE DONNEES: AGRHYMET

A Filingué, le couvert végétal est multiforme. Il se caractérise surtout par une certaine discontinuité très remarquable sur l'ensemble de la commune. Il est très lié à la nappe phréatique et à la nature du sol. Dans la zone des plateaux, la végétation est constituée par des formations de steppe arbustive à Combretaceae (notamment *Combretum nigricans*, *Combretum micranthum*, *Guiera senegalensis*). Le couvert herbacé est composé de *Aristida mutabilis*, *A. pallida*, *Cenchrus biflorus*, *Zornia glochidiata* et *Eragrostis tremula* (DDE/SU/F, 2013). La végétation arborée des vallées est constituée par des parcs agroforestiers à *Faidherbia albida*, *Hyphaene thebaica*, *Balanites aegyptiaca*, *Acacia nilotica* et *Acacia raddiana*, et le couvert herbacé est composé de *Aristida mutabilis*, *Aristida pallida*, *Cenchrus biflorus*, *Zornia glochidiata* et *Eragrostis tremula* (DDE/SU/F, 2013). Dans la zone des plaines sablonneuses, la végétation est caractérisée par des peuplements à *F. albida*, *A. raddiana*, *B. aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiana* et *Acacia macrostachya* (DDE/SU/F, 2013). Au Niger, il existe trois principaux systèmes d'élevage adaptés aux conditions agroécologiques des zones de production : le système pastoral, le système agropastoral, et le système urbain et périurbain.

Système pastoral

Comme son nom l'indique, ce type d'élevage se pratique de manière dominante dans la zone pastorale. Selon le code rural du Niger, il s'agit de la partie du pays située au nord de la limite de la zone des cultures, c'est-à-dire au nord de l'isohyète 350 millimètres. C'est une zone aride et subaride, où l'activité agricole non irriguée est peu développée. L'alimentation des animaux est basée sur les parcours naturels et sur la mobilité des troupeaux. La transhumance y est la forme de mobilité la plus courante et est pratiquée sur des distances plus ou moins longues. On trouve aussi des élevages pratiquant le nomadisme, c'est-à-dire avec des formes de mobilité moins régulières. Il convient de noter que cette mobilité peut être interne ou transfrontalière, sur de longues distances, à la recherche de meilleures conditions d'affouragement. Les principales destinations pour la transhumance transfrontalière sont le Nigeria, le Burkina Faso, le Bénin, le Tchad, le Mali, le Togo et le Cameroun (Rhissa, 2010). Les principaux acteurs de ce système d'élevage sont les Peulhs et les Touaregs qui effectuent des mouvements saisonniers dans les directions nord-sud et sud-nord (Marichatou et al., 2005). Dans ce déplacement, il est remarqué que le cheptel est constitué de races locales endurantes à la marche. Selon les acteurs, le coût des facteurs de production (alimentation, soins vétérinaires, eau...) est relativement faible.

Système agropastoral

Dans le système agropastoral, l'élevage est pratiqué généralement sur des parcours naturels avec un troupeau (bovin, ovin, caprin) de plus petite taille. Comparé au système pastoral, il repose sur la complémentarité entre l'agriculture et l'élevage et dépend donc de manière moins exclusive des parcours naturels. Les animaux bénéficient des résidus de récoltes et certains d'une complémentation basée sur l'achat de fourrages variés comme les sous-produits agroindustriels (Adamou, 2018). Cette complémentation est sélective et concerne généralement les animaux à l'embouche ou des femelles gravides ou en lactation. Les agropasteurs sont soit des agriculteurs sédentaires qui se sont diversifiés dans l'élevage de ruminants, soit des pasteurs qui se sont diversifiés dans l'agriculture (Geesing et Djibo, 2001) suite aux sécheresses des années antérieures (1970, 1974, 1984) ou suite à des changements de stratégies individuelles pour s'adapter aux contraintes locales.

Système d'élevage urbain et périurbain

A la différence des deux précédents systèmes, le mode d'élevage urbain et périurbain repose sur une intensification des pratiques d'élevage. Selon Vias et al. (2003), le troupeau de taille restreinte est soit homogène (une seule espèce) soit hétérogène (plusieurs espèces

animales). L'élevage est parfois pratiqué en complément d'autres activités agricoles comme l'agriculture pluviale ou le maraîchage. Dans ce système, la pratique de la complémentation alimentaire occupe une grande place. Les coûts de production (notamment l'alimentation) sont ainsi plus élevés que dans les systèmes pastoraux ou agropastoraux. Certains élevages périurbains sont plus extensifs, comme les élevages peulhs localisés autour des grandes villes dans lesquels les animaux reçoivent le complément alimentaire le soir après le retour de pâturage sur les parcours naturels.

Echantillonnage et collecte des données

Pour la collecte des données, une enquête a été effectuée du 13 août au 19 septembre 2019 dans huit villages de la commune de Filingué, afin de recueillir les avis des chefs de ménages sur leurs perceptions du changement climatique, la vulnérabilité du secteur pastoral de cette commune face à ce changement ainsi que les stratégies développées par ces populations pour y faire face. Les villages retenus pour l'enquête ont été choisis sur la base de l'effectif de leur cheptel (gros et petit). La méthode utilisée pour sélectionner les personnes à interviewer a été celle du calcul des pas. Elle consiste à recenser et à numérotter tous les chefs de ménage pasteurs et agropasteurs du village, puis de les diviser par trente. Le quotient du rapport représente le pas. On tire ensuite au hasard un chiffre compris entre 1 et le chiffre obtenu suite à cette division. Le chiffre tiré représente le numéro de la première personne à enquêter, puis à chaque numéro trouvé on ajoute le chiffre obtenu suite à la division pour déterminer le prochain numéro. Ainsi, 240 personnes des deux sexes ont été interviewées (tableau I), à raison de 30 personnes par village.

Tableau I

Répartition des éleveurs selon le mode d'élevage dans huit villages de la commune urbaine de Filingué au Niger

| Village | Pasteur | Agropasteur | Total |
|---------------------------|---------|-------------|-------|
| Bada Bai | 1 | 29 | 30 |
| BakinToulou | 2 | 28 | 30 |
| Gaouna | 0 | 30 | 30 |
| Ouraparthé | 19 | 11 | 30 |
| Talcho | 1 | 29 | 30 |
| Tamagorzek | 0 | 30 | 30 |
| Tidiba | 9 | 21 | 30 |
| Yanta (quartier en ville) | 4 | 26 | 30 |
| Total | 36 | 204 | 240 |

Un questionnaire individuel d'enquête conduite en un seul passage a été soumis aux pasteurs et agropasteurs des huit villages de Filingué. Outre ce principal outil, une enquête par interview et observation directe a été conduite pour la prise en compte de certains aspects indispensables pour l'analyse, l'interprétation et les recommandations. Ainsi, des informations complémentaires ont été fournies par les encadreurs et les autres personnes ressources.

Analyse des données

Les données collectées ont été traitées avec les logiciels Excel et Spss. Excel a permis de créer les figures et les tableaux, et Spss de déterminer le nombre et la proportion des répondants pour chaque question.

■ RESULTATS

Description des systèmes pastoraux et agropastoraux

Les 240 chefs de ménages interviewés étaient âgés de 39 à 85 ans avec 15 % de pasteurs et 85 % d'agropasteurs (tableau I). Trois ethnies étaient représentées : Haoussa (82 %), Peulh (17 %) et Touareg (1 %). Trois types d'élevage ont été identifiés : semi-intensif, intensif et *ranching*.

L'élevage semi-intensif était surtout pratiqué pour l'embouche des bovins et des petits ruminants. Les animaux étaient maintenus à l'étable où ils étaient nourris avec une ration comprenant des fourrages et des concentrés (son de céréales, graines et tourteau de coton, etc.). Pour ces ménages, l'embouche constituait une véritable source de revenus. Dans notre échantillon, 85 % des ménages pratiquaient ce type d'élevage. Il s'agissait des agropasteurs, autrement dit des sédentaires, pour la plupart de l'ethnie Haoussa.

L'élevage extensif se caractérisait par la mobilité du bétail à l'intérieur du terroir. Les animaux étaient généralement sous la conduite d'un berger au pâturage. De retour la nuit au village, ils pouvaient recevoir un complément alimentaire (son, sel, etc.). Une partie des animaux était confiée aux bergers transhumants qui quittaient le terroir à la saison sèche (mars-juin) pour aller dans d'autres régions en traversant souvent les frontières du pays. Parmi les répondants, principalement constitués de nomades peulhs, 15 % pratiquaient ce type d'élevage.

Le *ranching* reposait sur l'exploitation des pâturages naturels sur un terroir circonscrit, équipé de structures hydrauliques bien réparties en vue d'une exploitation des pâturages tout au long de l'année. Ce type d'élevage était pratiqué par le ranch de la commune de Filingué, celui de Toukounous, d'une superficie de 4474 hectares. Cette structure étatique créée en 1933 avait pour mission la multiplication et la valorisation des bovins de race Azawak.

Perception paysanne du changement climatique

Température

Près du quart (24 %) des personnes interrogées ont affirmé que la température avait augmenté et que la saison chaude était plus longue qu'il y a 20 ou 25 ans.

Pluviométrie

La majorité (58 %) des répondants a affirmé que la pluviométrie avait diminué. Selon ces éleveurs, la diminution des précipitations s'est traduite par un démarrage tardif de la saison des pluies. Cette

saison qui jadis débutait au 7^e mois du calendrier agricole (mai) ne commençait à la période de l'enquête qu'au 9^e mois (juillet). Les éleveurs ont rapporté également un arrêt précoce de cette saison, le plus souvent dans le 11^e mois (septembre) au lieu du 12^e (octobre) auparavant. La saison des pluies n'a duré ainsi que trois mois dans les années ayant précédé l'enquête contre cinq mois dans le passé. Par ailleurs, les « poches » de sécheresse qui n'étaient observées par le passé qu'après les premières pluies se sont étalées ces dernières années jusqu'à la fin de la saison pluvieuse. De plus, les éleveurs ont affirmé que la pluviométrie était le plus souvent concentrée pendant une courte période (généralement en août) et provoquait des inondations.

Vents forts et sableux

Une partie significative (18 %) des personnes interrogées percevait le changement climatique à travers une augmentation des vents forts et sableux. Selon ces éleveurs, ces vents de sable recouvrent les fourrages secs avant que le nouveau couvert végétal n'atteigne un stade où il peut être consommé par les animaux.

Perception des causes du changement climatique

La majorité des ménages (52 %) a affirmé que le changement climatique était dû principalement à la déforestation. D'autres (37 %) pensaient qu'il était une sanction divine due au changement des comportements de la population. Ils ont remarqué une détérioration des liens de solidarité et d'entraide. Certains (11 %) n'avaient pas d'avis sur les causes du changement climatique.

Perception paysanne des évolutions environnementales associées

Ressources pastorales

La grande majorité (92 %) des chefs de ménages ont affirmé avoir constaté une dégradation de la disponibilité en fourrage, alors que pour 7 % d'entre eux l'état du fourrage n'avait pas changé, et seulement 1 % ont noté une augmentation de la disponibilité fourragère. Quatre causes de la dégradation des ressources fourragères ont été citées : l'insuffisance de pluie (45 % des réponses), l'extension des champs de cultures (32 %) qui réduit les aires de pâturage, le ramassage de la paille (21 %) qui réduit les réserves édaphiques en semences, et la prolifération d'espèces envahissantes (2 %) comme *Sida cordifolia* et *Cassia mimosoides* (figure 2). Ces légumineuses empêchent le bon développement de certaines graminées qui, selon les éleveurs, constituaient le meilleur fourrage.

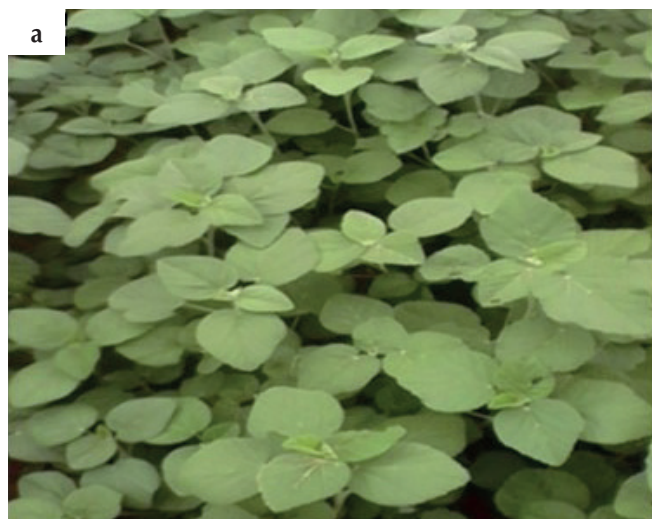


Figure 2 : espèces envahissantes ; (a) *Sida cordifolia* ; (b) *Cassia mimosoides*.

Paramètres zootechniques

Ces évolutions ont impacté les performances des élevages (tableau II). Pour les petits ruminants, des changements pour certains paramètres zootechniques ont été rapportés, comme l'âge à la première mise bas qui, selon les enquêtes, a considérablement augmenté. Il était connu pour être à un an chez les petits ruminants et est passé à deux ans aujourd'hui. L'enquête a révélé que 82,4 % des éleveurs partageaient cet avis contre 17,6 % pour qui l'âge à la première mise base restait inchangé. Une augmentation de la durée de l'intervalle entre mises bas a été observée par 81,7 % des éleveurs. Selon 86 % des éleveurs, le changement climatique a aussi provoqué une augmentation de la fréquence des avortements, surtout chez les petits ruminants, à cause de l'augmentation de la température et des trajets parcourus à la recherche de pâturages. La même proportion d'éleveurs (86 %) a rapporté une baisse de la vitesse de croissance des animaux à cause d'une insuffisance alimentaire.

Dans les huit villages, tous les pasteurs et agropasteurs ont constaté une diminution marquée de la productivité laitière des animaux. Pour confirmer cette affirmation, ils ont indiqué qu'une vache qui couvrait les besoins d'une famille en lait dans le passé pouvait à peine nourrir son veau de nos jours. La baisse des performances laitières des animaux est l'un des corollaires de l'insuffisance de fourrage (selon 13 % des répondants) dont la dynamique est perçue comme un indicateur du changement climatique, mais surtout de la prolifération des parasites (87 % des interviewés).

Santé animale

L'étude a révélé que 85 % des éleveurs percevaient une détérioration de la santé animale liée aux épizooties, alors que 15 % percevaient une amélioration de l'état sanitaire suite aux efforts des services vétérinaires et des organisations non gouvernementales qui interviennent en élevage. Le tableau III montre par ordre d'importance les cinq principales épizooties recensées dans la commune. Selon les éleveurs, ces épizooties avaient principalement pour origine la rencontre avec les animaux des éleveurs transhumants (65 % des avis). Les autres raisons évoquées étaient la prolifération de certains insectes vecteurs de maladies comme les moustiques (3 %), le déficit alimentaire qui affaiblit l'organisme de l'animal (4 %) et le manque d'hygiène des enclos (15 %) qui, après les pluies, dégagent de la chaleur ; 13 % étaient sans avis. Certains éleveurs ont affirmé que la chaleur était à la base de l'apparition de la fièvre aphteuse.

Changement sur l'entretien du bétail

Pour les éleveurs, les changements environnementaux récents ont engendré des frais supplémentaires pour l'entretien du bétail. Ils ont déclaré (99 %) faire des dépenses énormes pour l'activité pastorale, soit pour l'achat d'aliment bétail pendant les périodes de sécheresse, soit pour la vaccination, soit pour les frais de gardiennage qui, d'après eux, avaient augmenté. Ces derniers étaient, d'après les enquêtes,

de 25 francs CFA par animal pour les petits ruminants et de 100 FCFA pour les bovins dans les années 2000, contre respectivement 50 FCFA et 150 FCFA pendant l'enquête. Le tableau IV récapitule les principaux facteurs environnementaux identifiés par les éleveurs comme impactant l'activité pastorale à Filingué.

Stratégies d'adaptation mises en œuvre par les éleveurs

Stratégies contre la dégradation des ressources pastorales

Face aux conséquences des évolutions environnementales sur l'activité pastorale, une panoplie de stratégies ont été adoptées par les pasteurs et agropasteurs pour freiner ce phénomène. Pour atténuer les effets de la sécheresse, les stratégies adoptées ont inclus le recours à la transhumance (25 %), l'achat d'aliments pour bétail (22 %), le déstockage des animaux (15 %), et le stockage du fourrage (15 %).

À l'approche de la saison des pluies ou après les premières pluies, période pendant laquelle le fourrage se fait rare (soudure), les agropasteurs ont utilisé une nouvelle technique de récupération des sous-produits alimentaires, à savoir les glumes de mil pour l'alimentation des animaux. Cette technique consistait à immerger les glumes de mil dans l'eau jusqu'à ce que le sable soit décanté au fond du récipient, puis à mélanger les glumes dans un autre récipient avec du son pour nourrir les animaux. En l'absence de glume de mil, certains éleveurs utilisaient des morceaux de cartons ramassés au marché. Cette stratégie qui assurait la valorisation des sous-produits, bien qu'étant nouvelle, était pratiquée par 23 % des éleveurs.

Deux stratégies ont été adoptées par les éleveurs pour minimiser les dégâts causés par les inondations de plus en plus fréquentes : le recours à la transhumance (52 % des éleveurs) ou construire des enclos sur un terrain en hauteur (10 %). Plus d'un tiers (38 %) sont restés sans solution face aux inondations.

Pour lutter contre la propagation des feux de brousse, les éleveurs ont mis en place des bandes pare-feu (45 % des réponses). En outre, 44 % des éleveurs ont suivi des séances de sensibilisation de la population sur les dangers de l'usage du feu pour la gestion des pâturages. En effet, ces pratiques étaient à l'origine de nombreux feux de brousse.

Stratégies contre les épizooties

Pour lutter contre les épizooties, 61 % des éleveurs ont eu recours au service de l'élevage pour le traitement et la prévention. Toutefois, 19 % des éleveurs ont choisi la voie de la transhumance afin de préserver la santé de leur bétail. Selon ces éleveurs, certaines maladies avaient pour cause l'accumulation intense des déchets des animaux sur l'exploitation.

Tableau II

Avis des éleveurs sur les paramètres zootechniques dans la commune urbaine de Filingué au Niger

| Paramètre | Age 1 ^{re} mise bas (%) | Intervalle entre mises bas (%) | Avortements (%) | Vitesse de croissance (%) |
|------------|----------------------------------|--------------------------------|-----------------|---------------------------|
| A augmenté | 82,4 | 81,7 | 86,2 | 1,2 |
| A diminué | 0 | 0,4 | 0,8 | 85,8 |
| Inchangé | 17,6 | 17,9 | 13 | 12,9 |

Tableau III

Epizooties principales recensées dans la commune urbaine de Filingué au Niger

| Epizootie | % |
|----------------------------------|----|
| Clavelée | 29 |
| Fièvre aphteuse | 25 |
| Dermatose nodulaire | 20 |
| Peste bovine | 13 |
| Péripneumonie contagieuse bovine | 13 |

Tableau IV

Facteurs environnementaux impactant l'activité pastorale selon les éleveurs de la commune urbaine de Filingué au Niger

| Facteur | Impact | | | Fréquence des réponses (% des ménages enquêtés) | Probabilité de se reproduire |
|----------------------|--|---|---|---|------------------------------|
| | Sur les ressources pastorales | Sur la santé animale | Sur l'économie | | |
| Sécheresse | Diminution de la disponibilité des ressources pastorales | Augmentation de la prévalence d'épizooties | Dépense supplémentaire et perte de bétail | 100 | 2 ans |
| Inondation | | | Perte de bétail | 49 | 7 ans |
| Epizootie | | Détérioration de la santé animale | Dépense supplémentaire pour les soins | 100 | Chaque année |
| Feu de brousse | Disponibilité du fourrage | Trouble respiratoire dû à la pollution de l'air | Dépense supplémentaire pour l'achat de l'aliment bétail | 3,3 | 14 ans |
| Vol | | | Diminution de l'économie par perte de bétail | 76 | Chaque année |
| Vent fort et sableux | Dégradation des espaces pastoraux et des points d'abreuvement Diminution de la disponibilité de l'eau d'abreuvement par l'ensablement des mares | Diminution de la qualité de l'air | Dépense pour l'entretien | 100 | Chaque année |

DISCUSSION

Perception paysanne du changement climatique

A Filingué, le changement climatique est perçu par les paysans à travers plusieurs indicateurs au nombre desquels figurent les paramètres climatiques (la température, les pluies, les vents violents), et la production pastorale. Des résultats similaires ont été rapportés par Mathieu et al. (2010) sur la perception des paysans sur le changement climatique au Burkina Faso. Parmi les indicateurs paysans sur la perception du changement climatique, figuraient aussi un prolongement de la saison chaude, un démarrage tardif et un arrêt précoce de la saison pluvieuse, et une répartition inégale des précipitations dans l'espace et dans le temps.

A propos du changement climatique Dugué (2012) a écrit : « En effet, les activités humaines ont grandement contribué à l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre de telle sorte que l'équilibre écologique de la planète s'en est trouvé modifié. Ce bouleversement se traduit, aujourd'hui, par une amplification des dynamiques climatiques et une augmentation en fréquence et en intensité des événements climatiques hors normes : cyclones, sécheresses, fortes précipitations, vagues de chaleur. » De tels changements ont eu lieu dans le passé lointain, mais aujourd'hui ils n'ont jamais été aussi rapides.

L'action de l'homme sur la végétation se traduit par deux comportements majeurs : la déforestation et la pollution de l'atmosphère. Selon l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO, 1990), ce ne sont pas les vents et les pluies qui sont responsables de l'érosion accélérée, ni quelques défauts inhérents au sol, ce sont les humains qui en sont responsables. Les humains exercent leur action par méconnaissance ou par nécessité en favorisant souvent les phénomènes adverses qu'ils devraient combattre. La destruction des forêts et des pâturages à la suite d'une exploitation abusive, le défrichement des terres sur pentes trop accentuées, les techniques culturales

inoportunes, la disparition de la matière organique des champs par l'exploitation des résidus des récoltes en sont des exemples

En quelques décennies, la population a beaucoup augmenté et l'exploitation des écosystèmes n'a ainsi cessé de s'accroître. La croissance démographique s'est souvent accompagnée d'une extension des surfaces cultivées sur des terrains de moins en moins propices à la mise en culture. L'agressivité des conditions climatiques aggravera cette action destructrice sur l'environnement dans les pays sahéliens.

Perception paysanne des évolutions environnementales associées

A l'instar des autres régions du monde (Mathieu et al., 2010 ; Ali et al., 2011 ; Hinsa, 2013 ; IRAM., 2013 ; Hiya et al., 2015), la dynamique environnementale a impacté considérablement les ressources fourragères de Filingué. Les perceptions paysannes de l'impact du changement climatique sur ces ressources, recueillies lors de cette étude, laissent présager une dégradation de la quantité et de la qualité du fourrage. Lemaire et al. (2006) relie le mécanisme de cette dégradation à une insuffisance des pluies et à la prolifération d'espèces envahissantes comme *Sida cordifolia* qui empêche le développement des espèces appréciées. De même, Amoukou (2009) écrit : « On a assisté à la disparition d'herbacées très appréciées et à la prolifération d'autres de moindre valeur pastorale comme *Sida cordifolia*, mais bien adaptées aux nouvelles conditions écologiques ». Certaines pratiques anthropiques comme le ramassage de la paille, qui entraîne une diminution du stock édaphique en semences, et l'extension des champs de cultures sur les aires de pâturage, aggravent cette dégradation. Ces pratiques sont consécutives à la croissance démographique et à la baisse de la production agricole. Selon Vétérinaires sans frontières (VSF, 2015) « à cause de la croissance démographique les aires de pâturage, les couloirs de passage, les pistes de transhumance et les enclaves pastorales sont piétinées et se réduisent comme peau de chagrin ».

Les éleveurs percevaient des changements importants en lien avec la dynamique des ressources pastorales. Comme pour toutes les ressources naturelles, la production des espèces fourragères au Sahel connaît, de façon générale, une baisse en saison sèche. Dans de telles conditions de sécheresse, le lien entre aridité et restriction de la nutrition azotée et minérale des espèces fourragères a été montré (Lemaire et al., 2006). En année de déficit hydrique important, on relève une baisse de plus de 50 % de la production fourragère (Ruget et al., 2006). Dans certaines régions du monde, une collecte des informations sur les sécheresses en cours est mise en place afin d'anticiper des actions dans la conduite des systèmes fourragers. Le système Information et suivi objectif prairie (ISOP) proposé par Ruget et al. (2006) estime la variabilité interannuelle de production pour chaque région fourragère et l'évolution au cours de l'année de cette production, en valeur relative par rapport à la production « normale » de la même zone à la même date.

Les vents violents (tempêtes, cyclones, tornades et orages) figurent dans les indicateurs clés du changement climatique. A Filingué, une constante augmentation des vents forts et sableux a été observée par 52 % des personnes interrogées. Ces vents violents peuvent affecter les hommes et les animaux directement ou indirectement (Bader et al., 2011 ; Cheng et al., 2014). Ils peuvent causer des blessures légères mais aussi des mortalités, notamment par des objets projetés, des chutes d'arbres ou des glissements de terrain (Gerber, 2012). Ils peuvent par ailleurs impacter l'économie par la destruction des abris aussi bien pour les humains que pour les animaux, ou le transport qui assure le ravitaillement. Ainsi, l'interruption des trafics (routier, ferroviaire, aérien) peut se traduire par des coûts, des pertes ou des perturbations d'activités importants, comme dans l'élevage (Gerber, 2012). Par ailleurs, les réseaux d'eau, téléphonique et électrique subissent à chaque tempête, à des degrés divers, des interruptions. Ceci peut entraîner une paralysie temporaire de la vie économique. Le milieu agricole paye régulièrement un lourd tribut aux tempêtes en raison des pertes de revenus résultant des dommages au bétail et aux cultures (Gastineau et Soden, 2009). Pour les atteintes portées à l'environnement (faune, flore, milieu terrestre et aquatique), on peut retenir la destruction de forêts par les vents et la pollution comme effet indirect. Par ailleurs, le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC, 2007) prévient que les impacts des changements climatiques se traduiront par une montée du niveau moyen de la mer, des pluies hivernales plus abondantes et des orages plus violents et plus fréquents.

D'une manière générale, l'élevage est une activité majeure qui procure des revenus dans les localités de Filingué. Malheureusement, les impacts des changements environnementaux ont entraîné une réduction de la surface de pâturage naturel, et il est établi que ceci est susceptible de continuer avec la diminution supplémentaire et l'irrégularité de la disponibilité de l'eau. Les inondations conjuguées aux conséquences de l'érosion hydrique et éolienne constituent un moteur important des pertes de pâturage. Ces phénomènes pourraient forcer le cheptel à migrer, ce qui conduirait à des conflits avec d'autres parties prenantes (agriculteurs, éleveurs et pêcheurs). L'impact de ces changements sur l'élevage est observé à trois niveaux : les paramètres zootechniques, la santé et les charges pour l'entretien du bétail (Hinsa, 2013).

L'étude a révélé une augmentation de l'âge à la première mise bas et des risques élevés d'avortement. En zootechnie expérimentale, les causes suspectées d'avortement sont la hausse de la température et l'allongement du temps de parcours des animaux à la recherche de pâturages (Lemaire et al., 2006 ; VSF, 2015). Concernant les paramètres de reproduction, les données expérimentales disponibles ne permettent pas de dégager le lien avec la perception des paysans sur la question car, de toute évidence, à l'origine, leurs protocoles n'étaient pas élaborés pour ce genre d'analyse. Ces études conduites sur les

performances reproductives des animaux visaient, pour l'essentiel, la caractérisation des races dans des conditions agroclimatiques variées. Ainsi, Bartha (1963) rapporte un taux de fécondité de 85 % à la station sahélienne expérimentale de Toukounous (département de Filingué). Boly et al. (2000) enregistrent un taux de 89 % chez la même race en zone humide de la station de Loumbila au Burkina Faso, zone plus favorable que la station de Toukounous. Pour l'aptitude bouchère, l'âge au premier vêlage est un critère important pour l'appréciation de la précocité d'un animal ; sa valeur peut être influencée par des facteurs environnementaux comme l'alimentation. Achard et Chanono (1997) rapportent un intervalle entre vêlages de $36,5 \pm 4$ mois chez le zébu Azawak à la station de Toukounous. Pour ce paramètre de reproduction, ils trouvent une différence entre les saisons de l'année au Niger. De plus, ils constatent que les femelles nées en début de saison des pluies ont un intervalle entre vêlages plus court que celles nées pendant le reste de l'année. A la station de Loumbila au Burkina Faso, Boly et al. (2000) rapportent un âge au premier vêlage de 32,6 mois chez la même race. Achard et Chanono (1995) enregistrent à Toukounous un intervalle entre vêlages de $14 \pm 2,9$ mois chez le zébu Azawak.

Les informations recueillies auprès des interviewés laissent présager un ralentissement marqué de la vitesse de croissance des animaux et une baisse de la production laitière notamment chez les bovins. Là encore, les études expérimentales assez poussées conduites dans la zone (Chanono, 2003) ne sont centrées que sur les variations saisonnières des performances. Les variations interannuelles de ces performances qui sont les plus indiquées pour élucider l'impact de la dynamique environnementale n'ont pas été abordées. Peu de travaux de recherche sont conduits sur la thématique dans cette zone et donc peu de données sont disponibles pour confronter les résultats de la présente étude à des performances mesurées. La mise en place d'un dispositif de suivi régulier de l'évolution des performances de reproduction et de production des animaux est nécessaire pour confirmer avec plus de précision les indicateurs de perception paysanne sur l'évolution de performances évoquées dans notre étude.

Selon les éleveurs de Filingué, la baisse de la production laitière est principalement due à l'insuffisance de fourrage mais elle pourrait aussi être due à une prolifération de certains arthropodes comme les tiques qui se fixent aux mamelles des vaches (Lemaire et al., 2006 ; GIEC, 2007 ; VSF, 2015). Le développement des insectes au cours de ces dernières années est favorisé par la hausse de la température (Hinsa, 2013 ; Cheng et al., 2014).

La santé est un indicateur pour le développement des organismes. Malheureusement, il est tributaire de l'état nutritionnel de l'organisme. Un déséquilibre éphémère ou chronique de l'état nutritionnel peut perturber la santé. Concernant la question de la santé animale face au changement climatique à Filingué, une augmentation de la fréquence des épizooties comme la fièvre aphteuse et la peste bovine a été notée. Une partie de la population interviewée attribuait l'intensification de ces épizooties à la rencontre des troupeaux autour des points d'abreuvement, au manque d'hygiène des enclos dû à l'accumulation des bouses, sources importantes de production de méthane (gaz à effet de serre) qui, après les pluies, dégagent de la chaleur. Cette chaleur semble favoriser la fièvre aphteuse. Selon VSF (2015) l'intensification de ces épizooties est liée à une pollution de l'eau et des terres, et indirectement à l'accroissement des émissions de gaz à effet de serre.

Stratégies adaptées

La réduction des aires de pâturage, la raréfaction des points d'eau, l'apparition de nouvelles maladies animales, l'augmentation de la fréquence des sécheresses sont autant d'indicateurs qui attestent la

vulnérabilité des ressources animales aux changements environnementaux et interpellent à la fois les éleveurs et les acteurs politiques sur l'urgence de prendre des mesures appropriées (N'djafa, 2009). Devant cette vulnérabilité chronique, des schémas ont été tracés comme les stratégies d'amélioration de l'alimentation du bétail à travers le monde (N'djafa, 2009 ; Cheikh et al., 2012 ; Degué, 2012).

Stratégies contre la dégradation des ressources pastorales

Afin de minimiser les effets des changements environnementaux sur l'activité pastorale, plusieurs stratégies ont été adoptées par les pasteurs et agropasteurs de Filingué comme la mobilité des animaux (transhumance). Selon Bruno (2012), la transhumance est « une stratégie de base pour s'adapter à la forte inégalité spatio-temporelle des ressources pastorales et hydrauliques. Elle permet également de compenser le faible taux de renouvellement de ces ressources ». Par définition, la transhumance est un déplacement globalement prévisible, saisonnier, des animaux vers certaines régions à la recherche de ressources pastorales (eau et fourrage). Cette pratique permettait aussi de protéger le bétail contre certaines épizooties. Selon les éleveurs, l'immobilité des animaux pourrait entraîner l'apparition de certaines épizooties suite à l'accumulation des déchets qui favorisent le développement de vecteurs (mouches, tiques et moustiques). L'importance de cette stratégie est aussi relevée dans une étude de l'IRAM (2013) qui montre que « la mobilité permet de gérer les aléas à savoir la disponibilité des pâturages et de l'eau, les situations de conflit ou d'insécurité, les inondations et les foyers de maladies en faisant varier les routes et les dates de transhumance ». Anderson et Monimart, (2009), et Hiya et al. (2015) rapportent que la transhumance constitue la meilleure stratégie de gestion des ressources naturelles et d'adaptation aux phénomènes majeurs et préoccupants du changement climatique pour une sécurisation de l'élevage au Sahel. A Falingué, les animaux se déplacent du sud vers le nord pendant la saison des pluies en relation avec la dynamique de la végétation. Le déplacement en sens inverse (nord-sud) a lieu après les récoltes et s'effectue en fonction de la pluviométrie annuelle enregistrée. Par conséquent, cet aller ou retour vers le sud peut être précoce ou retardé.

■ Déstockage

Le déstockage est la stratégie utilisée par les éleveurs en vue de protéger une partie de leurs animaux, principalement les reproducteurs, en cas de déficit fourrager ou d'extrême soudure (Steve, 2009). Dans notre étude, cette pratique consistait à vendre une partie des troupeaux. La vente d'animaux contribuait à diminuer la pression sur les ressources naturelles et à donner aux éleveurs les moyens d'acheter des aliments pour bétail (son, paille) pour compléter le reste du troupeau et assurer un minimum de suivi sanitaire des animaux.

■ Stockage du fourrage et achat d'aliment bétail

Après les récoltes, pour prévenir la période de soudure, les agropasteurs stockent d'importantes quantités de fourrage constitué de résidus de cultures (tiges de mil et de sorgho, fanes de haricot) ou de bottes d'herbe (Steve, 2009 ; IRAM, 2013). Ce fourrage est donné aux animaux à la période de soudure afin de les aider à rester en bonne santé jusqu'à la saison des pluies. Malgré son avantage pour l'activité pastorale, cette stratégie présente des conséquences néfastes pour l'environnement car elle diminue la disponibilité des semences et engendre la disparition de certaines espèces herbacées (FAO, 1990). Il est à noter aussi que le ramassage de la paille met à nu le sol et l'expose à l'érosion hydrique et éolienne. Ce fourrage stocké ne couvre pas à lui seul les besoins alimentaires des animaux, d'où la nécessité d'acheter des compléments alimentaires (son, tourteau...).

Face à la dégradation quantitative et qualitative des ressources fourragères due au déficit de l'approvisionnement en eau qui limite la productivité des pâturages, les petits éleveurs tentent de s'adapter tant

bien que mal à ces pénuries (Benoit, 2008 ; Mathieu et al., 2010 ; Hiya et al., 2015). Pour les petites exploitations familiales détentrices de bétail, des alternatives ont été développées pour combler le déficit alimentaire de leurs animaux et maintenir voire développer une production laitière source de revenus et de nourritures. Il s'agit du développement des cultures fourragères (niébé fourrager, maïs fourrager et sorgho fourrager), le fauchage, l'ensilage et la conservation de l'herbe pour l'alimentation du bétail en saison sèche (FAO/SFW, 2010).

■ Mélange du son et de la glume

Ces stratégies d'adaptation, malgré leur importance, ne suffisaient pas pour répondre aux attentes des éleveurs. Pour cela, le gouvernement et les ONGs intervenant dans le domaine de l'élevage ont apporté leur soutien aux éleveurs en leur apprenant d'autres stratégies comme la confection des bandes pare-feu pour protéger le fourrage du feu de brousse, le traitement de la paille à l'urée, la distribution et la vente à prix modéré de l'aliment pour le bétail (son, tourteau...).

Stratégies pour assurer le bien-être global des animaux

Si ces communautés vivent les effets des changements environnementaux au quotidien, en marge de ces stratégies il serait opportun qu'elles soient mieux informées et outillées pour faire face à leurs conséquences. De fait, l'information et la sensibilisation ont une importance telle que les Nations unies les a considérées comme un axe stratégique majeur (Bader et al., 2011). L'information et la sensibilisation permettront ensemble une réflexion, des innovations locales de création et de renforcement des opportunités de collaboration autour des activités qui réduisent la vulnérabilité (Clément, 2009 ; Bader et al., 2011). Le résultat final pourrait être le renforcement des capacités d'adaptation aux changements et à la variabilité climatique (Gastineau et Soden, 2009).

■ CONCLUSION

L'étude portant sur la perception paysanne de la dynamique environnementale menée dans la commune de Filingué a permis de comprendre que cette dynamique est une réalité pour les éleveurs de cette localité qui la perçoivent et modifient, en réponse, leur comportement. Le changement climatique est perçu par les paysans à travers la diminution de la pluviométrie et sa répartition inégale dans le temps, l'augmentation de la température, et des vents forts et sableux. Par ailleurs, l'enquête a révélé que ce bouleversement environnemental a entraîné des répercussions négatives sur la situation pastorale. En effet, la perturbation des systèmes productifs engendre la baisse de la production fourragère, la prolifération des épizooties et freine par conséquent le bon développement de l'activité pastorale. Les éleveurs rencontrent également d'énormes difficultés dans les déplacements des troupeaux et la transhumance qui constitue pourtant une stratégie vitale pour compenser les insuffisances en eau et en pâturages dans certaines localités.

Pour faire face aux nouvelles réalités agroécologiques, les paysans ont développé des stratégies endogènes leur permettant d'adapter leur activité. Mais ces stratégies ne répondent pas à toutes leurs attentes. A la lumière des résultats obtenus, il serait intéressant de poursuivre la réflexion sur les politiques et les projets à promouvoir pour atténuer les effets néfastes des changements environnementaux et encourager l'adaptation des activités pastorales à ces changements à Filingué et dans l'ensemble du Niger.

Remerciements

Cette étude a été entièrement financée par les auteurs. Toutefois, les auteurs remercient vivement l'ensemble du personnel de la Direction

départementale de l'élevage de Filingué pour son soutien technique, moral et matériel pendant la conduite des enquêtes de terrain.

Déclaration des contributions des auteurs

HA a conçu, planifié et coordonné l'étude ; HA et MTZ ont recueilli les données ; HA a rédigé la première version du manuscrit ; HA et IAK ont effectué les analyses statistiques ; HA et IAK ont révisé toutes les versions du manuscrit ; BKH a révisé la première version du manuscrit

Conflits d'intérêts

L'étude a été réalisée sans aucun conflit d'intérêts.

REFERENCES

- Achard F., Chanono M., 1997. Mortality and reproductive performances in Azawak zebu at the Station of Toukounous, Niger (1986-1992). *Rev. Elev. Med. Vet. Pays trop.*, **50**: 325-333, doi: 10.19182/remvt.9564
- Adamou K.I., 2018. Performances de reproduction et de production laitière du taurin Kouri au Niger. Thèse Doct., Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger, 135 p.
- Ali C., Nadhem M., Hassen T., 2011. Impact du changement climatique sur la productivité des cultures céréalières dans la région de Béja (Tunisie). *Afr. J. Agric. Res. Econ.*, **2** : 144-154
- Amoukou A.I., 2009. Stratégies locales d'adaptation au changement climatique dans une zone rurale du bassin du Niger, Village nigérien face au changement climatique. Autorité du Bassin du Niger et la GTZ, Niamey, Niger, 100 p.
- Anderson S., Monimart M., 2009. Recherche sur les stratégies d'adaptation des groupes pasteurs de la région de Diffa, Niger oriental. IIED, London, UK, 102 p.
- Bader J., Mesquita M.D.S., Hodges K.I., Keenlyside N., Østerhus S., Miles M., 2011. A review on Northern Hemisphere sea-ice, storminess and the North Atlantic oscillation: observations and projected changes. *Atmos. Res.*, **101**: 809-834
- Bartha R., 1963. Elevage du zébu Azawak à la station de Toukounous (Niger) 1963-1967 (rapport). Station d'élevage de Toukounous, Niger, 55 p.
- Benoit E., 2008. Les changements climatiques : vulnérabilité, impacts et adaptation dans le monde de la médecine traditionnelle au Burkina Faso. *Vertigo*, **8** (1), doi : 10.4000/vertigo.1467
- Bergonzini J., 2004. Changements climatiques, désertification, diversité biologique et forêts. SILVA, Nogent-sur-Marne, France, 160 p.
- Boly H., Some S.S., Kabre A., Sawadogo L., 2000. Reproduction et croissance du zébu Azawak en zone soudano-sahélienne (station de Loubila au Burkina Faso). *Ann. Univ. Ouagadougou, série B*, **8** : 1-93
- Bruno H., 2012. Changement climatique et conflits agropastoraux au Sahel. GRIP, Bruxelles, Belgique, 14 p.
- Chanono M., 2003. Facteurs non génétiques influençant la production laitière du zébu Azawak à la station de Toukounous (Niger). Mém. DEA, Université de Liège, Faculté de médecine vétérinaire, Liège Belgique, 21 p.
- Cheikh T.S., Mamadou F., Awa F.M., Bara G., 2012. Résilience et innovation locale face aux changements climatiques. Capitalisation des résultats du programme Fonds de soutien aux stratégies locales d'adaptation (FSSA). IED Afrique, Dakar, Sénégal, 43 p.
- Cheng S.C., Lopes E., Fu C., Huang Z., 2014. Possible impacts of climate change on wind gusts under downscaled future climate conditions: update for Canada. *J. Clim.*, **27**: 1255-1270
- Clément O., 2009. Perceptions, savoir locaux et stratégies d'adaptations aux changements climatiques des producteurs des communes d'Adjohoun et de Dangbo au Sud-est du Bénin, 113 p.
- Degué M.J., 2012. Caractérisation des stratégies d'adaptation au changement climatique en Agriculture paysanne, 50 p.
- DDA, 2016. Rapports annuels des activités. Direction départementale de l'agriculture de Filingué (région de Tillabéri), Niger, 41 p.
- DDA, 2019. Rapports annuels des activités. Direction départementale de l'agriculture de Filingué (région de Tillabéri), Niger, 40 p.
- FAO, 1990. Conservation des sols et des eaux dans les zones semi-arides. FAO, Rome, Italie, 180 p. (Bull. pédologique ; 57)
- FAO/SFW, 2010. Revue du secteur de l'élevage au Niger. FAO, Rome, Italie, 115 p.
- Gastineau G., Soden B.J., 2009. Model projected changes of extreme wind events in response to global warming. *Geophys Res. Lett.*, **36**: L10810, doi: 10.1029/2009GL037500
- Geesing D., Djido H., 2001. Profile fourrager du Niger. FAO, Rome, Italie
- Gerber E.P., 2012. Stratospheric versus tropospheric control of the strength and structure of the Brewer-Dobson circulation. *J. Atmos. Sci.*, **69**: 2857-2877
- GIEC, 2007. Bilan des changements climatiques : Rapport de synthèse. Contribution des groupes de travail au 4^e rapport du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 103 p.
- Hinsa R., 2013. Evaluation de la vulnérabilité et de l'adaptation du système de l'élevage des petits ruminants face au changement climatique. Cas du département de Say. Mém. Agrhymet, Niger, 100 p.
- Hiya M., Andres L., Yamba B., Lebailly P., 2015. Mobilité pastorale au Sahel et en Afrique de l'Ouest. Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger, 16 p.
- INS, 2018. Annuaire statistique du Niger, 2013-2017. INS, Niger, 260 p.
- INS-Niger, 2015. Annuaire statistique régional de Niamey 2010-2014. INS, Niger, 82 p.
- IRAM, 2013. Systèmes d'élevage et changements climatiques au Tchad. IRAM, Tchad, 80 p.
- Lemaire G., Duru M., Micold. Delaby L., Fiorelli J.L., Ruget F., 2006. Sensibilité à la sécheresse des systèmes fourragers et de l'élevage des herbivores. INRA, Versailles, France, 88-108
- Marichatou H., Koré H., Motcho Henri K, Vias G., 2005. Synthèse bibliographique sur les filières laitières au Niger. Doc. travail n° 4. Réseau de recherche et d'échanges sur les politiques laitières. ISRA-BAME, Dakar, Sénégal, 40 p.
- Mathieu O., Youssouf D., Leopold S., 2010. Perceptions et stratégies d'adaptation aux changements des précipitations : cas des paysans du Burkina Faso. *Sécheresse*, **21** : 87-96
- N'djafa H., 2009. Vulnérabilité, impacts et stratégies d'adaptation des populations locales à la variabilité et aux changements climatiques. SIFEE, Niamey, Niger, 16 p.
- Rhissa Z., 2010. Revue du secteur de l'élevage, rapport provisoire. FAO, Rome, Italie, 115 p.
- Ruget F., Moreau J.C., Cloppet E., Souverain F., 2006. Effect of climate change on grassland production for herbivorous livestock systems in France. *Grassl. Sci.*, **15**: 75-77
- Steve A., 2009. Recherche sur les stratégies d'adaptation des groupes pasteurs de la région de Diffa, Niger oriental. IIED, London, UK, 102 p.
- 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
- VSF, 2015. Elevage et changement climatique. Note de positionnement n° 2 Synthèse. VSF, Bruxelles, Belgique, 4 p.

Summary

Abdou H., Karimou I.A., Harouna B.K., Zataou M.T. Perception of climate change among Sahelian pastoralists and strategies for adapting to environmental constraints: the case of the commune of Filingué in Niger

The objective of the study was to understand the vulnerability of livestock farms to environmental changes in the urban commune of Filingué in Niger. In order to determine, on the one hand, the perception of climate change by livestock farmers and its consequences, and on the other hand, their adaptation strategies, 240 heads of households were surveyed, i.e. 30 people in each of the eight villages selected. The methodology consisted of an exploratory study to select the villages, an in-depth survey phase with the administration of questionnaires to pastoralists and agropastoralists, and individual and group interviews to gather additional information. The results revealed that climate change was perceived as a phenomenon that affected livestock husbandry practices, which are highly dependent on the environment. Livestock farmers noted an increase in temperature (24% of respondents), longer droughts (58%) and a higher frequency of high winds (18%). These factors negatively affected the pastoral activity of the commune and made it very vulnerable. To cope with them, and in particular to mitigate the effects of droughts, the strategies adopted by the herders included the use of transhumance (25%), feed purchase (22%), destocking of animals (15%), and fodder storage (15%). Livestock farmers also used a mixture of bran with millet hulls or cardboard in case of hardship at the time preceding the harvest (23%). These endogenous strategies need support to make them more effective.

Keywords: pastoralists, climate change adaptation, household surveys, vulnerability, resilience, Sahel, Niger

Resumen

Abdou H., Karimou I.A., Harouna B.K., Zataou M.T. Percepción de los criadores del cambio climático y estrategias de adaptación a los obstáculos ambientales: caso de la comuna de Filingué en Níger

El objetivo del estudio fue el de comprender la vulnerabilidad de las explotaciones de la comuna urbana de Filingué en Níger frente a los cambios climáticos ambientales. Con el fin de determinar, por una parte, la percepción del cambio climático de los criadores y sus consecuencias y, por otro lado, sus estrategias de adaptación, se encuestaron 240 jefes de familia, o sea treinta personas en cada uno de los ocho pueblos seleccionados. La metodología incluyó un estudio exploratorio que permitió la selección de los pueblos, una fase de encuesta profundizada con la administración de cuestionarios a los pastores y agro pastores, y en fin entrevistas individuales y en grupo para obtener informaciones complementarias. Los resultados revelaron que el cambio climático fue percibido como un fenómeno que afectaba las prácticas de cría, muy dependientes del ambiente. Los criadores notaron un aumento de las temperaturas (24% de los respondientes), episodios de sequía más prolongados (58%) y una frecuencia más elevada de vientos violentos (18%). Estos factores impactaron negativamente la actividad pastoril de la comuna y la hicieron muy vulnerable. Para afrontarlos, y principalmente para atenuar los efectos de la sequía, las estrategias adoptadas por los criadores incluyeron el recurso a la trashumancia (25%), la compra de alimentos para el ganado (22%), la venta de animales (15%) y el almacenamiento de forraje (15%). Los criadores utilizaron también una mezcla de salvado con glumas de mijo o de cartones en caso de soldadura difícil (23%). Estas estrategias endógenas deben ser mantenidas con el fin de hacerlas más rentables.

Palabras clave: pastoralistas, adaptación al cambio climático, encuestas de hogares, vulnerabilidad, resiliencia, Sahel, Níger

Performances de lapines de souche synthétique algérienne conduites en insémination artificielle : effet de la saison

Khedidja Boudour ^{1*} El Hassen Lankri ¹
Nacira Daoudi Zerrouki ² Ahmed Aichouni ³

Mots-clés

Oryctolagus, lapin, poids, fertilité, prolificité, mortalité, saison, Algérie

Submitted: 19 October 2019

Accepted: 19 February 2020

Published: 29 June 2020

DOI: 10.19182/remvt.31880

Résumé

L'objectif de l'étude a été de caractériser les performances reproductives (fertilité, prolificité, mortalités) et pondérales des lapines de la souche synthétique algérienne « ITELV 2006 », conduites en insémination artificielle (IA) avec un rythme semi-intensif (intervalle mise bas – IA de 12 jours). Durant deux années consécutives (2017 et 2018), un suivi de la conduite de reproduction de 73 lapines, faisant l'objet de 327 IA, a été mené à l'animalerie de l'Université de Chlef (Algérie). Durant la durée de l'étude, les IA ont été réalisées à partir d'une semence récoltée chez des mâles du même type génétique et analysée localement. Les données relatives à l'IA, à la palpation, à la mise bas et au sevrage ont été enregistrées pour l'ensemble des femelles. L'effet de la saison sur les critères de poids et les performances de reproduction des lapins a été analysé. Toutes les données ont été soumises à une analyse de variance. Les femelles ont montré une bonne prolificité de $9,5 \pm 2,4$ nés totaux dont $8,4 \pm 2,9$ nés vivants par mise bas et $7,4 \pm 2,6$ sevrés par sevrage, avec des taux de fertilité de $85,6 \pm 35,1$ % à la palpation et $69,7 \pm 45,9$ % à la mise bas. Le poids adulte des femelles à l'IA était de 3584 ± 391 g. Le lapereau pesait en moyenne 63 ± 13 g à la naissance et 490 ± 81 g au sevrage. Un effet très significatif de la saison a été enregistré sur la fertilité et la prolificité des lapines, et sur le poids et la mortalité des lapereaux avec les plus faibles valeurs enregistrées en saison chaude (63 % de fertilité). Cependant, les femelles sont restées productives durant cette période de grande chaleur.

■ Comment citer cet article : Boudour K., Lankri El H., Zerrouki N.D., Aichouni A., 2020. Performances of Algerian-synthetic-strain rabbits managed with artificial insemination: Effect of the season. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (2): 91-98, doi: 10.19182/remvt.31880

■ INTRODUCTION

Un programme de recherche a été mis en place pour améliorer le potentiel génétique des lapins destinés à la production de viande en Algérie. Il a abouti à la création et la diffusion d'un nouveau génotype cunicole appelé « ITELV 2006 ». La souche est sélectionnée depuis décembre 2003 (Gacem et al., 2009) dans le but d'avoir une bonne

croissance et une meilleure adaptation aux conditions climatiques de l'Algérie.

Depuis sa diffusion chez les éleveurs en février 2012, cette souche synthétique a fait l'objet de nombreux travaux qui ont consisté tout d'abord à décrire ses caractéristiques. La majorité de ces travaux a porté sur une description des caractéristiques en comparaison avec les populations locales (Bolet et al., 2012 ; Zerrouki et al., 2014 ; Sid et al., 2018a). La conduite de la reproduction est la saillie naturelle, avec un rythme semi-intensif appliqué dans les élevages étatiques et privés, et se définissant par un intervalle mise bas – insémination artificielle (IA) de 11 à 12 jours. Ces études mettent en évidence des différences plus ou moins importantes sur le poids de la femelle à la saillie, à la palpation et à la mise bas, et sur la taille des portées à la naissance et au sevrage, en faveur de la souche synthétique.

Bien que la maîtrise de la technique de l'IA ait permis la mise en place d'un nouveau système de production se définissant par la conduite en

1. Laboratoire de bio ressources naturelles, Université Hassiba Benbouali, Chlef, Algérie.

2. Laboratoire ressources naturelles, Université Mouloud Maameri, Tizi Ouzou, Algérie.

3. Centre universitaire El wancharissi, Tissemsilet, Algérie.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +213 (0)2 772 7906 ; email : k.boudour@univ-chlef.dz



bande, permettant d'inséminer toutes les femelles en même temps et assurant ainsi une meilleure organisation des élevages en réduisant les tâches et le temps consacrés à la reproduction (Dal Bosco et al., 2011), peu de travaux scientifiques ont utilisé ce mode de reproduction pour la souche synthétique ITELV 2006.

Pour bénéficier des progrès génétiques qui ont mené à la création de la souche synthétique et définir les meilleures conditions pour la production, la présente étude a eu pour objectif l'évaluation des performances de reproduction (fertilité et prolificité des femelles reproductrices, mortalités et poids des lapereaux à la naissance et au sevrage) d'un cheptel de lapines de la souche synthétique tout en utilisant l'IA et en analysant l'effet de la saison sur les paramètres étudiés.

■ MATERIEL ET METHODES

Animaux

Soixante-treize lapines, de couleur de robe très hétérogène, appartenant à la souche ITELV 2006 acquise auprès de l'Institut technique des élevages (ITELV) à la station Lamtar d'Alger, ont été utilisées. Ce génotype a été créé par IA entre des femelles de la population locale algérienne et des mâles de la souche française « INRA 2666 », sélectionnée pour sa prolificité (9 lapereaux nés vivants par mise bas et 7,5 sevrés ; Gacem et al., 2008), suite à une coopération entre l'ITELV et l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) de Toulouse.

Conditions expérimentales

L'expérimentation s'est déroulée à l'animalerie de l'université de Chlef, pendant 12 mois. De janvier à juin 2017, 38 lapines ont été utilisées puis, de juillet à décembre 2018 et au début de cette deuxième période, 35 lapines de poids et d'âge comparable les ont remplacées en totalité. Les animaux ont été logés dans un bâtiment construit en dur, disposant de fenêtres assurant l'aération et l'éclairage naturel, et muni d'extracteurs pour la ventilation. Les cages disposées en *flat-deck* (surélevées et à un seul niveau) et conçues avec un grillage métallique mesuraient 60 cm de longueur sur 45 cm de largeur et 30 cm de hauteur. Les cages des reproductrices étaient équipées de boîtes à nid de 30 cm x 45 cm. Les lapins sevrés et les reproducteurs mâles ont été logés dans des cages d'engraissement. Les cages de maternité et d'engraissement étaient équipées d'une mangeoire à distribution manuelle, et l'abreuvement était automatique et fourni à volonté. Les animaux recevaient un aliment standard commercial sous forme de granulés, contenant 14,5 % de protéines brutes et 9,5 % de cellulose brute.

L'hygiène du bâtiment était assurée par le nettoyage quotidien des clapiers. Les cages de maternité étaient désinfectées après chaque sevrage. L'état de santé des mères et de leurs portées était contrôlé quotidiennement et les individus morts étaient immédiatement sortis du bâtiment d'élevage. La prophylaxie était assurée par l'administration d'un vaccin antiparasitaire (Ivomec) et d'un vaccin contre les entérotoxémies (Coglavax), ainsi que par l'addition de vitamines C et choline pour prévenir les troubles digestifs lors du sevrage, et de minéraux dans l'eau de boisson afin de prévenir les problèmes liés aux carences.

Conduite de la reproduction

Les soixante-treize lapines ont été inséminées pour la première fois à un âge de quatre à cinq mois et un poids moyen de 3250 ± 407 g. L'intervalle mise bas – IA était de 12 jours. Au total 327 IA ont été réalisées avec des mâles de même type génétique. Au début de l'essai, leur âge variait de 7,5 à 8 mois et ils pesaient en moyenne 3745 ± 381 g. Les éjaculats ont été analysés immédiatement après collecte. S'ils étaient de qualité et quantité suffisantes, ils étaient dilués 10 fois dans un dilueur commercial (Galap).

Les femelles étaient inséminées avec une dose de 0,3 ml de semence diluée, juste après avoir reçu 0,3 ml de gonadolibérine (GnRH) injectée en intramusculaire pour déclencher l'ovulation. Les lapines ont été totalement renouvelées pour l'année 2018 avec des lapines du même poids et du même âge que celles de l'année précédente (2017). Durant les deux périodes de l'expérimentation, les lapines mortes ont été remplacées pour maintenir l'effectif constant.

Le diagnostic de gravidité a été fait par palpation abdominale 12 jours après l'IA. Les femelles non gravides étaient à nouveau inséminées le jour même ou au plus tard le lendemain de la palpation. A l'approche de la mise bas (à 4 ou 5 jours de la date prévue pour la mise bas), des boîtes à nid étaient placées dans la cage des lapines. Le nombre de lapereaux nés vivants et mort-nés a été dénombré après la mise bas. Les lapereaux vivants ont été pesés collectivement. Le sevrage a été réalisé à 30 jours. Les lapereaux ont été ensuite transférés dans des cages d'engraissement après dénombrement, pesée et sexage.

Contrôles effectués

Le poids de la femelle, la date de l'IA, la date de la palpation, le poids de la femelle à l'IA, le résultat de la palpation, le poids de la femelle à la palpation, la date de la mise bas, le poids de la femelle à la mise bas, le poids de la portée vivante, le nombre total de lapereaux (NT), le nombre de lapereaux nés vivants (NV), le nombre de mort-nés (MN), la date du sevrage, le poids individuel du lapereau sevré, le nombre et le sexe des lapereaux sevrés (NS) ont été enregistrés.

Variables étudiées

Nous avons étudié le taux de gravidité (nombre de femelles palpées positivement / nombre de femelles inséminées), le taux de mise bas (nombre de femelles ayant mis bas / nombre de femelles inséminées), la prolificité à la naissance (NV / nombre de mises bas), la mortinatalité ($[(NT-NV)/NT \times 100]$), les mortalités naissance-sevrage ($[(NV-NS)/NV \times 100]$), le poids moyen des femelles à l'IA, à la palpation et à la mise bas, le poids de la portée à la naissance et au sevrage, et le poids moyen des lapereaux à la naissance et au sevrage.

Effet considéré

Nous avons considéré l'effet saison de l'IA avec trois niveaux comme définis par Zerrouki et al. (2014), divisant l'année en trois saisons de quatre mois, en relation avec les températures habituellement observées et en tenant compte du climat de la zone d'étude : la période qui précède la saison chaude (AV) du 1^{er} février au 31 mai, la saison chaude (CH) du 1^{er} juin au 30 septembre, et la période postérieure à la saison chaude (AP) du 1^{er} octobre au 31 janvier.

Analyse statistique

Les résultats obtenus pour l'ensemble des variables (mesurées et calculées) ont été analysés avec le logiciel XLstat2016 en faisant une analyse de variance (Anova) prenant en compte l'effet de la saison de l'IA. Dans le cas de différences significatives, les moyennes ont été comparées deux à deux par le test de Fisher.

■ RESULTATS

Durant 12 mois (de janvier à juin 2017, et de juillet à décembre 2018), 327 inséminations ont été réalisées chez les 73 lapines de la souche synthétique. Elles ont donné lieu à 228 mises bas, 1920 lapereaux nés vivants et 1580 lapereaux sevrés sur 213 sevrages. Les critères pondéraux des lapines et de leurs portées, les performances reproductives des femelles ainsi que l'effet de la saison ont été analysés.

Performances pondérales des lapines et de leurs portées

Les lapines de la souche synthétique pesaient en moyenne 3584 ± 391 g à l'IA, 3707 ± 346 g à la palpation, et 3630 ± 346g à la mise bas. Le poids moyen du lapereau était de 63 ± 13 g à la naissance et de 490 ± 81 g au sevrage (tableau I).

Performances de reproduction

Le tableau II montre les moyennes des performances de reproduction (taux de gravidité, taux de mise bas, mortalités, nombre de lapereaux nés, morts et sevrés). La fertilité des lapines estimée soit par le taux de gravidité (résultat de la palpation), soit par nombre de mises bas par rapport au nombre de femelles inséminées a été respectivement de 85,6 ± 35,1 % et de 69,7 ± 45,9 %. La prolificité des lapines a été de 9,5 ± 2,4 nés totaux dont 8,4 ± 2,9 nés vivants et 7,4 ± 2,6 sevrés. Les mortalités enregistrées étaient de 13,5 % à la naissance et 13,7 % au nid.

Effet de la saison sur les performances pondérales

La saison a influencé significativement tous les caractères pondéraux des lapines et de leurs portées (tableau III). Les femelles inséminées avant ou après la CH ont été significativement plus lourdes (3651 g et 3616 g ; p = 0,001) que celles inséminées pendant la CH (3471 g).

Tableau I

Critères pondéraux chez les lapines et les lapereaux de souche synthétique ITELV 2006 en Algérie

| Critère | n | Moy | ET | CV | Min | Max |
|---------|-----|------|-----|------|------|------|
| PIA (g) | 327 | 3584 | 391 | 0,10 | 2490 | 4495 |
| PPI (g) | 327 | 3707 | 346 | 0,09 | 2730 | 4585 |
| PMB (g) | 228 | 3630 | 346 | 0,09 | 2735 | 4470 |
| PPV (g) | 228 | 535 | 199 | 0,37 | 43 | 905 |
| PMV (g) | 228 | 63 | 13 | 0,20 | 39 | 87 |
| PMS (g) | 213 | 490 | 81 | 0,16 | 373 | 708 |

ET : écart-type ; CV : coefficient de variation ; Min : minimum ; Max : maximum ; PIA : poids de la femelle à l'insémination artificielle ; PPI : poids de la femelle à la palpation ; PMB : poids de la femelle à la mise bas ; PPV : poids de la portée vivante ; PMV : poids moyen du lapereau vivant ; PMS : poids moyen du lapereau sevré

Tableau II

Performances de reproduction des lapines de souche synthétique ITELV 2006 en Algérie

| | n | Moy | ET | CV | Min | Max |
|----------|-----|------|------|------|-----|-----|
| TG (%) | 327 | 85,6 | 35,1 | 0,48 | 0 | 100 |
| TMB (%) | 327 | 69,7 | 45,9 | 0,66 | 0 | 100 |
| NT | 228 | 9,5 | 2,4 | 0,24 | 2 | 12 |
| NV | 228 | 8,4 | 2,9 | 0,35 | 0 | 12 |
| MN | 228 | 1,1 | 1,6 | 1,48 | 0 | 8 |
| MNT (%) | 228 | 13,5 | 21,9 | 1,62 | 0 | 100 |
| NS | 213 | 7,4 | 2,6 | 0,34 | 1 | 12 |
| MN-S (%) | 213 | 13,7 | 13,7 | 1,00 | 0 | 100 |

Moy : moyenne ; ET : écart-type ; CV : coefficient de variation ; Min : minimum ; Max : maximum ; TG : taux de gravidité ; TMB : taux de mise bas ; NT : nés totaux ; NV : nés vivants ; MN : mort-nés ; MNT : mortinatalité ; NS : nombre de sevrés ; MN-S : mortalités entre la naissance et le sevrage

Tableau III

Variation des caractères pondéraux (g) des lapins de souche synthétique ITELV 2006 en fonction de la saison en Algérie

| Saison | AV | CH | AP | P |
|--------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------|
| PIA | 3651a ± 400 (n = 151) | 3471b ± 406 (n = 108) | 3616a ± 295 (n = 68) | 0,001 |
| PPI | 3792a ± 334 (n = 151) | 3593b ± 372 (n = 108) | 3701a,b ± 269 (n = 68) | 0,0001 |
| PMB | 3689a ± 348 (n = 114) | 3529b ± 351 (n = 68) | 3641a,b ± 294 (n = 46) | 0,01 |
| PPV | 658a ± 123 (n = 114) | 365b ± 196 (n = 68) | 480c ± 136 (n = 46) | 0,0001 |
| PMV | 68a ± 7,5 (n = 114) | 55b ± 15 (n = 68) | 60c ± 13,2 (n = 46) | 0,0001 |
| PMS | 506a ± 83 (n = 103) | 485a,b ± 89 (n = 64) | 462b ± 49 (n = 46) | 0,007 |

AV : précède la saison chaude (1 février – 31 mai) ; CH : saison chaude (1 juin – 30 sept.) ; AP : suit la saison chaude (1 oct. – 31 janv.) ; PIA : poids de la femelle à l'insémination artificielle ; PPI : poids de la femelle à la palpation ; PMB : poids de la femelle à la mise bas ; PPV : poids de la portée vivante ; PMV : poids moyen du lapereau vivant ; PMS : poids moyen du lapereau sevré

a,b,c Sur une même ligne les valeurs sans lettre commune sont différentes au seuil de 5 %.

L'influence des fortes températures estivales (juin à septembre) a également été observée sur le poids de la lapine à la palpation et à la mise bas. Les plus faibles poids ont été obtenus en CH alors que les lapines étaient plus lourdes pendant la période précédant (AV) la CH (3593 g contre 3792 g ; p = 0,0001, pour le poids à la palpation ; et 3529 g contre 3689 g, p = 0,01 pour le poids à la mise bas).

La saison a influencé significativement (p < 0,0001) le poids moyen des portées à la naissance. Elles ont été plus lourdes avant les fortes chaleurs, c'est-à-dire pendant la période fraîche (658 g vs 365 g pour CH, et 480 g pour AP) (tableau III). Les mises bas de la CH donnent des lapereaux moins lourds que ceux des AP et AV (respectivement 55 g vs 60 g vs 68 g ; p = 0,0001). Le poids moyen des lapereaux au sevrage a été fortement influencé par la saison (p = 0,007). Les lapereaux sevrés avant la CH ont été plus lourds (506 g) que ceux sevrés après la CH (462 g) ou pendant la CH (485 g).

Effet de la saison sur les performances de reproduction

Les contrastes de poids enregistrés à travers les variations saisonnières ont été accompagnés de variations des performances de reproduction. En général, la période AV (saison fraîche de février à mai), pendant l'allongement de la photopériode naturelle, a permis des performances optimales (tableaux IV et V).

Effet de la saison sur la fertilité et la mortinatalité

Le taux de gravidité a varié significativement (p = 0,017) en fonction de la saison. La valeur la moins élevée a été obtenue pendant la période succédant la CH (75 %), alors que le taux le plus important a été enregistré pendant la saison précédant la CH (89,4 %), conduisant à un résultat intermédiaire (tableau IV). Les taux de mortalités à la naissance n'ont pas différé significativement entre la période avant la CH (7,5 %) et après (9,4 %). En revanche, c'est au cours de la CH que le taux de mortinatalité a été le plus élevé (26,2 % ; p = 0,0001).

Tableau IV

Variation de la fertilité des lapines de souche synthétique ITELV 2006 en fonction de la saison en Algérie

| Saison | AV | CH | AP | P |
|--------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|--------|
| TG | 89,4a ± 30,8 (n = 151) | 87a,b ± 33,6 (n = 108) | 75b ± 43,3 (n = 68) | 0,017 |
| TMB | 75,5a ± 43 (n = 151) | 63b ± 48,3 (n = 108) | 67,6a,b ± 43,3 (n = 68) | 0,031 |
| MNT | 7,5a ± 14,2 (n = 114) | 26,2b ± 31 (n = 68) | 9,4a ± 11 (n = 46) | 0,0001 |

AV : précède la saison chaude, (1 février – 31 mai) ; CH : saison chaude (1 juin – 30 sept.) ; AP : suit la saison chaude (1 oct. – 31 janv.) ; TG : taux de gravidité ; TMB : taux de mise bas ; MNT : mortinatalité

^{a,b} Sur une même ligne les valeurs sans lettre commune sont différentes au seuil de 5 %.

Tableau V

Variation de la prolificité des lapines de souche synthétique ITELV 2006 en fonction de la saison en Algérie

| Saison | AV | CH | AP | P |
|--------|--------------------------|------------------------|------------------------|--------|
| NT | 10,5a ± 1,5 (n = 114) | 8,1b ± 2,8 (n = 68) | 9b ± 2,1 (n = 46) | 0,0001 |
| NV | 9,8a ± 1,9 (n = 114) | 6,4b ± 3,5 (n = 68) | 8,1c ± 2,2 (n = 46) | 0,0001 |
| MN | 0,7a ± 1,4 (n = 114) | 1,8b ± 1,9 (n = 68) | 0,8a ± 0,9 (n = 46) | 0,0001 |
| NS | 8,2a ± 1,9 (n = 103) | 6,4b ± 3,2 (n = 64) | 7,1b ± 2,5 (n = 46) | 0,0001 |

AV : précède la saison chaude, (1 février – 31 mai) ; CH : saison chaude (1 juin – 30 sept.) ; AP : suit la saison chaude (1 oct. – 31 janv.) ; NT : nés totaux ; NV : nés vivants ; MN : mort-nés ; MNT : mortinatalité ; NS : nombre de sevrés

^{a,b,c} Sur une même ligne les valeurs sans lettre commune sont différentes au seuil de 5 %.

Effet de la saison sur la prolificité

L'effet positif de la période fraîche a été observé sur la prolificité des lapines (10,5 NT, 9,8 NV et 8,2 NS ; p = 0,0001). A l'opposé, le nombre de lapereaux vivants a été le plus faible (6,4) et le nombre de mort-nés le plus élevé (1,8) pendant la CH. L'effet négatif de la CH s'est répercuté significativement (p = 0,0001) sur le nombre de lapereaux sevrés : les lapines inséminées à la CH ont sevré moins de lapereaux que celles inséminées avant (-1,8 lapereau) ou après (-0,7 lapereau) la CH. Cependant, le nombre de NT et de NS n'a pas varié significativement entre la CH et la saison qui lui a succédé (8,1 et 9 pour les NT, et 6,4 contre 7,1 pour les NS).

■ DISCUSSION

Performances pondérales des lapines et de leurs portées

Sid et al. (2018a) relèvent des poids moyens de 3260 ± 450 g à la saillie, 3370 ± 430 g à la palpation et 3190 ± 360 g à la mise bas pour une durée d'essai de 18 mois. Lors des premiers travaux sur la sélection et l'homogénéisation de cette souche synthétique à la station de Baba Ali (Alger), Gacem et al. (2009) enregistrent un poids moyen à la saillie similaire à celui enregistré chez nos lapines (3633 g). Bolet et al. (2012) obtiennent un poids moyen à la mise bas moins élevé

(3436 g), Chibah (2016) un poids beaucoup moins élevé (3163 g), mais Zerrouki et al. (2014) un poids (3599 g) comparable à celui enregistré chez nos lapines. Comparés aux résultats de recherches menées sur la même souche synthétique dans d'autres régions d'Algérie, ceux de notre étude indiquent, en général, une supériorité du poids des lapines, reflet de leur bon état général.

Le poids à la mise bas obtenu dans cette étude a été supérieur à celui obtenu après quatre générations d'homogénéisation et de sélection de la souche synthétique ITELV 2006 (3436 g ; Bolet et al., 2012). Il a également été supérieur à ceux obtenus par Sid et al. (2018b) et Zerrouki et al. (2014) (respectivement 3148 g et 3599 g). Sid et al. (2014 ; 2018b) trouvent des poids à la mise bas inférieurs à ceux obtenus au cours de cette étude (3083 g et 3118,5 g) pour des lapines de la population blanche.

Le poids moyen du lapereau à la naissance (63 g) a été plus élevé que ceux signalés par Zerrouki et al. (2007) et Abdelli et al. (2014) chez la population locale qui sont respectivement de 51 g et 54 g, et que ceux rapportés chez les lapereaux de la même souche synthétique par Gacem et al. (2009), Zerrouki et al. (2014), et Chibah et Zerrouki (2015) qui mentionnent un poids moyen du lapereau à la naissance entre 52 g et 54 g. Golimyts et al. (2016) rapportent des poids moyens supérieurs chez les lapereaux nés vivants de la souche Hyla (71,5 g). Par ailleurs, Chibah et Zerrouki (2015) enregistrent chez les lapins de même souche un poids moyen du lapereau, sevré à 35 jours, plus élevé que celui enregistré dans notre étude (667 g vs 490 g). Sur un autre échantillon de cette souche et de même origine (station Lamtar), Zerrouki et al. (2014) rapportent un poids moyen au sevrage légèrement supérieur (564 g) avec cependant un sevrage plus tardif (35 j vs 30 j dans notre étude). Cette différence de poids peut être expliquée par l'allongement de la période présevrage et possiblement par un meilleur état corporel de nos femelles. Nos résultats se situent dans les normes de la production cunicole rapportées par Lebas (1996) (500 g pour le poids moyen au sevrage à 26–30 jours).

Cette souche synthétique peut être ainsi classée dans un format moyen (Sid et al., 2018a), tant au niveau du poids des lapines que de celui des lapereaux sevrés. Cependant, l'aliment granulé utilisé dans cette étude ne semble pas totalement satisfaire les besoins nutritionnels des reproductrices. Il renferme seulement 14,5 % de protéines et 9,5 % de cellulose brute, quantités inférieures aux recommandations pour l'alimentation du lapin. Lebas et al. (1996) recommande une teneur de 18 % en protéines et de 12 % de cellulose brute. Lankri et al. (2019) montrent qu'une augmentation du taux protéique du même aliment utilisé dans la présente étude permet d'améliorer considérablement les performances de reproduction, en particulier l'ardeur sexuelle chez les mâles du même génotype.

Performances de reproduction des lapines

Fertilité

Le taux de mise bas de 69,7 % relevé dans notre étude a été supérieur à ceux de 51 % rapportés par Gacem et al. (2009) et 61,9 % obtenus par Zerrouki et al. (2014), respectivement dans les stations de Baba Ali et Lamtar, chez des lapines de même génotype, conduites en saillie naturelle et dans des conditions d'élevage différentes. Sid et al. (2018b) enregistrent un taux de fertilité de 66,6 %. Ces différences de fertilité peuvent être dues au mode de reproduction pratiqué dans notre étude (IA). En effet, Amroun et al. (2018) confirment que l'adoption de cette technique comme nouveau mode de reproduction avec traitement hormonal effectué par l'éleveur (injection de GnRh), améliore relativement les performances des lapines à travers l'augmentation du taux de fertilité qui passe de 76,7 et 78 % en saillie naturelle à 90,1 et 96,4 % en IA. En saillie naturelle seules les lapines qui sont en œstrus acceptent l'accouplement et sont saillies.

Les différences de fertilité peuvent être également liées aux types génétiques. Bolet et al. (2004) montrent que la fertilité est en rapport avec le type génétique notamment avec le format de la souche ou de la population. Daboussi (2014) rapporte un taux de fertilité nettement inférieur chez les lapines de population locale tunisienne conduites en saillie naturelle (60 %). Sid et al. (2018b) obtiennent un taux de 60,4 % chez les femelles de la population blanche. Moula et Yakhlef (2007) enregistrent un taux de fertilité supérieur (87 %) chez des lapines de population locale algérienne.

Prolificité

Dans nos conditions d'élevage, la prolificité des lapines a été supérieure à celle enregistrée chez la même souche par Sid et al. (2018a) en termes de lapereaux nés vivants (8,4 vs 8,0) et sevrés (7,4 vs 6,1). En revanche, Gacem et al. (2009) rapportent des résultats comparables aux nôtres avec $7,1 \pm 0,1$ sevrés par femelle ayant mis bas pour un nombre de nés totaux de 9,5 et 8,7 nés vivants. Avec la même souche, Zerrouki et al. (2014) obtiennent des tailles de portée à la naissance de 9,6 nés totaux, 8,6 nés vivants et 6,6 sevrés. Le nombre de sevrés enregistré dans notre étude et sur la même souche était plus élevé, bien que les mortalités durant la phase naissance-sevrage aient été élevées (13,7 %) en raison, probablement, des conditions d'élevage et de la qualité des aliments. Le nombre de sevrés dépend ainsi de la viabilité des jeunes sous la mère et des qualités maternelles (Chibah et Zerrouki, 2015).

Mortalités

La mortinatalité des lapereaux pouvait être liée au comportement maternel des lapines qui ne préparaient pas correctement leur nid ou mettaient bas hors du nid ce qui était à l'origine de la perte d'une grande partie de certaines portées. Néanmoins, notre résultat (13,5 %) demeure inférieur à celui de 24 % relevé par Kennou et Lebas (1990) chez les lapines de population locale tunisienne, et à celui de 17,5 % de Moumen (2017) chez des lapines de population locale aurésienne en Algérie. Cependant Sid et al. (2018b) notent des taux de mortinatalité de 9,8 % et 18,1 % respectivement chez des lapines de la souche synthétique et de la population blanche.

Le taux de mortalités entre la naissance et le sevrage a été moins élevé que ceux rapportés par Sid et al. (2018a), et Moumen (2017), respectivement de 13,7 % vs 26,1 % et 19,4 %. Ce pourrait être lié au poids des lapereaux à la naissance, relativement plus élevé (63 g vs 53 g) dans notre étude. En effet, les mortalités des lapereaux entre la naissance et le sevrage dépendent en grande partie de leur poids à la naissance et de la taille de leur portée (McNitt et Lukefahr, 1990). De même, Gacem et al. (2009) observent de fortes mortalités naissance-sevrage (17 % vs 13,7 % dans notre étude) pour la souche synthétique.

Effet de la saison sur les performances pondérales et les portées

Les résultats obtenus en relation avec les variations saisonnières et l'effet dépressif de la CH sur les caractères pondéraux des lapines et de leurs lapereaux confirment ceux obtenus par Zerrouki et al. (2005) chez la population locale, et Gacem et al. (2009), Zerrouki et al. (2014), et Sid et al. (2018a) chez des lapines de même type génétique. La saison estivale affaiblit le poids des lapereaux à la naissance.

En conditions d'élevage tropicales et en saillie naturelle, Deprès et al. (1994) rapportent qu'un complément de six heures d'éclairage augmente la taille moyenne des portées au sevrage (6,6 vs 5,5 sevrés pour le lot témoin) mais n'améliore pas le poids des lapereaux au sevrage. L'expression des capacités réelles de production des lapines et de leurs portées en termes de poids nécessite une meilleure maîtrise des conditions de production, notamment l'amélioration de la qualité de l'aliment et des conditions d'élevage en CH.

Effet de la saison sur les performances de reproduction

Effet sur la fertilité et la mortinatalité

A des températures élevées, les lapins diminuent leur consommation alimentaire (Marai et al., 2007). Les femelles gravides réduisent leur ingestion pour diminuer l'énergie produite par le métabolisme et maintenir une température corporelle stable (Villagrà et al., 2004). Ceci entraîne une mauvaise couverture des besoins énergétiques liés à la gravité, diminuant la croissance fœtale, augmentant les risques de mortalités à la naissance et la diminution du poids du lapereau né (García et al. 2019). L'effet dépressif de la CH sur les taux de fertilité peut donc être dû à une perte de poids suite à une diminution de l'ingestion d'aliment (Piles et al., 2012).

Saleil et al. (1998) rapportent qu'en CH les conditions climatiques du jour au moment de la saillie ont une influence marquée sur la fertilité des lapines élevées en plein air. Ceci se manifeste par une diminution de l'intensité d'ovulation et une augmentation des mortalités embryonnaires (Marai et al., 1996).

Durant la période AP succédant à la CH et correspondant en grande partie à la saison automnale, les lapines ont eu un taux de fertilité relativement faible (67,6 %). Cela pouvait être dû à une durée d'éclairage moindre en automne. Theau-Clément et Mercier (2004) montrent que l'éclairage, de par son intensité et sa durée, influence le taux d'ovulation qui se retrouve déprimé lorsque les jours décroissent en automne. Par ailleurs, une complémentation de cinq heures d'éclairage artificiel en fin de journée permet d'atténuer cet effet dépressif de l'éclairage et d'améliorer les résultats de la saillie en automne chez les lapines de la population locale tunisienne (Kennou, 1990). Un programme lumineux divisant les 24 heures en deux sous-unités de « huit heures d'éclairage + quatre heures d'obscurité » permet d'améliorer le taux de fertilité des lapines de 15 % (de 67,6 % à 82,6 %) et de réduire l'intervalle entre mise bas et saillie fécondante de cinq jours (de 24,2 à 19,2 jours) (Arveux et Troislouche, 1994).

Les taux élevés de mortinatalité enregistrés pendant la CH pouvaient être dus au fait que la chaleur affecte la qualité des ovocytes et le nombre d'embryons viables, ce qui peut provoquer des avortements et une augmentation du nombre de lapins mort-nés (Askar et Ismail, 2012). Ainsi, les températures élevées affectent la formation et la fonction des gamètes mâles et femelles, le développement embryonnaire et la croissance fœtale chez les mammifères en reproduction (Hansen, 2009). L'effet positif de la saison printanière, correspondant en grande partie à la période AV dans notre étude, est rapporté par Kumar et al. (2013). Ils confirment que le printemps est la saison la plus favorable à une reproduction efficace des lapines de chair dans des conditions climatiques subtropicales de l'Inde.

Effet de la saison sur la prolificité

Goby et Rochon (1994) soulignent que les conditions climatiques printanières, en particulier la température et la photopériode, et leur évolution au cours de la saison, favoriseraient la prolificité chez la lapine. Les meilleures performances de reproduction, particulièrement la taille de la portée sevrée, sont exprimées au cours de cette saison par des lapines de différentes races (Kumar et al., 2013). De même, nos résultats corroborent ceux de Zerrouki et al. (2005) qui notent, pour des femelles nullipares, les plus faibles valeurs de prolificité de l'année en CH. Jaouzi et al. (2006) au Maroc rapportent que la CH est la plus défavorable à la reproduction, ce qui nécessiterait parfois un arrêt de la mise en reproduction des animaux pendant cette période. Comme le suggère Askar et Ismail (2012), la diminution du nombre de nés totaux et de nés vivants pourrait être liée à l'effet négatif de la

chaleur sur la production et la qualité des follicules ovariens matures, diminuant ainsi le nombre et le développement d'embryons viables.

Le nombre faible de lapereaux sevrés enregistré en CH est lié à la diminution de la production laitière, elle-même due à la réduction de la consommation d'aliments sous l'effet des températures élevées (Zerrouki et al., 2005 ; Szendrő et al., 2012). Chibah et al. (2014), Chibah (2016), Amroun et al. (2018), et Zerrouki et al. (2014) montrent que l'effet dépressif de la CH sur le nombre de lapereaux sevrés est lié aux fortes mortalités durant la phase d'allaitement. Amroun et al. (2018) mettent en évidence un effet très significatif ($p < 0,0001$) de la saison sur les mortalités des lapereaux du même génotype sous la mère en relation avec la production laitière (quantité et qualité), et confirment la variabilité de la prolificité et de la production laitière en fonction de la saison. Les lapines produisent des quantités de lait plus importantes et plus riches en hiver et au printemps que celles mesurées en été et à l'automne, rejoignant ainsi les plus forts taux de mortalités des lapereaux (Amroun et al., 2018). Ces auteurs rapportent aussi un nombre de lapereaux sevrés très faible en période estivale, avec un écart de 11,8 % entre les saisons estivale et hivernale, lié à une différence de production laitière de 22 % (pour la souche synthétique) et de 25 % (pour la population blanche) de plus en hiver qu'en été. Selon García et al. (2019), la chaleur affecte négativement la production de lait pendant les trois premières semaines de lactation. L'animal utilise l'énergie pour maintenir sa température corporelle constante et la quantité d'éléments nutritifs nécessaires à la production de lait diminue (Askar et Ismail, 2012). Ce déficit de production laitière a pour conséquence la diminution de la croissance postnatale, du gain de poids et des chances de survie des lapereaux (Marco-Jiménez et al., 2017).

■ CONCLUSION

Notre étude a contribué à caractériser les performances de reproduction de la lapine de souche synthétique ITELV 2006 conduite en insémination artificielle. Les résultats suggèrent la supériorité de la souche synthétique par rapport aux populations locales. Suivies sur une période de 12 mois, les lapines ont enregistré des tailles de portées moyennes relativement élevées comparées à celles enregistrées chez les deux types locaux (populations blanche et locale). Ses performances sont très intéressantes en termes de nés vivants et de nombre de sevrés (8,4 et 7,4), malgré des taux de mortalités à la naissance et entre la naissance et le sevrage relativement élevés (13 %).

Les résultats obtenus sur l'introduction de l'insémination artificielle chez ces lapines ont montré l'intérêt majeur que représente son développement dans les élevages algériens. Les lapines de la souche synthétique ont préservé, dans la majorité des cas, ou même dépassé dans d'autres, les valeurs obtenues antérieurement. Elles ont enregistré de meilleures fertilités que celles rapportées par d'autres auteurs sur la même souche, conduite en saillie naturelle (taux de gravidité et de mise bas dépassant les 65 %).

La saison peut déprimer les performances de reproduction ainsi que les critères pondéraux des lapines et des lapereaux dans une région différente (Chlef, à l'ouest de l'Algérie) en raison d'un climat semi-aride, plus chaud que celui des études antérieures sur cette souche (Tizi Ouzou, au centre de l'Algérie). Notre étude a mis en évidence un effet favorable du printemps (février à mai) sur la reproduction et un effet dépressif de la saison chaude, qui est resté un facteur limitant de la productivité des lapines dans les conditions d'une longue période de hautes températures. Cela n'a pas arrêté la production des lapines mais les performances ont été plus faibles que pendant les deux autres saisons en raison de meilleures conditions d'ambiance, surtout de température. Ce travail peut être poursuivi sur une plus longue période afin de mettre en évidence l'effet de cette saison combiné

avec l'année sur les performances de reproduction et de production des lapines de ce type génétique.

Une étude de l'effet du mâle peut contribuer, en plus de la réceptivité sexuelle des lapines au moment de l'insémination, à améliorer l'expression des performances de reproduction des lapines. Un aspect important est la détermination des conditions d'utilisation du mâle, afin d'obtenir une quantité optimale et de bonne qualité de sperme et donc de semence. Enfin, cette étude permet de confirmer l'intérêt de la diffusion de cette souche dans les élevages pour permettre une meilleure production et assurer le développement de la cuniculture en Algérie, en raison de l'adaptation de cette souche aux conditions réelles d'élevage.

Remerciements

Les auteurs expriment leurs remerciements à la direction générale de la recherche scientifique et du développement technologique (DGRSDT) pour le financement de cette recherche.

Déclaration des contributions des auteurs

KB, AA, NDZ et EHL ont participé à la conception et à la planification de l'étude, EHL et KB ont recueilli les données ; KB a rédigé la première version du manuscrit, NDZ et EHL ont effectué les analyses statistiques ; NDZ a révisé le manuscrit.

Déclaration de conflits d'intérêts

L'étude a été réalisée sans aucun conflit d'intérêts.

REFERENCES

- Abdelli-Larbi O., Mazouzi-Hadid F., Berchiche M., Bolet G., Garreau H., Lebas F., 2014. Pre-weaning growth performance of kits of a local Algerian rabbit population: Influence of dam coat color, parity and kindling season. *World Rabbit Sci.*, **22**: 231-240, doi: 10.4995/wrs.2014.1493
- Amroun T.T., Zerrouki-Daoudi N., Charlier M., 2018. Mortalité des lapereaux sous la mère: effets de la saison de mise bas et de la production laitière des lapines de la population blanche et de la souche synthétique. *Livest. Res. Rural Dev.*, **30**, 14
- Arveux P., Troislouche G., 1994. Influence d'un programme lumineux discontinu sur la reproduction des lapins. In: 6^{es} Journées de la recherche cunicole, La Rochelle, France, 6-7 déc. 1994
- Askar A., Ismail E., 2012. Impact de l'exposition au stress thermique sur certaines caractéristiques de reproduction et physiologiques du lapin. *J. Egypt. Anim. Product.*, **49** (2) : 151-159
- Bolet G., Brun J.M., Lechevestrier S., Lopez M., Boucher S., 2004. Evaluation of the reproductive performance of eight rabbit breeds on experimental farms. *Anim. Res.*, **53**: 59-65, doi: 10.1051/animres:2003043
- Bolet G., Zerrouki N., Gacem M., Brun J.M., Lebas F., 2012. Genetic parameters and trends for litter and growth traits in a synthetic line of rabbits created in Algeria. In: 10th World Rabbit Congr., Sharm El Sheikh, Egypt, 3-6 Sept. 2012, 195-199
- Chibah K., 2016. Evaluation de la production laitière de la lapine et de la croissance du lapereau sous la mère de population blanche et de souche synthétique. Thèse Doct., Université Moloud Maamri, Tizi Ouzou, Algérie, 162 p.
- Chibah-Ait Bouziad K., Zerrouki-Daoudi N., 2015. Effets de la taille de portée à la naissance et du nombre de lapereaux allaités sur les aptitudes laitières des lapines de deux génotypes et sur la croissance des lapereaux avant sevrage. *Livest. Res. Rural Dev.*, **27**, 224
- Chibah-Ait Bouziad K., Zerrouki-Daoudi N., Amroun-Laga T., Lebas F., 2014. Effet de la taille de portée née ou allaitée sur la production laitière de lapines de deux types génétiques élevés dans des conditions d'élevage rationnelles. In : 7^{es} Journées de Recherche sur les productions animales, Tizi-Ouzou, Algérie, 10-11 nov. 2014
- Daboussi I., 2014. Evaluation des performances génétiques des lapins reproducteurs en Tunisie. In : Sémin. Int. Elevage et faune sauvage en milieux arides et désertiques, Djerba, Tunisie, 16-18 déc. 2014, 43-44

- Dal Bosco A., Rebollar P.G., Boiti C., Zerani M., Castellini C., 2011. Ovulation induction in rabbit does: Current knowledge and perspectives. *Anim. Reprod. Sci.*, **129** (3-4): 106-117, doi: 10.1016/j.anireprosci.2011.11.007
- Deprès F., Theau-Clément M., Lorvelec O., 1994. Productivité des lapines élevées en Guadeloupe: Influence du type génétique, de l'allongement de la durée d'éclaircissement, de la saison et du stade physiologique. In: Journées de la recherche cunicole, La Rochelle, France, 6-7 déc. 1994, 10 p
- Gacem M., Zerrouki N., Lebas F., Bolet G., 2008. Strategy for developing rabbit meat production in Algeria: creation and selection of a synthetic strain. In: 9th World Rabbit Congr., Verona, Italy, 10-13 June 2008, 85-89
- Gacem M., Zerrouki N., Lebas F., Bolet G., 2009. Comparaison des performances de production d'une souche synthétique avec les deux populations disponibles en Algérie. In: 13^{es} Journées de la recherche cunicole, Le Mans, France, 17-18 nov. 2009, 15-18
- García Hernández Y., Ponce de León Senti R.E., Ledesma Rodriguez A., Rodriguez Calvo Y., Garcia Quiñones D., 2019. Influencia del nivel de calor en rasgos de prolificidad en conejos en Cuba. *Livest. Res. Rural Dev.*, **31** (1), 4
- Goby J.P., Rochon J.J., 1994. Etude comparative des résultats techniques obtenus entre une maternité en système clos et une maternité plein air dans le sud de la France (Roussillon). In: 6^{es} Journées de recherche cunicole, La Rochelle, France, 6-7 déc. 1994, 467-472
- Golimytis M., Skoupa E.P., Konga A., Symeon G.K., Charismiadou M.A., Deligeorgis S.G., 2016. Influence of gestation maternal feed restriction on growth performance and meat quality of rabbit offsprings. *Animal*, **10** (1): 157-162, doi: 10.1017/S1751731115001871
- Hansen P.J., 2009. Effects of heat stress on mammalian reproduction. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, **364**: 3341-3350, doi: 10.1098/rstb.2009.0131
- Jaouzi T., Barkok A., El Maharzi L., Bouzeakraoui A., Archa B., 2006. Etude sur les systèmes de production cunicole au Maroc. *Cunicult. Mag.*, **33**: 99-110
- Kennou S., Lebas F., 1990. Résultats de reproduction des lapines locales Tunisiennes élevées en colonies au sol. *Option Méditerran., Sé. A*, **8** : 93-96
- Kumar D., Risam K.S., Bhatt R.S., Singh U., 2013. Reproductive performance of different breeds of broiler rabbits under sub-temperate climatic conditions. *World Rabbit Sci.*, **21**: 169-173, doi: 10.4995/wrs.2013.1196
- Lankri E., Boudour K., Aichouni A., Rechachou F., 2019. Effet du niveau d'alimentation et du taux protéique de la ration sur la libido et les caractéristiques de la semence du lapin de la souche ITELV 2006. In: 18^{es} Journées de la recherche cunicole, Nantes, France, 27-28 mai 2019, 86-90
- Lebas F., Coudert P., De Rochambeau H., Thébeault R., 1996. Le lapin, élevage et pathologie. Rome, Italie, FAO, 217 p.
- Marai I.F.M., Ayyat M.S., Gaber H.A., Abdel-Monem U.M., 1996. Effect of heats stress and its amelioration on reproduction performance of New-Zealand White adult female and male rabbits, under Egyptian conditions. *World Rabbit Sci.*, **2**: 197-202
- Marai I.F.M., Haebe A.A.M., Gad A.E., 2007. Fonctions biologiques chez des jeunes lapins gravides affectés par le stress thermique et le régime d'éclairage dans des conditions subtropicales en égypte. *groécocosy. Trop. Subtrop.*, **7**: 165-176
- Marco-Jiménez F., García-Diego F.J., Vicente J.S., 2017. Effet de l'exposition pendant la gestation et l'allaitement au stress thermique sur la performance du lapin. *World Rabbit Sci.*, **25**: 17-25, doi: 10.4995/wrs.2017.5728
- McNitt J.L., Lukefahr S.D., 1990. Effect of breed, parity, day of lactation and number of kits on milk production of rabbit. *J. Anim. Sci.* **68**: 1505-1512, doi: 10.2527/1990.6861505x
- Moula F., Yakhlef H., 2007. Evaluation des performances de reproduction d'une population locale de lapins en Algérie. In: 12^{es} Journées de la recherche cunicole, Le Mans, France. 27- 28 nov. 2007, 45-48
- Moumen S., 2017. Influence du rythme de reproduction sur les performances de reproduction et de production des lapines de population locale : étude de la relation entre l'état nutritionnel de la femelle et sa fécondité. Thèse Doct., Université Batna, Algérie
- Piles M., Bakr M.H., Tusell L., Blas E., Sanchez J.P., Ramon J., Rafael O., 2012. The effect of high environmental temperature on doe performance during lactation. In: Proc. 10th World Rabbit Congr., Sharm El- Sheikh, Egypt, 3-6 Sept. 2012, 1009-1013
- Saleil G., Goby J.P., Richard F., Bochech V., 1998. Influence des conditions climatiques sur la reproduction du lapin élevé en plein-air. In : 7^{es} Journées de la recherche cunicole, Lyon, France, 13-14 mai 1998
- Sid S., Benyoucef M.T., Mefti Korteby H., Boudjenah H., 2018a. Performances de reproduction des lapines de souche synthétique et de population blanche en Algérie. *Livest. Res. Rural Dev.* **30** (7), 120
- Sid S., Benyoucef M.T., Mefti Korteby H., Boudjenah H., 2018b. Variation de la prolificité des lapines locales en fonction du génotype (souche synthétique et la population blanche). *Rev. Agro. Bio.*, **8** (2) : 1001-1008
- Sid S., Benyoucef M., Mefti Korteby H., Boudjenah A., Toui H., 2014. Etude comparative sur les critères de la prolificité chez les lapins des deux populations locales. In : Sémin. national de la biodiversité faunistique, Alger, Algérie, 7-9 déc. 2014
- SzendrőZs., Szendrő K., Dalle Zotte A., 2012. Management of reproduction on small, medium and large rabbit farms: A review. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* **25** (5): 738-748, doi: 10.5713/ajas.2012.12015
- Theau-Clément M., Mercier P., 2004. Influence of lighting programs on the productivity of rabbit does of two genetic types. In: 8th World Rabbit Congr., Puebla, Mexico, 7-10 Sept. 2004, 358-363
- Villagrà A., Blanes V., Torres A., 2004. Physiologie environnementale et bioclimatique du lapin. *Bull. Elev.*, 13-16
- Zerrouki N., Hannach R., Lebas F., Saoudi A., 2007. Productivité de lapines d'une souche blanche de la région de Tizi Ouzou en Algérie. In: 12^{es} Journées de la recherche cunicole, Leman, France, 27-28 nov. 2007, 141-144
- Zerrouki N., Lebas F., Berchiche M., Bolet G., 2005. Evaluation of milk production of a local Algerian rabbit population raised in the Tizi Ouzou area (Kabylia). *World Rabbit Sci.*, **13**: 39-47, doi: 10.4995/wrs.2005.530
- Zerrouki N., Lebas F., Gacem M., Mefti I., Bolet G., 2014. Reproduction performances of a synthetic rabbit line and rabbits of local populations in Algeria, in two breeding locations. *World Rabbit Sci.*, **22**: 269-278, doi: 10.4995/wrs.2014.2129

Summary

Boudour K., Lankri El H., Zerrouki N.D., Aichouni A. Performances of Algerian-synthetic-strain rabbits managed with artificial insemination: Effect of the season

The objective of the study was to characterize the reproductive (fertility, reproductive productiveness, mortality) and weight performances of rabbits of the Algerian synthetic strain "ITELV 2006", conducted by artificial insemination (AI) with a semi-intensive rhythm (parturition – AI: 12-day intervals). For two consecutive years (2017 and 2018), we monitored the breeding behavior of 73 female rabbits, submitted to 327 AI, at

Resumen

Boudour K., Lankri El H., Zerrouki N.D., Aichouni A. Rendimiento de los conejos de cepa sintética argelina manejados con inseminación artificial: efecto de la estación

El objetivo del estudio fue el de caracterizar los rendimientos reproductivos (fertilidad, prolificidad, mortalidades) y ponderales de conejas de la cepa sintética argelina "ITELV2006", producidas por inseminación artificial (IA) con un ritmo semi-intensivo (intervalo de parto – IA: de 12 días). Durante dos años consecutivos (2017-2018), se llevó a cabo un seguimiento del comportamiento reproductivo de 73 conejas, objeto de 327 IA,

the animal house of the University of Chlef (Algeria). Throughout the study period, AI was performed using semen collected from males of the same genetic type and analyzed locally. Data on AI, palpation, parturition and weaning were recorded for all females. The season effect on weight criteria and reproductive performances of the rabbits was analyzed. All data were subjected to an analysis of variance. Females showed a good reproductive productiveness of 9.5 ± 2.4 total births, of which 8.4 ± 2.9 were born alive per parturition and 7.4 ± 2.6 weaned per weaning, with fertility rates of $85.6 \pm 35.1\%$ at palpation and $69.7 \pm 45.9\%$ at parturition. The adult weight of the females at AI was 3584 ± 391 g. The average weight of the rabbits was 63 ± 13 g at birth and 490 ± 81 g at weaning. A highly significant season effect was recorded on fertility and reproductive productiveness of rabbits, and on young rabbit weights and stillbirths, with the lowest values recorded in the hot season (63% fertility). However, the females remained productive during the hot season.

Keywords: *Oryctolagus*, rabbits, weight, fertility, conception rate, mortality, season, Algeria

en las instalaciones animales de la Universidad de Chlef (Argelia). Durante toda la duración del estudio, las IA se realizaron a partir de semen recolectado de machos del mismo tipo genético y analizado localmente. Los datos relativos a la IA, a la palpación, al parto y al destete se registraron para la colectividad de las hembras. Se analizó el efecto de la estación sobre los criterios de peso y los rendimientos de reproducción de los conejos. Todos los datos fueron sometidos a un análisis de varianza. Las hembras mostraron una buena prolificidad de $9,5 \pm 2,4$ nacidos totales, de los cuáles $8,4 \pm 2,9$ nacidos vivos por parto y $7,4 \pm 2,6$ destetados por destete, con tasas de fertilidad de $85,6 \pm 35,1\%$ a la palpación y $69,7 \pm 45,9\%$ al parto. El peso adulto de las hembras a la IA fue de 3584 ± 391 g. El gazapo pesó en promedio 63 ± 13 g al nacimiento y 490 ± 81 g al destete. Se registró un efecto altamente significativo de la estación sobre la fertilidad y la prolificidad de las conejas y sobre el peso y la mortinatalidad de los gazapos con los valores menores registrados durante la estación caliente (63% de la fertilidad). Sin embargo, las hembras permanecieron productivas durante este periodo de gran calor.

Palabras clave: *Oryctolagus*, conejo, peso, fertilidad, prolificidad, mortalidad, estación, Argelia

Supplémentation alimentaire pour synchroniser les chaleurs et améliorer les performances de reproduction des caprins à Madagascar

Julien Honoré Andrianarisoa ¹

Josoa Ramarolanonana Randriamalala ^{1,2*}

Arsène Jules Mbolatianarizao Randrianariveloseheno ²

Radobarimanjaka Rabeniala ¹

Mots-clés

Caprin, fertilité, prolificité, *flushing*, Madagascar

Submitted: 20 June 2019

Accepted: 24 April 2020

Published: 29 June 2020

DOI: 10.19182/remvt.31877

Résumé

Les zones littorales du Sud-Ouest malgache sont les plus arides de l'île. L'élevage de petits ruminants y est la principale source de revenus pour les populations locales. Or, leur reproduction, surtout celle des caprins, y est entravée par des conditions défavorables zootechniques (génétique et conduite d'élevage) et agroclimatiques (faible disponibilité fourragère pendant la longue saison sèche). Des méthodes d'amélioration des performances de la reproduction de l'élevage caprin existent : l'insémination artificielle, les traitements hormonaux, l'effet mâle et la supplémentation alimentaire ou *flushing*. Le *flushing* est une méthode simple à mettre œuvre et n'implique pas de modification importante des pratiques pastorales ; il est le plus adapté aux conditions de ce site semi-aride. Deux lots d'animaux déparasités ont été utilisés durant 45 jours en juillet-août (saison sèche) : un lot de 207 femelles avec un aliment énergétique (*flushing*), du manioc sec, à raison de 500 g/jour, et un lot témoin de 184 chèvres. Des paramètres de reproduction ont été enregistrés : taux de fertilité, taux de fécondité, taux de prolificité et taux de survie à l'âge de 30 jours. Des améliorations significatives de la fertilité (81 % vs 28 %) et de la fécondité (69 % vs 25 %) des femelles traitées ont été observées. La prolificité du lot traité (120 %) a été légèrement supérieure à celle du lot témoin (115 %), sans différence significative. Trente jours après la naissance, le taux de survie des chevreaux du lot traité a été significativement plus élevé (67 % vs 25 % pour le lot témoin). La méthode du *flushing* a amélioré les paramètres de reproduction des caprins autochtones ainsi que la productivité numérique et économique de l'élevage caprin en zone semi-aride du Sud-Ouest malgache.

■ Comment citer cet article : Andrianarisoa J.H., Randriamalala J.R., Mbolatianarizao Randrianariveloseheno A.J., Rabeniala R., 2020. Feed supplementation to synchronize estrous and improve the reproductive performance of goats in Madagascar. *Rev. Elev. Méd. Vet. Pays Trop.*, 73 (2): 99-106, doi : 10.19182/remvt.31877

1. Diagnostic environnemental et recherches appliquées pour le développement en milieu rural (DERAD), Vontovorona, Antananarivo, Madagascar.

2. Ecole supérieure des sciences agronomiques (ESSA), BP 175, Université d'Antananarivo, Ankatso, Antananarivo 101, Madagascar.

* Auteur pour la correspondance

Email : ramarolanonana@gmail.com



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

■ INTRODUCTION

L'élevage de petits ruminants de races locales (caprins, *Capra hircus*, et ovins, *Ovis aries*) est principalement pratiqué dans l'extrême Sud et le Sud-Ouest malgache (régions Atsimo Andrefana et Androy) où se concentre plus de 80 % du cheptel national (ministère de l'Élevage, 2012). L'élevage caprin y est la principale source de revenus pour les populations vivant dans les zones côtières, les plus arides

de l'île (Rabeniala et al., 2009 ; Raoliarivelo et al., 2010). Les raisons suivantes peuvent expliquer ce fait : a) la zone est globalement peu propice à l'agriculture car trop aride, les revenus provenant des ventes régulières de caprins assurent l'achat de produits de première nécessité (Raoliarivelo et al., 2010 ; Hanke, 2016) ; b) les caprins s'adaptent bien au climat semi-aride qui y prévaut ; et c) le cheptel, qui constitue une source importante de revenus des ménages, est considéré comme un signe extérieur de richesse (Raoliarivelo et al., 2010). Les caprins sont également des animaux prolifiques car une femelle peut donner naissance jusqu'à trois individus par portée (Amoah et al., 1996 ; Kusina et al., 2001) et deux à trois portées en deux ans. De plus, l'élevage caprin peut également être considéré comme une activité alternative à la fabrication de charbon de bois qui est la principale source de dégradation des fourrés xérophiles du Sud-Ouest malgache (Randriamalala et al., 2016 ; 2017). En effet, les deux activités (élevage et fabrication de charbon) exploitent les fourrés xérophiles qui servent de pâturage aux caprins et de sources de bois à carboniser.

L'élevage caprin peut ainsi servir de levier pour lutter contre l'insécurité alimentaire et la pauvreté, phénomènes qui prévalent dans le grand Sud malgache. Mais les conduites actuelles de cet élevage dans cette région, qui ne permettent d'obtenir qu'une mise bas par an, limitent sa production pendant la courte saison des pluies (Andrianarisoa, 2013 ; Feldt et al., 2016). De plus, cette mise bas a surtout lieu pendant la saison sèche (juin-juillet ; Andrianarisoa, 2013) au cours de laquelle une faible disponibilité fourragère prévaut dans les pâturages (Rabeniala et al., 2009), d'où l'intérêt de l'améliorer. L'induction des chaleurs des femelles en dehors de la saison de reproduction naturelle est possible et peut augmenter le nombre de naissances et améliorer les performances de reproduction en général. Durant la période de déficit fourrager, cette induction des chaleurs après mise bas aboutit à un groupage des naissances en saison des pluies (contre-saison). Deux moyens sont possibles pour induire et grouper les chaleurs en contre-saison. Le premier consiste à utiliser des produits hormonaux (Greyling et Van der Nest, 2000 ; Motlomelo et al., 2002 ; Lehloeny et al., 2008) combinés avec l'insémination artificielle (Lehloeny et al., 2005 ; 2008) ou avec la monte naturelle (Chemineau, 1989 ; Kausar et al., 2009). Le second consiste à utiliser des moyens zootechniques (photopériodisme, effet mâle, et supplémentation alimentaire ou *flushing*) combinés avec la monte naturelle (Acero-Camelo et al., 2008). L'application des moyens hormonaux et l'insémination artificielle sont coûteuses et requièrent une maîtrise de la technologie assez complexe (stockage et administration des produits hormonaux et des semences) qui n'est pas à la portée des éleveurs du grand Sud malgache. D'où la nécessité de trouver des techniques plus simples et plus pratiques pour grouper les chaleurs en contre-saison.

Le *flushing* peut être envisagé (Molle et al., 1995 ; 1997 ; Kusina et al., 2001). Notre objectif était de tester avec des éleveurs pilotes l'efficacité de cette technique pour induire les chaleurs de caprins dans le Sud-Ouest malgache en saison sèche et améliorer les performances de reproduction (fertilité, fécondité et prolificité).

■ MATERIEL ET METHODES

Site d'étude

Le site d'étude inclut les communes rurales de Soalara Sud et de Beheloke, dans le district de Toliara II, dans la région Atsimo Andrefana, du Sud-Ouest malgache. Le climat est de type semi-aride avec une pluviométrie annuelle moyenne de 350 millimètres et une saison sèche d'environ neuf mois (avril à décembre ; Gaspard et al., 2018). Les sols sont de nature sableuse peu évoluée dans les formations dunaires, ou de nature calcaire sur affleurements de grès calcaires. La végétation naturelle est un fourré xérophile à *Didiereaceae* et *Euphorbiaceae* (Cornet et Guillaumet, 1976).

Les populations locales vivent de l'agriculture, de l'élevage de petits ruminants, de la pêche et de la fabrication de charbon de bois (Raoliarivelo et al., 2010). Le maïs, le manioc et la patate douce sont les principales cultures (Rabeniala et al., 2009). L'élevage des petits ruminants est la principale source de revenus (Raoliarivelo et al., 2010). L'objectif est de posséder le plus de têtes de bétail possible. La densité des petits ruminants dans le site d'étude est environ d'une tête par hectare et chaque ménage possède en moyenne 60 têtes (de 2 à 180 têtes ; Rabeniala et al., 2009). Les caprins représentent plus de 85 % du cheptel de petits ruminants (Rabeniala et al., 2009), c'est pourquoi ils ont été les seuls considérés dans ce travail. L'élevage caprin est orienté vers la production de viande et accessoirement vers la production de lait. La nutrition des caprins dans notre site d'étude est principalement constituée par des feuilles et des brindilles d'arbustes comme *Commiphora* sp., *Rhigozum madagascariense*, *Talinella boviniana*, *Dicoma incana*, *Diospyros latispathulata*, *Solanum bumeiaefolium* et *Chadsia flammea* (Randriamalala, 2014). Les chevriers sortent les troupeaux caprins de leurs enclos vers 6-7 h du matin et les conduisent aux points d'eau les plus proches (< 30 minutes de marche) avant de les conduire aux pâturages où ils sont laissés sans attache pendant la journée. Les chevriers retournent aux pâturages pour ramener les troupeaux à l'enclos vers 15-16 h. Le retour peut prendre plus de deux heures puisque les animaux continuent à se nourrir en chemin. Ainsi, la durée du parcours journalier est de 10-12 h (Randriamalala, 2014).

Dans le Sud-Ouest malgache, les saillies ont lieu pendant la saison des pluies, en janvier-février (figure 1). Les fourrages sont abondants dans le parcours naturel pendant cette période de l'année et les chèvres présentent un bon état d'embonpoint, ce qui les prédispose à la reproduction. La gravidité dure cinq à six mois et les mises bas ont lieu en début de saison sèche (mai-juin ; figure 1). Une faible disponibilité fourragère prévaut pendant cette saison et provoque un état général de maigreur chez les chèvres et de fortes mortalités chez les chevreaux nouveau-nés selon les éleveurs. Après une courte période de repos sexuel (> 40 jours), les femelles peuvent à nouveau être fécondées. Mais leur mauvais état d'embonpoint limite l'efficacité des accouplements et la proportion de chèvres gravides pendant la saison sèche est faible. Les mises bas correspondantes surviennent en saison des pluies (janvier-février ; figure 1), ce qui améliore le taux de survie de chevreaux. Les interventions liées au *flushing* ont eu pour but

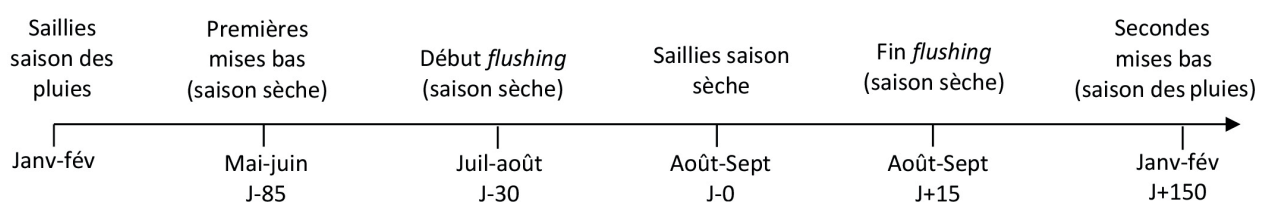


Figure 1 : chronogramme de la reproduction améliorée des chèvres du Sud-Ouest malgache.

a) d'augmenter la proportion de chèvres fécondées en saison sèche dans les troupeaux (juin-juillet), et/ou b) de synchroniser les chaleurs des femelles reproductrices pendant cette saison et ainsi d'augmenter le nombre de mises bas en saison des pluies (janvier-février ; figure 1).

Protocole expérimental et traitement des données

Onze éleveurs pilotes dans les deux communes rurales ont été sélectionnés, soit 391 chèvres dont 207 traitées et 184 témoins (tableau I). Les critères de choix de ces éleveurs ont été leur volonté de collaborer, la disponibilité d'un troupeau contenant au moins 20 femelles reproductrices en pleine carrière et la disponibilité de mâles pour assurer les montes (au moins un mâle pour 15 femelles). Le *flushing* a été pratiqué durant la saison sèche (juillet à août 2013) pendant laquelle prévalaient une faible disponibilité fourragère et un mauvais état corporel des femelles reproductrices (amaigrissement excessif). Le manioc a été utilisé comme complément alimentaire. Cet aliment énergétique est cultivé et disponible localement et son prix est abordable par rapport aux autres aliments énergétiques. Avec des chèvres cyclées, le traitement par *flushing* consiste en un apport de manioc sec concassé à raison de 500 grammes par tête par jour (environ 0,53 unité fourragère ; André, 1975) pendant 45 jours (figure 1). En effet, la durée minimale de l'intervalle entre mise bas et premières chaleurs est de 35–42 jours pour les chèvres (figure 1 ; Zarrouk et al., 2001). Ces 500 grammes apportent les suppléments d'énergie qui favorisent la reproduction, les besoins énergétiques pour l'entretien de l'animal étant apportés par les fourrages naturels au pâturage. Le manioc était proposé après l'abreuvement afin d'éviter d'éventuelles intoxications dues aux glycosides cyanogéniques.

Les comportements alimentaires journaliers des animaux, les parcours naturels ainsi que les modes de conduite des troupeaux n'ont pas été modifiés durant le traitement. En particulier, aucune séparation des boucs et des femelles dans le troupeau n'a été mise en place. Une nouvelle chèvrerie a été construite dans chaque élevage pour isoler les femelles traitées pendant l'alimentation qui n'a duré pas plus d'une heure par jour. Les troupeaux (traités et témoins) ont été déparasités par voie orale à l'aide de produits à large spectre à base d'ivermectine, de lévamisole ou d'albendazole sept jours avant le début du traitement, aux doses prescrites. Un rappel de déparasitage a eu lieu dix jours plus tard afin d'éviter la spoliation des éléments

nutritifs par les parasites intestinaux. Les performances de reproduction des femelles ont été caractérisées par les paramètres suivants : le taux de fertilité, qui est le rapport entre le nombre de femelles mettant bas et le nombre de femelles mises à la reproduction ; le taux de fécondité, qui est le nombre de chevreaux nés rapporté au nombre de femelles mises à la reproduction ; le taux de prolificité, défini comme le nombre de chevreaux nés, ramené au nombre de mises bas ; et le taux de survie à un mois qui est le rapport entre le nombre de chevreaux survivants 30 jours après la naissance et le nombre de femelles mises à la reproduction.

Des tests de fréquences (Xlstat 6.03 ; Addinsoft, 1995–2008) ont été utilisés pour comparer les taux de fertilité, de fécondité et de survie des troupeaux traités et témoins. Des tests de comparaison de moyennes pour échantillons appariés (Xlstat 6.03) ont été appliqués pour analyser les effets du traitement sur les valeurs moyennes des paramètres de reproduction (taux de fertilité, de fécondité et de survie des troupeaux traités et témoins).

La rentabilité de la pratique du *flushing* a été calculée en comparant le coût de revient au chiffre d'affaires (CA). Le coût de revient de la pratique du *flushing* comprenait le coût du manioc sec et le coût des produits de déparasitage. Celui de la conduite d'élevage traditionnelle était pratiquement nul puisqu'aucun intrant n'a été utilisé. Le CA provenait des ventes d'animaux. Si l'on suppose que l'éleveur vend un nombre d'individus équivalent à celui de chevreaux nés dont la survie est assurée, alors le CA par femelle reproductrice peut se calculer selon l'équation (1) :

CA = Taux de fécondité × Taux de survie à 30 jours × Prix d'un animal adulte

Le bénéfice maximal espéré est la différence entre le CA et le coût de revient.

■ RESULTATS

Fertilité, fécondité et survie à 30 jours

Les taux moyens de fécondité et de fertilité des femelles traitées (respectivement 81 % et 69 %) ont été globalement plus élevés que ceux des témoins (respectivement 28 % et 25 % ; tableau II ; figure 2). Le *flushing* a plus que doublé les taux de fertilité et de fécondité des chèvres. Les taux de fécondité des individus traités dans les villages de Soalara-Sud (E1 à E8) ont été particulièrement élevés et ont été significativement différents de ceux des individus témoins des mêmes villages ($p \leq 0,004$; tableau II). Le taux moyen de survie à 30 jours des chevreaux des femelles traitées a également été significativement plus élevé que celui des témoins (67 % vs 25 % ; tableau II ; figure 2).

Prolificité

Le taux de prolificité des troupeaux traités a été proche de 100 % (117 % ; $n = 207$; tableau II ; figure 2), ce qui correspond à des naissances simples, comparables à celles des témoins (106 % ; $n = 184$). La supplémentation alimentaire n'a pas eu d'effet significatif sur le nombre de chevreaux nés par portée.

Rentabilité potentielle de la pratique du *flushing*

Le coût du manioc sec était environ de 2,50 euros (€) par tête et celui des produits de déparasitage environ de 0,13 €. Le coût de revient du *flushing* était ainsi environ de 2,6 €. Le prix minimal d'une chèvre adulte sur le marché était environ de 12,50 € en 2013-2014. En appliquant l'équation (1), le CA associé à une chèvre adulte traitée pendant une saison sèche était de 6,78 € (tableau III). Le bénéfice de l'éleveur par tête et pour six mois était ainsi de 4,15 € pour une chèvre traitée. Le revenu maximal espéré provenant de la pratique du *flushing* était

Tableau I

Distribution des lots de chèvres dans le site d'étude (Sud-Ouest malgache)

| Commune | Village | Eleveur | Effectif | |
|-------------|---------------|---------|----------|--------|
| | | | Traité | Témoin |
| Soalara-Sud | Soalara | E1 | 20 | 23 |
| | Antsirafaly | E2 | 20 | 5 |
| | Antsirafaly | E3 | 20 | 42 |
| | Antsirafaly | E4 | 20 | 11 |
| | Akaranila | E5 | 20 | 15 |
| | Akaranila | E6 | 20 | 18 |
| | Akaranila | E7 | 20 | 25 |
| | Andranotohoke | E8 | 20 | 14 |
| Beheloka | Manandro | E9 | 16 | 8 |
| | Manandro | E10 | 20 | 17 |
| | Andrakalily | E11 | 11 | 6 |
| Total | | | 207 | 184 |

Tableau II

Résultats des essais sur la reproduction sur des chèvres du Sud-Ouest malgache

| Eleveur | | E1 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 | E9 | E10 | E11 | E12 | Total | Moy. |
|-------------------------------|---|-------|---------|---------|-------|---------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|---------|----------|
| N total | T | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 16 | 20 | 11 | 207 | |
| | t | 23 | 5 | 42 | 11 | 15 | 18 | 25 | 14 | 8 | 17 | 6 | 184 | |
| Naissance | T | 12 | 20 | 18 | 16 | 15 | 20 | 12 | 5 | 12 | 14 | 3 | 147 | |
| | t | 4 | 1 | 17 | 3 | 2 | 7 | 6 | 0 | 5 | 6 | 0 | 51 | |
| Chevreau né | T | 12 | 24 | 18 | 16 | 24 | 23 | 17 | 9 | 12 | 14 | 3 | 172 | |
| | t | 4 | 2 | 17 | 3 | 2 | 7 | 8 | 0 | 5 | 6 | 0 | 54 | |
| Survivant après 30 jours | T | 12 | 20 | 18 | 16 | 14 | 16 | 12 | 5 | 12 | 14 | 3 | 142 | |
| | t | 4 | 1 | 17 | 3 | 2 | 7 | 6 | 0 | 5 | 6 | 0 | 51 | |
| Taux de fécondité (%) | T | 60 | 120 | 90 | 80 | 120 | 115 | 85 | 45 | 75 | 70 | 27 | 83 | 81 (20) |
| | t | 17 | 40 | 40 | 27 | 13 | 39 | 32 | 0 | 63 | 35 | 0 | 29 | 28 (13) |
| | P | 0,004 | < 0,001 | < 0,001 | 0,004 | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | 0,003 | 0,525 | 0,035 | 0,159 | < 0,001 | |
| | z | 2,88 | 3,69 | 3,68 | 2,88 | 5,25 | 4,15 | 3,56 | 2,93 | 0,64 | 2,11 | 1,41 | 10,74 | |
| Taux de fertilité (%) | T | 60 | 100 | 90 | 80 | 75 | 100 | 60 | 25 | 75 | 70 | 27 | 71 | 69 (17) |
| | t | 17 | 20 | 40 | 27 | 13 | 39 | 24 | 0 | 63 | 35 | 0 | 28 | 25 (12) |
| | p | 0,004 | < 0,001 | < 0,001 | 0,004 | < 0,001 | 0,01 | 0,014 | 0,043 | 0,525 | 0,035 | 0,159 | < 0,001 | |
| | z | 2,88 | 4,36 | 3,68 | 2,88 | 3,33 | 2,59 | 2,45 | 2,03 | 0,64 | 2,11 | 1,41 | 8,07 | |
| Taux de prolificité (%) | T | 100 | 120 | 100 | 100 | 160 | 115 | 142 | 180 | 100 | 100 | 100 | 117 | 120 (19) |
| | t | 100 | 200 | 100 | 100 | 100 | 100 | 133 | . | 100 | 100 | . | 106 | 115 (27) |
| Taux de survie à 30 jours (%) | T | 60 | 100 | 90 | 80 | 70 | 80 | 60 | 25 | 75 | 70 | 27 | 69 | 67 (16) |
| | t | 17 | 20 | 40 | 27 | 13 | 39 | 24 | 0 | 63 | 35 | 0 | 28 | 25 (12) |
| | p | 0,004 | < 0,001 | < 0,001 | 0,004 | 0,001 | 0,01 | 0,014 | 0,043 | 0,525 | 0,035 | 0,159 | < 0,001 | |
| | z | 2,88 | 4,36 | 3,68 | 2,88 | 3,33 | 2,59 | 2,45 | 2,03 | 0,64 | 2,11 | 1,41 | 8,55 | |

Moy. : moyenne ; T : traité ; t : témoin ; p : degré de signification des tests de fréquences ; z : statistique des tests de fréquences ; (entre parenthèses, dernière colonne) : erreur standard

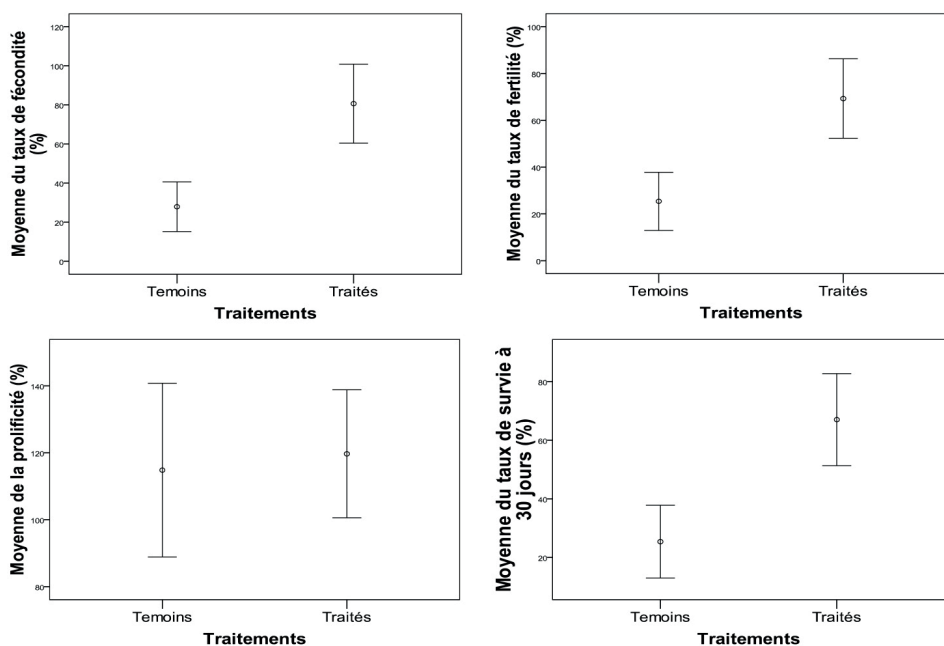


Figure 2 : effets globaux des traitements sur les paramètres de reproduction des chèvres du Sud-Ouest malgache ; barre verticale : erreur standard.

largement supérieur à celui obtenu par l'élevage traditionnel (0,91 € ; tableau III).

Le tableau IV résume les résultats sur la reproduction des caprins en les comparant avec la littérature où diverses méthodes de groupage des chaleurs ont été utilisées.

■ DISCUSSION

Limite et avantage de l'approche adoptée

L'étude a été menée chez des éleveurs autochtones. Des facteurs de la reproduction n'ont pas été maîtrisés : les moments de l'ovulation, des chaleurs et éventuellement de l'accouplement. Ce n'est pas le cas pour la plupart des études sur la synchronisation de l'œstrus chez les chèvres, menées dans des sites d'expérimentation où les paramètres de reproduction comme les moments d'ovulation, des chaleurs, d'accouplement, de gravidité et de mise bas sont maîtrisés (Regueiro et al., 1999 ; Motlomelo et al., 2002 ; Lehloenya et Greyling, 2010). Par contre, les présents résultats ont l'avantage d'être plus réalistes et plus faciles à vulgariser car ils n'ont pas été obtenus dans les conditions optimales des sites d'expérimentation, mais dans les conditions réelles de l'élevage. De plus, les naissances en janvier des chevreaux issus des chaleurs induites en saison sèche par le *flushing* coïncident avec le début de la saison des pluies, période d'abondance de fourrages, ce qui laisse présager un faible taux des mortalités liées à l'insuffisance alimentaire. En effet, les saillies habituelles des chèvres dans le site d'étude ont lieu en janvier-février et les naissances correspondantes se

produisent en mai-juillet, pendant la saison sèche au cours de laquelle prévaut une faible disponibilité fourragère, ce qui contribue à un taux élevé de mortalités chez les nouveau-nés, selon les éleveurs.

Comparaison avec d'autres techniques de synchronisation des chaleurs

Au Zimbabwe, Kusina et al. (2001) ont effectué des recherches sur les effets de différents niveaux d'énergie correspondant à l'alimentation de chèvres Mansona sur la synchronisation de leurs chaleurs et sur leur fertilité en utilisant la monte naturelle et deux injections, espacées de 11 jours, de 100 mg de cloprostenol. Ils trouvent des taux moyens de fertilité globalement supérieurs (73–100 %) à celui des chèvres traitées dans notre étude (69 %). Il en est de même avec les taux moyens de fécondité de 120–160 % contre 81 % dans notre étude. De même, l'utilisation d'éponges imbibées de 60 mg d'acétate de médroxyprogestérone et de l'effet mâle sur des chèvres se nourrissant d'un pâturage à *Sorghum vulgare*, *Medicago sativa* et *Sesbania aculeata*, (Kausar et al., 2009) au Pakistan a abouti à l'obtention d'un taux moyen de fertilité de 87,5 %, plus élevé que celui de notre étude (69 %). Par contre, la moyenne des taux de prolificité obtenus dans leur étude (130 %) est comparable à celle de notre étude (120 %). Enfin, l'usage d'hormone gonadotrophine chorionique équine (eCG) ou de la supplémentation alimentaire (orge, huile de soja ou de tournesol) couplé avec des inséminations artificielles sur des chèvres en Iran ont abouti à des taux moyens de fertilité de 88–100 % (Kia et al., 2012), nettement supérieurs à celui de nos chèvres traitées. Les taux

Tableau III

Rentabilité potentielle de la pratique du *flushing* dans les troupeaux de chèvres du Sud-Ouest malgache

| Nb. de chèvres mises à la reproduction | Prix d'un animal adulte (€) | Chiffre d'affaires avec <i>flushing</i> (€) | Coût de revient <i>flushing</i> (€) | Bénéfice <i>flushing</i> (€) | Chiffre d'affaires sans <i>flushing</i> (€) |
|--|-----------------------------|---|-------------------------------------|------------------------------|---|
| 1 | 12,50 | 6,78 | 2,63 | 4,15 | 0,91 |
| 10 | 12,50 | 67,84 | 26,25 | 41,59 | 9,10 |
| 20 | 12,50 | 135,68 | 52,50 | 83,18 | 18,20 |
| 30 | 12,50 | 203,51 | 78,75 | 124,76 | 27,30 |
| 40 | 12,50 | 271,35 | 105,00 | 166,35 | 36,40 |
| 60 | 12,50 | 407,03 | 157,50 | 249,53 | 54,60 |

Tableau IV

Paramètres de reproduction des caprins résultant de diverses méthodes de groupage des chaleurs (valeurs moyennes) dans le monde

| Auteur | Méthode | Paramètre de reproduction | | |
|-----------------------------------|--|---------------------------|-----------------------|-------------------------|
| | | Taux de fertilité (%) | Taux de fécondité (%) | Taux de prolificité (%) |
| Présente étude | Supplémentation alimentaire manioc séché + monte naturelle | 69 | 81 | 120 |
| Kusina et al. (2001) | Supplémentation alimentaire à niveaux variables d'énergie + monte naturelle | 73–100 | 120–160 | 90–160 |
| Kausar et al. (2009) | Hormone + effet mâle + monte naturelle | 87 | – | 130 |
| Kia et al. (2012) | Hormone + insémination artificielle | 88–100 | – | 157–200 |
| | Supplémentation alimentaire avec de l'orge, de l'huile de soja et de tournesol + insémination artificielle | 88–100 | – | 157–179 |
| Santiago-Miramontes et al. (2012) | Hormone + supplémentation alimentaire + monte naturelle | 35–55 | – | 140–190 |
| | Supplémentation alimentaire + monte naturelle | 40 | – | 150 |

moyens de prolificité correspondants (157–200 % ; Kia et al., 2012) sont également plus importants que celui que nous avons obtenu (120 %).

Le taux moyen de fertilité des animaux traités dans le Sud-Ouest malgache a été cependant supérieur à ceux de 35–55 % de Santiago-Miramontes et al. (2011). Ces derniers ont testé les effets de suppléments alimentaires et d'hormone sur la synchronisation et les paramètres de reproduction de chèvres au Mexique ; ils ont également trouvé des taux moyens de prolificité (140–190 %) supérieurs à celui de nos chèvres traitées (120 %).

Méthode efficace et applicable dans le contexte du Sud malgache

L'application de la supplémentation alimentaire a globalement amélioré les paramètres de reproduction des individus traités et est potentiellement rentable. Les méthodes utilisées sont par contre relativement simples et modifient peu les pratiques pastorales existantes. La supplémentation alimentaire permet ainsi d'augmenter le nombre de naissances (au moins trois mises bas par chèvre par période de deux ans), de décaler les naissances en saison humide et d'assurer ainsi un meilleur taux de survie des chevreaux. Dans tous les cas, une augmentation significative de la production de l'élevage caprin résulterait de l'adoption de cette technique par les éleveurs, ce qui risquerait de conduire à un surpâturage si les surplus d'animaux produits n'étaient pas commercialisés. La maîtrise de la reproduction par l'intermédiaire de la supplémentation alimentaire peut rentrer dans le cadre de la conduite d'élevage en lots qui consiste à produire périodiquement des lots d'animaux d'âges voisins par le groupage des chaleurs. Les animaux obtenus assurent la pérennité du cheptel par le renouvellement des reproducteurs.

La vente du surplus d'animaux, ceux dans les classes d'âge supérieures, permet de maintenir la taille du troupeau, d'utiliser durablement les ressources naturelles (pâturages et espèces fourragères) par le contrôle de la charge et de générer des revenus supplémentaires pour l'éleveur. Les débouchés pour absorber ces surplus d'animaux ne devraient pas manquer. En effet, l'effectif des zébus à Madagascar a connu une baisse durant les 40 dernières années (12 millions en 1970 et 10 millions en 2004 ; ministère de l'Élevage, 2012) alors que leur viande constitue la première source de protéines animales dans le pays. La hausse de la demande liée à la croissance démographique, l'exportation, la raréfaction des reproducteurs suite au vol de bovidés dans les zones naisseuses et les problèmes sanitaires sont les principales causes de cette baisse de l'effectif. Par conséquent, l'offre en viande rouge régresse avec cette baisse de l'effectif bovin alors que la demande augmente avec la population. Pour atténuer ce déséquilibre, les petits ruminants, dont les caprins, sont appelés à devenir une source alternative de viande rouge à Madagascar. De plus, les demandes en viande de petits ruminants de la part de pays musulmans comme les Comores et les pays du golfe Persique comme l'Arabie Saoudite, et d'autres pays comme la Chine, n'arrivent pas à être satisfaites pour le moment, faute de production suffisante et de la mauvaise organisation de la filière petits ruminants (obs. pers.).

Par ailleurs, une attention particulière doit être portée aux éventuels effets néfastes du pâturage des caprins sur la régénération des fourrés xérophiles comme c'est le cas dans certaines formations sèches en Namibie (Moser-Norgaard et Denich, 2011) ou au nord-ouest de la Chine (Saumel et al., 2011). Une évaluation plus précise des capacités de charge des pâturages existants et des simulations des effets de l'adoption de la supplémentation alimentaire sur les effectifs caprins doivent être faites. En effet, les effets négatifs du pâturage des caprins sur la végétation des zones semi-arides sont principalement des conséquences de charges animales trop élevées (Rosa-Garcia et al., 2012 ; Randriamalala et al., 2016). Ce problème peut être résolu en

partie par la pratique de la conduite d'élevage en lots qui augmente les revenus des éleveurs tout en maintenant constante la taille du cheptel par la vente régulière d'animaux. De plus, la pratique d'une gestion appropriée des pâturages comme leur rotation peut diminuer considérablement la pression des caprins sur le pâturage et peut être bénéfique à la conservation de la biodiversité dans le site d'étude (Randriamalala et al., 2016).

■ CONCLUSION

Le *flushing* est une méthode simple et efficace pour grouper les chaleurs des caprins du Sud-Ouest malgache en vue de concentrer les naissances en saison de pluie pour augmenter le nombre de naissances (≥ 3 tous les deux ans) et le taux de survie des chevreaux. La vente des surplus d'animaux provenant de l'adoption de cette technique de maîtrise de la reproduction peut être une source importante de revenu pour les éleveurs, surtout si elle rentre dans le cadre d'une conduite d'élevage en lots qui modifie peu les pratiques pastorales et qui est ainsi plus facile à vulgariser. Des travaux importants de sensibilisation et de formation des éleveurs sur la conduite d'élevage en lots doivent être préalablement entrepris avant la vulgarisation du *flushing*.

Remerciements

Nous remercions le programme Eastern and Southern Africa Partnership Programme (ESAPP) du Centre of Development and Environment (CDE ; Université de Berne, Suisse) qui a financé ce travail par les projets Q097 et Q918. Nous remercions aussi chaleureusement les éleveurs qui ont accepté de collaborer avec nous.

Déclaration des contributions des auteurs

JHA et JRR ont conçu l'étude ; JHA l'a planifiée ; JHA et RR ont collecté les données ; JHA, JRR, AJMR, RR les ont interprétées ; JRR a rédigé la première version du manuscrit ; tous les auteurs ont fait des révisions critiques du manuscrit et ont donné l'accord final de la version à publier

Conflits d'intérêts

L'étude a été réalisée sans conflit d'intérêts.

REFERENCES

- Acero-Camelo A., Valencia E., Rodríguez A., Randel P.-F., 2008. Effects of flushing with two energy levels on goat reproductive performance. *Livest. Res. Rural Dev.*, **20** (9)
- Amoah E.-A., Gelaye S., Guthrie P., Rexroad Jr C.-E., 1996. Breeding season and aspects of reproduction of female goats. *J. Anim. Sci.*, **74**: 723-728, doi : 10.2527/1996.744723x
- André C., 1975. L'alimentation des animaux domestiques à Madagascar : Les aliments-le rationnement. Service de l'enseignement et de la formation agricole, Madagascar
- Andrianarisoa J.-H., 2013. Supplémentation alimentaire pour améliorer la performance de reproduction des caprins ; Cas de la commune rurale de Soalara Sud- District de Toliara II. Mém. DEA ESSA-Forêts, Université d'Antananarivo, Madagascar
- Chemineau P., 1989. L'effet bouc: mode d'action et efficacité pour stimuler la reproduction des chèvres en aneustrus. *Prod. Anim.*, **2** (2) : 97-105
- Cornet A., Guillaumet J.-L., 1976. Divisions floristiques et étages de végétation à Madagascar. *Cah. ORSTOM, Sér. Biol.*, **9** : 35-42
- Feldt T., Neudert R., Fust P., Schlect E., 2016. Reproductive and economic performance of local livestock in southwestern Madagascar: Potentials and constraints of a highly extensive system. *Agr. Syst.*, **149**: 54-64, doi: 10.1016/j.agsy.2016.08.007

- Gaspard D., Venegas-González A., Beeckman H., Randriamalala R.-J., De Ridder M., Tomazello-Filho M., Ramanantoandro T., 2018. Tree ring responses to climate variability from xerophytic thicket of South Soalara, Madagascar. *Dendrochronologia*, **49**: 57-67, doi: 10.1016/j.dendro.2018.02.003
- Greyling J.-P.-C., Van der Nest M., 2000. Synchronization of oestrus in goats: dose effect of progestagen. *Small Rumin. Res.*, **36**: 201-207, doi: 10.1016/S0921-4488(99)00165-0
- Hanke H., 2016. Livelihoods on the edge: Farming household income, food security and resilience in Southwestern Madagascar. Mém. Doct. Université de Gottingen, Allemagne
- Kausar R., Khanum S.-A., Hussain M., Shah M.-S., 2009. Estrus synchronization with medroxyprogesterone acetate impregnated sponges in goats (*Capra hircus*). *Pak. Vet. J.*, **29** (1): 16-18
- Kia H.-D., Chapdareh W.-M., Khani A.-H., Moghaddam G., Rashidi A., Sadri H., Alijani S., 2012. Effects of flushing and hormonal treatment on reproductive performance of Iranian Markhoz goats. *J. Anim. Physiol. An. N.*, **96**: 1157-1164, doi: 10.1111/j.1439-0396.2011.01234.x
- Kusina N.-T., Chinuwo T., Hamudikuwanda H., Ndlovu L.-R., Muzanhenamo S., 2001. Effect of different dietary energy level intakes on efficiency of estrus synchronization and fertility in Mashona goat does. *Small Rumin. Res.*, **39**: 283-288, doi: 10.1016/S0921-4488(00)00192-9
- Lehloeny K.-C., Greyling J.-P.-C., 2010. The ovarian response and embryo recovery rate in Boer goat does following different superovulation protocols, during the breeding season. *Small Rumin. Res.*, **88**: 38-43, doi: 10.1016/j.smallrumres.2009.11.007
- Lehloeny K.-C., Greyling J.-P.-C., Grobler S., 2008. Effect of season on the superovulatory response in Boer goat does. *Small Rumin. Res.*, **78**: 74-79, doi: 10.1016/j.smallrumres.2008.05.003
- Lehloeny K.-C., Greyling J.-P.-C., Schwalbach L.-M.-J., 2005. Reproductive performance of South African indigenous goats following oestrous synchronisation and artificial insemination. *Small Rumin. Res.*, **57**: 115-120, doi: 10.1016/j.smallrumres.2004.05.004
- Ministère de l'élevage, 2012. Données statistiques. SAIGS/DSI. Antananarivo, Madagascar
- Molle G., Branca A., Ligios S., Sitzia M., Casu S., Landau S., Zoref Z., 1995. Effect of grazing background and flushing supplementation on reproductive performance in Sarda ewes. *Small Rumin. Res.*, **17**: 245-254, doi: 10.1016/0921-4488(95)00691-D
- Molle G., Landau S., Branca A., Sitzia M., Fois N., Ligios S., Casu S., 1997. Flushing with soybean meal can improve reproductive performances in lactating Sarda ewes on a mature pasture. *Small Rumin. Res.*, **24**: 157-165, doi: 10.1016/S0921-4488(96)00950-9
- Moser-Norgaard P.-M., Denich M., 2011. Influence of livestock on the regeneration of fodder trees along ephemeral rivers of Namibia. *J. Arid Environ.*, **75**: 371-376, doi: 10.1016/j.jaridenv.2010.11.009
- Motlomelo K.-C., Greyling J.-P.-C., Schwalbach L.-M.-J., 2002. Synchronisation of oestrus in goats: the use of different progestagen treatments. *Small Rumin. Res.*, **45**: 45-49, doi: 10.1016/S0921-4488(02)00113-X
- Rabeniala R., Raoliarivelo L.-I.-B., Masezamana H.-N., Andrianarisoa J.-H., Randriamalala R.-J., 2009. Gestion de pâturage pour le cheptel de petits ruminants (ovins et caprins) dans une zone semi-aride du district de Toliara II. Rapport final projet ESAPP Q906, DERAD, Antananarivo, Madagascar
- Randriamalala H., 2014. Etude des comportements alimentaires des caprins en zone semi aride de Madagascar, cas de la commune rurale de Soalara Sud. Mém. DEA, ESSA-Forêts, Université d'Antananarivo, Madagascar
- Randriamalala R.-J., Radosy H.-O., Razanaka S., Randriambanona H., Hervé D., 2016. Effects of goat grazing and woody charcoal production on xerophytic thickets of southwestern Madagascar. *J. Arid Environ.*, **128**: 65-72, doi: 10.1016/j.jaridenv.2016.01.002
- Randriamalala R.-J., Ramanantoandro T., Radosy H.-O., Randriambanona H., Hervé D., 2017. Annual biomass increment of xerophytic thickets and sustainability of woody charcoal production in southwestern Madagascar. *For. Ecol. Manag.*, **400**: 139-149, doi: 10.1016/j.foreco.2017.05.049
- Raoliarivelo L.-I.-B., Rabeniala R., Masezamana H.-N., Andrianarisoa J.-H., Randriamalala R.-J., 2010. Impact de la fabrication de charbon de bois sur la production et la disponibilité fourragère de pâturage en zone subaride, cas de la commune de Soalara-Sud, Toliara II. Rapport final projet ESAPP Q909, DERAD, Antananarivo, Madagascar
- Regueiro M., Pérez Clariget R., Ganzabal A., Aba M., Forsberg M., 1999. Effect of medroxyprogesterone acetate and eCG treatment on the reproductive performance of dairy goats. *Small Rumin. Res.*, **33**: 223-230, doi: 10.1016/S0921-4488(99)00024-3
- Rosa-García R., Celaya R., García U., Osoro K., 2012. Goat grazing, its interactions with other herbivores and biodiversity conservation issues. *Small Rumin. Res.*, **107**: 49-64, doi: 10.1016/j.smallrumres.2012.03.021
- Santiago-Miramontes M.-A., Luna-Orozco J.-R., Meza-Herrera C.-A., Rivas-Muñoz R., Carrillo E., Véliz-Deras F.-G., Mellado M., 2011. The effect of flushing and stimulus of estrogenized does on reproductive performance of anovulatory-range goats. *Trop. Anim. Health Prod.*, **43**: 1595-1600, doi: 10.1007/s11250-011-9849-6
- Saumel I., Ziche D., Yub R., Kowarik I., Overdieck D., 2011. Grazing as a driver for *Populus euphratica* woodland degradation in the semi-arid Aibi Hu region, northwestern China. *J. Arid Environ.*, **75**: 265-269, doi: 10.1016/j.jaridenv.2010.10.013
- Zarrouk A., Souilem O., Drion P.-V., Beckers J.-F., 2001. Caractéristiques de la reproduction de l'espèce caprine. *Ann. Méd. Vét.*, **145**: 98-105

Summary

Andrianarisoa J.H., Randriamalala J.R., Mbolatianarizao Randrianariveloheheno A.J., Rabeniala R. Feed supplementation to synchronize estrous and improve the reproductive performance of goats in Madagascar

The coastal areas of Southwestern Madagascar are the driest on the island. The breeding of small ruminants is the main source of income for the local population. However, their reproduction, especially that of goats, is hampered by unfavorable zootechnical (genetics and animal husbandry) and agroclimatic conditions (low fodder availability during the long dry season). Methods to improve the reproductive performance of goat breeding exist: artificial insemination, hormonal treatments, male effect and feed supplementation or flushing. Flushing is a simple method to implement and does not require any major change in pastoral practices; it is best

Resumen

Andrianarisoa J.H., Randriamalala J.R., Mbolatianarizao Randrianariveloheheno A.J., Rabeniala R. Suplementación alimenticia para sincronizar los calores y mejorar los rendimientos reproductivos de los caprinos en Madagascar

Las zonas litorales del sudoeste malgache son las más áridas de la isla. La cría de pequeños rumiantes es la principal fuente de ingresos para las poblaciones locales. Sin embargo, su producción, sobre todo la de caprinos, se encuentra bloqueada por condiciones zootécnicas desfavorables (genética y prácticas de crianza) y agroclimas (baja disponibilidad forrajera durante la larga estación seca). Existen métodos de mejoramiento de los rendimientos reproductivos en la cría caprina: la inseminación artificial, los tratamientos hormonales, el efecto macho y la suplementación alimenticia o flushing. El flushing es un método simple de implementar y no implica

adapted to the conditions of this semi-arid site. Two groups of animals treated against parasite were used during 45 days in July-August (dry season): a group of 207 females given an energy feed (flushing) of dry cassava at 500 g/day, and a control group of 184 goats. Reproduction parameters were recorded: fertility rate, conception rate, prolificity rate and survival rate at 30 days of age. Significant improvements in the fertility (81% vs 28%) and conception (69% vs 25%) of treated females were observed. The prolificity of the treated group (120%) was slightly higher than that of the control group (115%), with no significant difference. Thirty days after birth the kid survival rate in the treated group was significantly higher (67% vs 25% in control). The flushing method improved the reproduction parameters of native goats as well as the numerical and economic productivity of goat rearing in the semi-arid zone of Southwestern Madagascar.

Keywords: goats, fertility, conception rate, flushing, Madagascar

ninguna modificación importante de las prácticas pastoriles; fue el más adaptado a las condiciones de este sitio semiárido. Dos lotes de animales desparasitados se utilizaron durante 45 días en julio y agosto (estación seca): un lote de 207 hembras con un alimento energético (flushing), mandioca seca, en cantidad de 500 g/día, y un lote control de 184 cabras. Se registraron los parámetros reproductivos: tasa de fertilidad, tasa de fecundidad, tasa de prolificidad y tasa de sobrevida a la edad de 30 días. Se observaron mejorías significativas de la fertilidad (81% vs 28%) y de la fecundidad (69% vs 25%) de las hembras tratadas. La prolificidad del lote tratado (120%) fue ligeramente superior a la del lote control (115%), sin diferencia significativa. Treinta días después del nacimiento, la tasa de sobrevida de los cabritos del lote tratado fue significativamente más elevada (67% vs 25% para los controles). El método del flushing mejoró los parámetros de reproducción de los caprinos autóctonos, así como la productividad numérica y económica de la cría caprina en zona semiárida del sudoeste malgache.

Palabras clave: caprino, fertilidad, prolificidad, *flushing*, Madagascar

Cottonseed cake replacement by soybean pulp in the diet of West African Dwarf lambs in Benin: zootechnical and economic performances

Yaya Idrissou^{1*} Hilaire Sorébou Sanni Worogo¹
 Alassan Seidou Assani¹ Jean Aïtchégnon Ayena¹
 Brice Gérard Comlan Assogba¹ Ibrahim Alkoiret Traoré¹

Keywords

Sheep, lamb feeding, weight gain, cottonseed meal, soybean products, Benin

Submitted: 16 June 2018
 Accepted: 11 March 2020
 Published: 29 June 2020
 DOI: 10.19182/remvt.31875

Summary

Cottonseed cake was substituted by soybean pulp in the diet of West African Dwarf (Djallonke) sheep, at the Pélébina livestock farm in the commune of Djougou, Benin, in order to assess its effect on growth and economic performances. Thirty ram lambs (120 ± 10 days old, 12.65 ± 0.16 kg body weight) were divided into three homogeneous groups of ten (12.6 ± 1 , 12.6 ± 0.97 , and 12.7 ± 0.85 kg body weight for R1, R2, and R3, respectively). All lambs received daily the same basal diet of 70% *Panicum maximum* C1 and 10% corn bran, plus either 20% cottonseed cake (R1), or 10% cottonseed cake and 10% soybean pulp (R2), or 20% soybean pulp (R3). After a 15-day adaptation period, the fattening period lasted 60 days. No difference ($p > 0.05$) was found between groups on the average daily weight gain (R1, 77.5, R2, 73.1, and R3, 70.2 g/day), although the dry matter intake of R3 (441 g/day/lamb) was lower ($p < 0.0001$) than that of R1 (482 g/day/lamb). The R3 diet generated a higher net margin (6042 FCFA) than R1 (5613 FCFA) and R2 (5728 FCFA) diets.

■ How to quote this article: Idrissou Y., Sanni Worogo H.S., Seidou Assani A., Ayena J.A., Assogba B.G.C., Alkoiret Traoré I., 2020. Cottonseed cake replacement by soybean pulp in the diet of West African Dwarf lambs in Benin: zootechnical and economic performances. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (2): 107-111, doi: 10.19182/remvt.31875

■ INTRODUCTION

Population growth has increased the demand in meat products in Benin and has led to imports of meat and live animals (Babatoundé et al., 2009). This causes a major currency hemorrhage, which is likely to increase in the coming decades as the population increases (Houndonougbo et al., 2012). With 1,836,000 head (FAOstat, 2018), small ruminants play a major role in the coverage of national meat requirements in Benin. Sheep play a very important socioeconomic role particularly in religious festivals (Nantoumè et al., 2006). Sheep

fattening has thus increased in rural, and in urban and periurban areas (Gbangboché, 2005).

Fattening uses several techniques ranging from traditional ones with agricultural by-products to more intensive ones that include agro-industrial by-products (Somda, 2001). Among these agro-industrial by-products, cottonseed and soybean cakes have been the most used (Bougouma-Yaméogo et al., 2002). However, feed rationing based on these by-products (Idrissou et al., 2017) is technically difficult because of their little availability and accessibility especially to small-scale livestock farmers. Soy cheese has now become part of the feed habits of rural and urban populations in Benin. The transformation of soybean into cheese produces a by-product, the soybean pulp also known as *okara*. This by-product is available locally and less expensive than cakes (cotton and soy). It can therefore be an interesting nutritional and economic alternative in sheep fattening. Studies in Benin report the use of soybean pulp in poultry (Dossou, 2012) and rabbit (Alabi et al., 2019) diets with satisfactory results. However, no

1. Laboratory of Ecology, Health and Animal Production, Faculty of Agronomy, University of Parakou, 01 PO Box 123, Parakou, Benin.

* Corresponding Author
 Tel: +229 61 08 49 40; Email: yayaidriss2617@gmail.com



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

studies evaluated the soybean pulp in the diet of ruminants in Benin. The purpose of this study was to evaluate the zootechnical and economic performances of fattening West African Dwarf (Djallonke) sheep fed diets containing different proportions of soybean pulp in place of cottonseed cake.

MATERIALS AND METHODS

Study area

The experiment was conducted at the Pélébina livestock farm in Djougou Commune, Donga Department. The farm is located at 32 kilometers from Djougou and covers 25 hectares. It has a tropical climate with two seasons, a rainy season from mid-April to mid-October and a dry season from mid-October to mid-April. The annual rainfall ranges from 1000 to 1500 millimeters for 75 to 140 days of rain. The average annual temperature is approximately 27.5 degrees Celsius (ASECNA, 2017).

Animals

Thirty non-castrated West African Dwarf male lambs (120 ± 10 days old, averaging 12.6 ± 0.16 kg initial body weight), born and raised at Pélébina farm, were used. The experiment took place from November 2016 to February 2017 and lasted 75 days, i.e. a 15-day adaptation period followed by a 60-day fattening period. At the beginning of the adaptation period, the sheep were divided into three groups of 10, based on their body weight and each group received its experimental ration. During the same period, all animals were vaccinated against sheep and goat plague and injected with long-acting oxytetracycline and multivitamins. Internal deworming using albendazole and external deworming using Amitix in tick baths were also carried out. The sheep were indoors in individual stalls, and litter was made of rice husks.

Feed and mode of distribution

Three diets were tested (Table I). The control diet (R1) consisted of 20% dry matter (DM) cottonseed cakes (CSC), 10% DM corn bran and 70% DM *Panicum maximum* C1. The experimental diets incorporated soybean pulp at 10% or 20% of the total diet replacing 50% or 100% of CSC, respectively. CSC were purchased in feed stores in Djougou and soybean pulp was purchased in a dry form from women processing soybean into soy cheese. It was stored in the farm.

Panicum maximum C1 was distributed at the feed rack in two meals, at 8:00 am and 12:00 pm. Dietary supplements (corn bran, CSC, soybean pulp) were offered in one meal at 16:00 pm. These supplements were presented in flour form to the animals. The quantities of *P. maximum* distributed to each animal were determined based on 1.5 kg DM / 100 kg of live weight (LW) and the dietary supplement intake based on 2.5 kg DM / 100 kg of LW. Thus, the amount of feed served varied as the body weight increased. The lambs had free access to water and a Lamdam'Bloc limestone (785 mg NaCl, 647 mg Ca, 3500 mg Mg, 500 mg Mn, 700 mg Zn, 3000 ppm Fe).

Data collection

The feeds were weighed before distribution and served individually to the lambs. Refusals were weighed the next day before a new distribution. The determination of the quantity of feed ingested was made by the difference between the quantities distributed and refused daily. Samples of each type of feed offered and refused were taken in all animal stalls once a week to determine DM, the organic matter (OM), crude fiber (CF), crude protein (CP), fat content, and mineral matter (MM), following official methods approved by AOAC (2005). The neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF)

were analyzed by the method of Van Soest and Wine (1967). The fodder unit for meat feed (UFV), the protein digested in the small intestine allowed by the nitrogen (PDIN), and the protein digested in the small intestine allowed by the energy (PDIE) were estimated using equations from the French National Institute for Agricultural Research (Baumont et al., 2007). Analytical results are presented in Table II.

Table I

Composition and nutritional value in the diets of West African Dwarf lambs in Benin

| Centesimal composition (% DM) | R1* | R2* | R3* |
|-------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Corn bran | 10 | 10 | 10 |
| Soybean pulp | 0 | 10 | 20 |
| Cottonseed cake (CCS) | 20 | 10 | 0 |
| <i>Panicum maximum</i> | 70 | 70 | 70 |
| Limestone | <i>Ad libitum</i> | <i>Ad libitum</i> | <i>Ad libitum</i> |
| Chemical composition g/kg DM | | | |
| DM g/kg brut | 794.77 | 793.12 | 791.47 |
| CP | 130.98 | 131.61 | 132.24 |
| NDF | 568.17 | 540.39 | 512.61 |
| ADF | 342.23 | 345.63 | 349.07 |
| CF | 252.48 | 255.38 | 258.28 |
| MM | 87.59 | 84.95 | 82.31 |
| PDIN | 86.62 | 87.13 | 87.64 |
| PDIE | 96.40 | 96.49 | 96.59 |
| Net energy (UFV) | 0.8 | 0.79 | 0.78 |

* Basal diet of 70% *Panicum maximum* C1 and 10% corn bran; R1: basal diet supplemented with 20% CCS; R2: with 10% CCS and 10% soybean pulp; R3: with 20% soybean pulp

DM: dry matter; CP: crude protein; NDF: neutral detergent fiber; ADF: acid detergent fiber; CF: crude fiber; MM: mineral matter; PDIN: protein digested in the small intestine allowed by the nitrogen; PDIE: protein digested in the small intestine allowed by the energy; UFV: fodder unit for meat feed

Table II

Chemical composition of feeds given to West African Dwarf lambs in Benin

| | <i>Panicum maximum</i> | Corn bran | Soybean pulp | Cottonseed cake |
|------------------|------------------------|-----------|--------------|-----------------|
| DM (g/kg) | 732.5 | 871.2 | 958 | 974.5 |
| OM (g/kg DM) | 901 | 947.9 | 961 | 934.6 |
| CF (g/kg DM) | 313.4 | 89 | 150 | 121 |
| CP (g/kg DM) | 87.2 | 109.6 | 301.2 | 294.9 |
| ADF (g/kg DM) | 352 | 604.3 | 211 | 177 |
| NDF (g/kg DM) | 545 | 636.1 | 337.5 | 615.3 |
| MM (g/kg DM) | 99 | 52.1 | 39 | 65.4 |
| PDIN (g/kg DM) | 54.31 | 70.13 | 213.08 | 207.96 |
| PDIE (g/kg DM) | 76.03 | 103.15 | 165.31 | 164.30 |
| Net energy (UFV) | 0.61 | 1.01 | 1.28 | 1.36 |

DM: dry matter; OM: organic matter; CF: crude fiber; CP: crude protein; ADF: acid detergent fiber; NDF: neutral detergent fiber; MM: mineral matter; PDIN: protein digested in the small intestine allowed by the nitrogen; PDIE: protein digested in the small intestine allowed by the energy; UFV: fodder unit for meat feed

The live weight change in lambs was determined by weighing each animal at the beginning of the experiment, then every two weeks. The animals were weighed at 7:00 am after 12 hours of fasting using a weight scale (50 kg \pm 100 g) before receiving their diet. Average daily gains (ADGs) were calculated every two weeks as well as the consumption index (CI, amount of dry matter ingested per unit of average daily gain).

Statistical analysis

The dry matter intake (DMI), ADG, and CI were analyzed with the one-way analysis of variance (ANOVA) with R software (R Core Team Development, 2017) to test the effects of supplementation on animal performances (with significant differences when $p < 0.05$). Multiple comparison of means was performed with Tukey test (with significant differences when $p < 0.05$).

Economic evaluation methods

Economic efficiency has been evaluated through the calculation of the gross margin (GM) and direct cost margin (Boehlje and Eidman 1984; Kiéma et al., 2008) per animal and per diet. GM is the difference between the total revenue from the sale of animals and the operational cost (costs of acquiring animals, feeds and veterinary products). The direct expense margin is the difference between GM and the depreciation of the equipment specific to the activity.

RESULTS AND DISCUSSION

Chemical composition and nutritional value of feeds

Soybean pulp was richer in CF and ADF than cottonseed cake (Table II). Conversely, NDF and MM contents in cottonseed cake were higher than those in soybean pulp. Soybean pulp and cottonseed cake had similar PDIE and PDIN contents, and energy (UFV). Considering these properties, the diets had almost the same energy and protein content (Table II).

Dry matter intake and growth performance

DMI, CI, and ADG are presented in Table III. DMI was different ($p < 0.0001$) between groups. The highest DMI (482 \pm 18 g/day) was obtained with R1 lambs, and R2 and R3 lambs had similar values with 448 \pm 12 g/day and 441 \pm 14 g/day, respectively. The high intake in R1 lambs compared to R2 and R3 lambs was due to the high palatability of CSC. With regard to the feed consumption index, no significant difference ($p > 0.05$) was observed between groups. These CI values were lower than those of 4.48 to 5.79 obtained by El Fadili (2012) in Morocco in sheep of the same age as ours, but supplemented with a concentrate composed of barley and triticale grains (40%),

sunflower meal (14%), minerals and vitamins (1%), and a commercial pelleted feed (45%). The difference between our results and those of this author could be related to the ration.

The type of diet had no effects ($p > 0.05$) on ADG or the final live weight. The ADGs obtained were 77.50, 73.13 and 70.21 g/day for diets R1, R2 and R3, respectively (Table III). These ADGs were lower than those of 92.60 and 95.70 g/day reported by Simitzis et al. (2008) in lambs of the same age as those in our study. The 92.60 g/day value was obtained in lambs fed a diet containing a concentrated feed and alfalfa hay, whereas 95.70 g/day was obtained in lambs fed the same diet, the only difference being that the concentrated feed was uniformly sprayed with oregano essential oil (1 ml/kg). Otherwise, the ADGs obtained in our study were higher than those of 18.33, 41.11, 57.67 and 58 g/day reported by Montcho et al. (2016) on the complementation of West African Dwarf lambs with multi-nutritional blocks. The differences between our results and those of these authors could be related to the ration. The evolution of the ADGs at 2-week intervals (Figure 1) was not identical in the three groups. During the first and second fortnight, R1 and R2 had a higher ADG ($p < 0.05$) than R3. Then, the ADG of the lambs in R3 increased to reach ADGs similar to those in R1 and R2 ($p > 0.05$).

Economic profitability of fattening

The production cost of one kilogram of each ration was determined based on ingredient costs according to their proportion in the diet. *P. maximum* was harvested from a one hectare fodder plot. The price of this feed was estimated at 50 FCFA/kg. On the market, corn bran and cottonseed cake cost 30 and 150 FCFA/kg, respectively, and soybean pulp 50 FCFA/kg (during the trial period). On this basis, one kilogram of rations in R1, R2 and R3 cost 68, 58 and 48 FCFA,

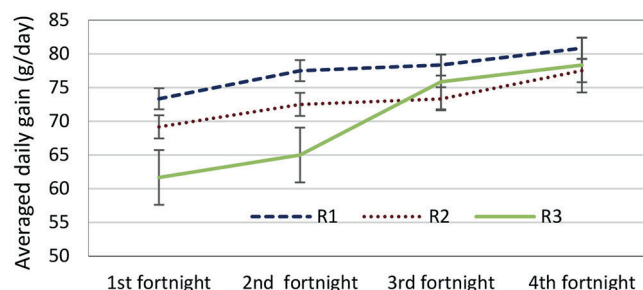


Figure 1: Evolution of average daily gains per fortnight in West African Dwarf lambs in Benin. Basal diet of 70% *Panicum maximum* C1 and 10% corn bran; R1: basal diet supplemented with 20% CCS; R2: with 10% CCS and 10% soybean pulp; R3: with 20% soybean pulp.

Table III

Effects of the diets on various parameters in West African Dwarf lambs in Benin

| | R1 \pm SD* | R2 \pm SD* | R3 \pm SD* | p |
|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------|
| Initial live weight (kg) | 12.6 \pm 1.00 | 12.6 \pm 0.97 | 12.7 \pm 0.85 | 0.997 |
| Final live weight (kg) | 17.3 \pm 1.16 | 17.00 \pm 0.77 | 16.7 \pm 0.66 | 0.66 |
| Total weight gain (kg) | 4.7 \pm 0.43 | 4.4 \pm 0.48 | 4.00 \pm 0.42 | 0.167 |
| ADG (g/d) | 77.50 \pm 7.12 | 73.13 \pm 8.09 | 70.21 \pm 7.04 | 0.167 |
| DM intake (g/d/lamb) | 482 \pm 18 ^a | 448 \pm 12 ^b | 441 \pm 14 ^b | 0.0001 |
| CI (kg DM/kg of growth) | 6.26 \pm 0.56 | 6.19 \pm 0.59 | 6.34 \pm 0.73 | 0.89 |

* Basal diet of 70% *Panicum maximum* C1 and 10% corn bran; R1: basal diet supplemented with 20% CCS; R2: with 10% CCS and 10% soybean pulp; R3: with 20% soybean pulp. SD: standard deviation; ADG: average daily gain; DM: dry matter; CI: consumption index; ^{a,b} Means followed by different superscripts on the same row differ significantly ($p < 0.05$)

respectively. During the 60 days of the experiment, the lambs in R1, R2 and R3 ingested 36.50, 34 and 33.50 kg of fresh material, respectively.

Thus, the feeding cost per lamb was estimated at 2482, 1972 and 1608 FCFA for R1, R2 and R3, respectively. The cost of veterinary care per animal was approximately 425 FCFA. The lick block cost 550 FCFA/animal. The economic results of the fattening of the lambs (Table IV) showed that the production cost of one kilogram of feed was not identical for the three groups. This cost was higher in diet R1 than in the other diets, and lowest in R3, mainly because of the low price of soybean pulp compared to cottonseed cake. All the diets were economically profitable. R3 generated the best net margin with 6042 FCFA (vs 5613 FCFA in R1 and 5728 FCFA in R2). The substitution of cottonseed cake by soy pulp therefore allowed a reduction in the cost of feed and an increase in the farmer's income.

Table IV

Economic parameters of West African Dwarf lamb fattening (FCFA/lamb) in Benin

| | R1* | R2* | R3* |
|---|--------|--------|--------|
| Selling price (A) | 25,900 | 25,500 | 25,400 |
| Purchase price (B) | 16,455 | 16,450 | 16,400 |
| Cost of 1 kg of feed (FCFA/kg) (C) | 68 | 58 | 48 |
| Average amount of feed consumed / lamb (kg) (D) | 36.50 | 34 | 33.50 |
| Average feed cost per animal (E) = (C × D) | 2,482 | 1,972 | 1,608 |
| Medication cost (F) | 425 | 425 | 425 |
| Minerals cost (G) | 550 | 550 | 550 |
| Operational cost (H) = (B + E + F + G) | 19,912 | 19,397 | 18,983 |
| Gross margin (I) = (A - H) | 5,988 | 6,103 | 6,417 |
| Equipment depreciation (J) | 375 | 375 | 375 |
| Direct cost margin (K) = (I - J) | 5,613 | 5,728 | 6,042 |

* Basal diet of 70% *Panicum maximum* C1 and 10% corn bran; R1: basal diet supplemented with 20% CCS; R2: with 10% CCS and 10% soybean pulp; R3: with 20% soybean pulp; 1 € = 655.957 FCFA; source : www.oanda.com

■ CONCLUSION

This study showed that locally available feed resources could help reduce the constraints (high costs, access problems) related to zoo-technical input markets. It also showed that there were opportunities for fattening at a lower cost and higher net profits than with cottonseed cake. Partial or total substitution of cottonseed cake by soybean pulp can achieve these results. This resource is locally abundant in rural and urban areas of Benin. Overall, the enhancement of locally available feed resources in the development of improved meat production techniques is an alternative for intensifying production in developing countries. Their adoption should contribute to improve the development of fattening.

Author contributions statement

YI and ASA participated in the conception and design of the study; JAA collected data and drafted the first version of the manuscript; HSSW and BGCA participated in the design; YI and ASA performed statistical analyses; IAT critically reviewed the manuscript.

Conflicts of interest

The study was carried without any conflict of interest.

REFERENCES

- Alabi C.D.A., Azalou M., Adjassin J.S., Assani A.S., Worogo H.S.S., Idrissou Y., Akpo Y., Alkoiret I.T., 2019. Effet de la granulation d'un aliment avec pulpe de soja (okara) sur l'engraissement de lapins locaux au Nord-Bénin. *Livest. Res. Rural Dev.*, **31** (5)
- AOAC, 2005. Official methods of analysis, 18th edn. AOAC, Washington, DC, USA
- ASECNA, 2017. Données climatiques de la zone Nord-Station de Kandi et Parakou. ASECNA, Bénin
- Babatoundé S., Saïdou A., Guidan M., Mensah G.A., 2009. Effet d'une complémentation à base de légumineuses fourragères cultivées (*Chamaecrista rotundifolia* et *Aeschynomene histrix*) sur les performances des ovins Djallonkés. *Renc. Rech. Ruminants.*, **16** : 54
- Baumont R., Dulphy J.P., Sauvart D., Meschy F., Aufrère J., Peyraud J.L., 2007. Valeur alimentaire des fourrages et des matières premières : tables et prévision. In : Alimentation des bovins, ovins et caprins. Quae, Montpellier, France, 149-179
- Boehlje M.D., Eidman V.R., 1984. Farm management. John Wiley, New York, USA
- Bougouma-Yaméogo V., Nianogo A.J., Somda J., 2002. Rentabilité économique et adoption de la technologie de l'embouche ovine au Burkina Faso (document travail n° 22). SADAOC, Ouagadougou, Burkina Faso
- Dossou T.R., 2012. Effect of okara (soy pulp) on the performance of Rhodes Island Red (RIR) in Republic of Benin. Mém. Ingénieur, Université de Parakou, Bénin, 90 p.
- El Fadili M., 2012. Growth and carcass characteristics of Moroccan INRA180 lambs. *Livest. Res. Rural Dev.*, **24**
- FAOSTAT, 2018. FAO, Rome, Italy, www.fao.org/faostat/fr/#data (accessed 5 June 2018)
- Gbangboché A.B., 2005. Performances zootechniques et paramètres génétiques des ovins Djallonké au Bénin. Thèse Doct., Faculté de médecine vétérinaire, Université de Liège, Belgique, 178 p.
- Houndonougbo M.F., Chrysostome C.A.A.M., Babatoundé S., Lokossou H.R., Agbota B., 2012. Fourrages de *Moringa Oleifera* et de *Gliricidia Sepium* utilisés comme compléments alimentaires efficaces pour nourrir des veaux girolando au Bénin. *Ann. Sci. Agr. Bénin*, **16** : 35-49
- Idrissou Y., Assani S.A., Alkoiret I.T., Mensah G.A., 2017. Performance d'embouche des ovins Djallonké complémentés avec les fourrages de *Gliricidia sepium* et de *Leucaena leucocephala* au Centre du Bénin. *Bull. Rech. Agron. Bénin.*, **81** : 1-8
- Kiéma A., Nianogo A.J., Ouedraogo T., Somda J., 2008. Valorisation des ressources alimentaires locales dans l'embouche ovine paysanne : performances technico-économiques et options de diffusion. *Cah. Agric.*, **17**: 24-27, doi : 10.1684/agr.2008.0154
- Montcho M., Babatoundé S., Houndonougbo M.F., Guédou A., Chrysostome A.A.M.C., Aboh B.A., Mensah G.A., 2016. Performances zooéconomiques en milieu réel des ovins Djallonké complémentés par les blocs multi nutritionnels (BMM) au Bénin. *J. Rech. Sci. Univ. Lomé*, **18** (4) : 9-22
- Nantoumè H., Diarra C.H.T., Traoré D., 2006. Performance et rentabilité économique de l'incorporation des quatre fourrages de qualité pauvre dans des rations d'engraissement des moutons Maures. *Livest. Res. Rural Dev.*, **21**
- R Core Team Development, 2017. R a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria
- Simitzis P.E., Deligeorgis S.G., Bizelis J.A., Dardamani A., Theodosiou I., Fegeros K., 2008. Effect of dietary oregano oil supplementation on lamb meat characteristics. *Meat Sci.*, **79**: 217-223, doi: 10.1016/j.meatsci.2007.09.005
- Somda J., 2001. Performances zootechniques et rentabilité financière des ovins en embouche au Burkina Faso. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **5** (2) : 73-78
- Van Soest J.P., Wine R.H., 1967. Use of detergent in the analysis of fibrous feed. IV. Determination of plant cell wall constituents. *J. Assoc. Offic. Anal. Chem.*, **50** (1): 50-55, doi: 10.1093/jaoac/50.1.50

Résumé

Idrissou Y., Sanni Worogo H.S., Seidou Assani A., Ayena J.A., Assogba B.G.C., Alkoiret Traoré I. Substitution du tourteau de coton par la pulpe de soja dans la ration des ovins Djallonké au Bénin : performances zootechniques et économiques

Le tourteau de coton a été substitué par la pulpe de soja dans la ration des moutons Djallonké à la ferme d'élevage de Pélébina dans la commune de Djougou au Bénin, afin d'évaluer son effet sur la croissance et les performances économiques. Trente agneaux (âgés de 120 ± 10 jours et pesant en moyenne $12,65 \pm 0,16$ kg) ont été répartis dans trois lots homogènes de dix animaux ($12,6 \pm 1$; $12,6 \pm 0,97$; $12,7 \pm 0,85$ kg de poids vif, respectivement pour les lots R1, R2 et R3). Tous les agneaux ont reçu quotidiennement le même régime de base comprenant 70 % de *Panicum maximum* C1 et 10 % de son de maïs, plus soit 20 % de tourteau de coton (R1), soit 10 % de tourteau de coton et 10 % de pulpe de soja (R2), soit 20 % de pulpe de soja (R3). Après une période d'adaptation de 15 jours, l'engraissement a duré 60 jours. Aucune différence ($p > 0,05$) n'a été constatée entre les lots sur la prise de poids quotidienne moyenne (R1, 77,5 ; R2, 73,1 ; et R3, 70,2 g/jour), bien que l'ingestion de matière sèche de R3 (441 g/jour/agneau) ait été inférieure ($p < 0,0001$) à celle de R1 (482 g/jour/agneau). La ration R3 a généré une marge nette (6042 FCFA) supérieure à celles de R1 (5613 FCFA) et de R2 (5728 FCFA).

Mots-clés : ovine, alimentation des agneaux, gain de poids, tourteau de coton, produit à base de soja, Bénin

Resumen

Idrissou Y., Sanni Worogo H.S., Seidou Assani A., Ayena J.A., Assogba B.G.C., Alkoiret Traoré I. Reemplazo de la torta de semillas de algodón por pulpa de soja en la dieta de corderos enanos de África occidental en Benín: resultados zootécnicos y económicos

La torta de semillas de algodón fue sustituida por pulpa de soja en la dieta de ovejas Djallonké, en la finca ganadera Pélébina en la comuna de Djougou, Benín, con el fin de evaluar su efecto sobre el crecimiento y el desempeño económico. Treinta corderos machos Djallonké (120 ± 10 días de edad, $12,65 \pm 0,16$ kg de peso corporal) se dividieron en tres grupos homogéneos de diez ($12,6 \pm 1$, $12,6 \pm 0,97$ y $12,7 \pm 0,85$ kg de peso corporal para R1, R2 y R3, respectivamente). Todos los corderos recibieron diariamente la misma dieta basal de 70% de *Panicum maximum* C1 y 10% de salvado de maíz, más 20% de torta de semillas de algodón (R1) o 10% de torta de semillas de algodón y 10% de pulpa de soja (R2), o 20% de pulpa de soja (R3). Después de un período de adaptación de 15 días, el período de engorde duró 60 días. No hubo diferencias ($p > 0,05$) entre los grupos en el aumento de peso diario promedio (R1, 77,5; R2, 73,1; y R3, 70,2 g/día), aunque la ingesta de materia seca de R3 (441 g/día/cordero) fue menor ($p < 0,0001$) que la de R1 (482 g/día/cordero). La dieta R3 generó un margen neto más alto (6042 FCFA) que las dietas R1 (5613 FCFA) y R2 (5728 FCFA).

Palabras clave: ovino, alimentación de corderos, ganancia de peso, harina de semilla de algodón, productos de la soja, Benin

Plantations d'*Atriplex canescens* en vue de la restauration des parcours dégradés en steppe algérienne

Ouarda Amrani ^{1*} Abd Elmadjid Chehma ²

Mot-clés

Atriplex canescens, steppe, espace pastoral, gestion foncière durable, biomasse, composition chimique, surpâturage, Algérie

Submitted: 11 October 2017

Accepted: 20 April 2020

Published: 29 June 2020

DOI: 10.19182/remvt.31879

Résumé

La steppe algérienne est le milieu d'élevage du mouton par l'exploitation de ses parcours. Dans sa partie aride, la vulnérabilité du milieu est aggravée par une exploitation principalement pastorale de plus en plus intense durant ces dernières décennies. Cette tendance régressive est caractérisée par une baisse de la productivité fourragère et les espèces pérennes sont les plus touchées. L'Etat algérien a mis en œuvre un programme d'aménagement des espaces steppiques très dégradés à travers la plantation d'espèces végétales résistantes et productives de biomasse comme *Atriplex* spp. L'objectif de ce travail a été d'estimer la productivité pastorale de quelques stations réhabilitées par la plantation d'*Atriplex canescens*, comparativement aux parcours naturels pâturés. Les résultats ont montré une amélioration du recouvrement végétal (de 49 % à 60 %) et de meilleures valeurs pastorales (phytomasse, productivité, valeur énergétique et charge pastorale). Sur les zones réhabilitées une productivité énergétique et protéique de 604 unités fourragères lait / ha/an et 29 kg de matière sèche / ha/an, et une charge pastorale de 1,51 unité ovine / ha/an ont été enregistrées, alors que sur les parcours naturels dégradés ces valeurs ont été respectivement de 14 UFL, 0,422 kg MS/ha/an, et 0,03 unité ovine / ha/an. Les stations naturelles sont surexploitées et tendent vers un état de dégradation sévère de la végétation et des sols steppiques. A moins de restaurer ou de réhabiliter les parcours steppiques, leur capacité de productivité pastorale sera fortement réduite.

■ Comment citer cet article : Amrani O., Chehma A.E., 2020. Plantation of *Atriplex canescens* for the restoration of degraded courses in the Algerian steppe. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (2): 113-121, doi: 10.19182/remvt.31879

■ INTRODUCTION

En Algérie, les espaces steppiques sont menacés par la dégradation de leurs ressources naturelles. Le sol et le couvert végétal naturel pastoral notamment souffrent du surpâturage, du défrichement, de l'ensablement, de l'érosion éolienne du sol et de la végétation, ou de la salinisation. Ces évolutions écologiques constituent un sujet préoccupant pour les populations qui vivent de l'élevage (Nedjraoui et Bedrani, 2008; Ahmed, 2015).

L'élevage occupe cependant une place importante dans la politique agricole nationale (Bencherif, 2013 ; Yerou, 2013). Il joue un rôle

1. Département des sciences agronomiques, Faculté des sciences, Université Amar Thelédji, BP 37 Laghouat, Algérie.

2. Laboratoire de bio ressources sahariennes « Préservation et Valorisation », Faculté des sciences, Université Kasdi Merbah, 30 000 Ouargla, Algérie.

* Auteur pour la correspondance
Email : mmehassinat@gmail.com



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

vital dans l'agriculture et l'économie du pays et représente une part substantielle dans le produit intérieur brut agricole (40 % selon Rekik et al., 2014). Néanmoins, il est confronté au problème de l'insuffisance fourragère (en quantité et qualité) et du changement des modes de conduite des animaux. Au niveau national, un bilan fourragère global réalisé à la fin des années 2000 a évalué le déficit fourragère à quatre milliards d'unités fourragères (UF) (Issolah, 2008). Ce problème de déficit fourragère avait déjà été signalé dans le passé pour l'ensemble de la steppe algérienne (Bourahla et Guittonneau, 1978), mais il s'est accentué.

La végétation naturelle et les sols de ces espaces s'avèrent dans un état de dégradation très avancé. Cette situation est liée à l'évolution des pratiques pastorales, aux pratiques de mise en valeur agricole (défrichements, labours, céréaliculture), à l'aridité du climat, à l'irrégularité des pluies, et à la longueur de la saison sèche (Aidoud et al., 2006). En particulier, le cheptel ovine a connu une croissance rapide. Il est passé de 18 millions à plus de 26 millions de têtes entre 2001 et 2014 selon les statistiques du ministère de l'Agriculture. Or, durant cette même période, la steppe a connu une longue période de déficit

pluviométrique. Il en a résulté une pression accrue sur ces ressources. On estime que pendant ces années, la production de fourrage steppe a couvert moins de 30 % des besoins du cheptel (Aidoud et al., 2006 ; Bencherif, 2013).

Le rabougrissement de la végétation pastorale et la diminution des surfaces steppiques accentuée par l'augmentation de la charge animale (Bensouiah, 2004) ont entraîné une détérioration du pouvoir de régénération de ces ressources. Pour réduire l'intensité du pâturage et de la dégradation qui en résulte, de nouveaux modes de gestion de la végétation pastorale ont été introduits dans les parcours steppiques en Algérie. Dans ce contexte, le Haut-Commissariat au développement de la steppe (HCDS) a procédé à la réhabilitation de ces parcours fortement dégradés par l'introduction de plantes et d'arbustes d'intérêt fourrager comme *Atriplex* spp. (*A. canescens*, *A. nummularia*, *A. halimus*), des luzernes (*M. arborea*, *M. sativa*) et *Opuntia ficus indica*. *A. canescens*, en particulier, a été choisi pour sa rapidité de croissance, sa résistance aux aléas climatiques, et sa valeur fourragère (Le Houérou, 2000 ; 2006).

Ces espaces à réhabiliter ont été réquisitionnés par les autorités locales qui sont devenues les seuls gestionnaires. Les bénéficiaires qui participent à ces projets deviennent plus conscients de l'intérêt de ces plantations et seraient prêts à les développer et à les préserver. Les actions opérationnelles comme la plantation d'espèces fourragères bénéficient aujourd'hui de l'adhésion des populations d'agropasteurs (MADR, 2007).

L'efficacité de ces nouveaux modes de pâturage mis en place par le HCDS a été évaluée par l'analyse de la composition floristique, et l'état de la végétation et de l'offre fourragère dans les parcours aménagés de 2008 à 2011 (Amghar et al., 2016) puis en 2012 (Salemkour et al., 2016). Ces actions ont montré l'amélioration de la richesse floristique et de la valeur pastorale dans les formations restaurées.

La wilaya de Laghouat, qui se situe dans l'étage bioclimatique semi-aride au nord, et saharien au sud, représente 12 % de la superficie totale de la région steppique algérienne. Cette wilaya agropastorale dispose d'un cheptel très important dominé par les ovins (plus de deux millions de têtes) dont l'effectif a triplé en une vingtaine d'années (Nedjraoui et Bédrani, 2008). Cependant, sous l'effet conjugué du surpâturage (augmentation de la charge pastorale) et de la sécheresse, des signes de dégradation des parcours sont apparus provoquant un déficit alimentaire pour le cheptel et obligeant les éleveurs à recourir aux compléments alimentaires (concentrés).

Dans cette étude, nous nous sommes intéressés aux parcours aménagés afin d'évaluer l'effet de la plantation d'arbustes fourragers sur la productivité pastorale des parcours. Nous avons tenté de répondre à la question suivante : la réhabilitation des parcours par plantation d'*A. canescens*, peut-elle apporter une amélioration significative des parcours steppiques dégradés, et si oui, comment mesurer cette amélioration ? Pour y répondre, nous avons conduit des relevés de terrain dans le nord de Laghouat particulièrement concerné par les programmes d'aménagement nationaux.

■ MATERIEL ET METHODES

Localisation et caractérisation des zones d'étude

La wilaya de Laghouat occupe une position centrale, reliant les hauts plateaux avec le Sahara. Elle se situe à 400 kilomètres au sud de la capitale Alger (33° 48' N, 02° 53' E) et couvre une superficie de 25 052 kilomètres carrés (figure 1). C'est une zone de steppe regroupant trois ensembles géographiques présentant chacun des caractéristiques géomorphologiques et des formations végétales homogènes. Le premier ensemble est formé par les piémonts de l'Atlas saharien, zone à caractère agropastoral qui représente 30 % de la superficie totale de la wilaya.

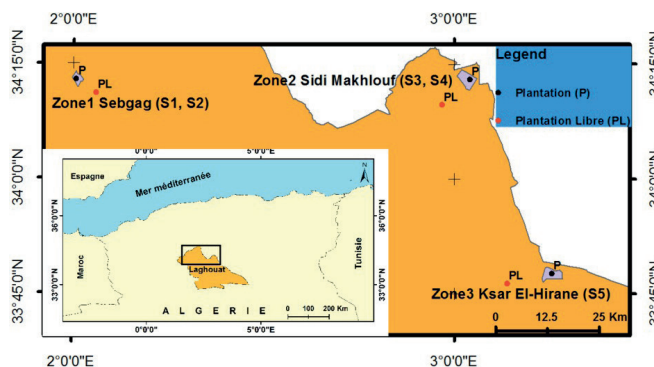


Figure 1 : les trois zones d'étude dans la wilaya de Laghouat en Algérie.

Ces piémonts sont formés principalement de vieux massifs forestiers et des pacages et parcours alfatiers. Le second ensemble est constitué par la plaine alluviale de l'Oued M'Zi et par un plateau à surface plane avec une charge caillouteuse en surface. Les sols y sont généralement peu profonds. Cette zone à caractère agropastoral représente plus de 60 % de la superficie. Elle renferme de vastes étendues steppiques pour la plupart dégradées. Le dernier ensemble est une vaste étendue de parcours pré-désertiques s'étalant vers le sud à base de chaméphytes peu appréciées. Cet ensemble représente 10 % de la superficie de la wilaya. Les terres de parcours occupent une superficie de 18 429 kilomètres carrés soit 74 % du territoire de la wilaya. Selon les services agricoles de la wilaya, les parcours en bon état, c'est-à-dire ceux dont la productivité fourragère est intéressante, ne représentent que 6 % de la superficie totale des parcours de la wilaya. Les mêmes services évaluent à 68 % les parcours dégradés et à 26 % ceux qui sont aménagés.

Du point de vue climatique, la wilaya est caractérisée par un climat méditerranéen, semi-aride à saharien. Elle est répartie le long d'un gradient d'aridité entre les stations météorologiques d'Aflou et de Laghouat, avec respectivement 324 mm et 162 mm de pluviométrie moyenne annuelle pour la période 2004–2014 (tableau I). La répartition saisonnière des précipitations est marquée par la prédominance des pluies d'automne et de printemps (29,52 % et 29,41 %) au nord. Au sud, c'est la saison automnale qui est la plus pluvieuse (55,48 %). Les données météorologiques recueillies entre les années 2005–2014 au niveau des deux stations météorologiques, nous ont permis d'établir les diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gaussen (figure 2).

La durée et l'intensité de la saison sèche sont différentes d'une zone à l'autre, ce qui traduit une variabilité climatique spatiale dans la région. Le gradient pluviométrique décroît du nord vers le sud, et la période sèche dure plus de cinq mois au nord. D'autre part, elle couvre les douze mois au sud, qui est en déficit hydrique durant l'année entière.

Tableau I

Caractéristiques et conditions climatiques de la wilaya de Laghouat en Algérie

| Station météorologique | Aflou | Laghouat |
|--|-------|----------|
| Altitude (m) | 1400 | 750 |
| Précipitations moyennes (mm) durant la période d'étude (2012–2014) | 361 | 125 |
| Précipitations moyennes (mm) (2004–2014) | 324 | 162 |
| Coefficient de variation de la pluviosité | 83 | 61 |
| Température moyenne maximale (°C) | 23,5 | 32,23 |
| Température moyenne minimale (°C) | 3,10 | 8,06 |

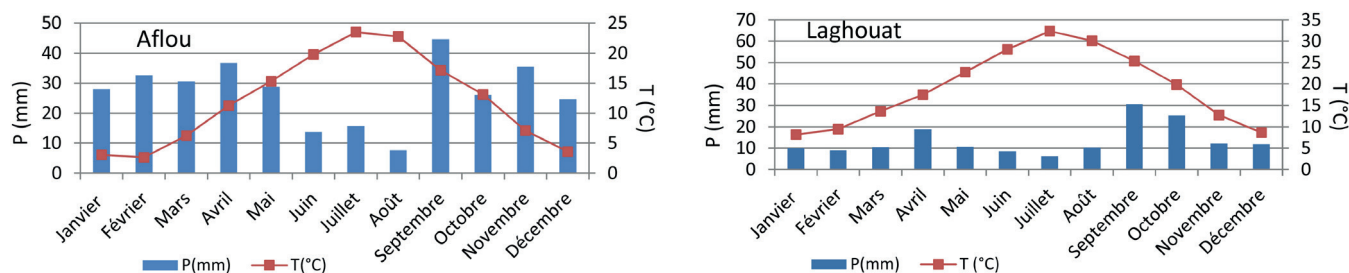


Figure 2 : diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen, stations météorologiques Aflou et Laghouat (2005–2014).

La pluviosité moyenne de la décennie 2005–2014 a présenté une grande variabilité interannuelle. En effet, l'année 2007 était la plus sèche à Aflou et à Laghouat (figure 3). La pluviosité moyenne annuelle a diminué de 17 % à 27 % dans les steppes algériennes durant le siècle dernier (Hammouda, 2009). La diminution générale des précipitations de la zone d'étude est comprise entre 7 % à Aflou et 14 % à Laghouat (Hammouda, 2009).

Laghouat présente une mosaïque pédologique dans laquelle cinq classes de sols sont distinguées : sols minéraux bruts, sols peu évolués, sols calcimagnésiques, sols isohumiques, et sols des *dayas*. Les sols dominants sont du type steppique, caractérisés par un horizon superficiel de faible profondeur (moins de 25 cm), de texture sablo-limoneuse à sablo-argileuse (Bneder, 2014).

Les plantations réalisées par le HCDS dans le Laghouat ont concerné les parcours dégradés présentant une couverture végétale pérenne inférieure à 20 %. Elles étaient constituées d'une plantation pure composée seulement d'*A. canescens*. Les plants d'*A. canescens* ayant servi au repeuplement des stations étudiées ont été élevés en pépinière durant trois mois avant d'être transplantés. Après plantation,

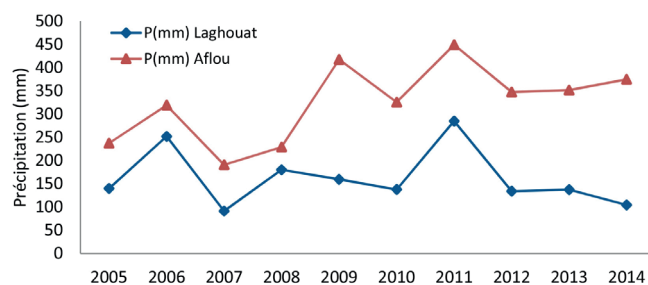


Figure 3 : variabilité interannuelle des pluies dans la wilaya de Laghouat en Algérie, stations météorologiques Aflou et Laghouat (2005–2014).

trois arrosages ont été effectués à raison de 20 litres par plant sur une période de deux mois. La densité moyenne des plantations a été estimée à 800 plants par hectare, avec un écartement inter et intra lignes de 5 mètres sur 2,5. Chaque zone a été mise en défens pendant les cinq années qui ont suivi sa plantation, leurs limites ont été matérialisées par des tumulus visibles de loin et leur protection a été assurée par un gardiennage.

Sélection des stations

L'étude a porté sur trois zones réparties selon un gradient est-ouest : Sebgag avec deux stations appartient au premier ensemble géographique, Sidi Makhoulouf avec deux stations appartient au deuxième, et Ksar El Hirane avec une station appartient au troisième (figure 1). Dans ces trois zones, les plantations étaient âgées de cinq ans. Dans chacune des zones, deux stations ont été choisies : l'une aménagée et mise en défens depuis cinq ans, et l'autre conservée en parcours naturel soumis à un pâturage libre (figure 1). Dans la troisième zone, nous n'avons pas obtenu de résultat significatif pour le parcours en pâturage libre car il était quasiment nu. Nos résultats sont donc présentés pour cinq stations. Il faut noter que les stations en pâturage libre ne représentent pas à proprement parler des stations témoins. En effet, notre étude ne propose pas de comparer des parcelles réhabilitées avec des parcelles non réhabilitées, toutes choses égales par ailleurs. Il s'agit plutôt de comparer des parcelles « réhabilitées et mises en défens » avec des parcelles « non réhabilitées et en pâturage libre ». Le tableau II présente les caractéristiques des cinq stations. Ces caractéristiques soulignent le contexte particulièrement difficile de la zone de Ksar El Hirane constitué de microdunes de basse altitude soumis à un climat saharien.

L'objectif de l'évaluation était de comparer dans ces cinq stations l'état de recouvrement de la végétation, la phytomasse et la productivité pastorale. L'échantillonnage a été basé sur la méthode subjective (Gounot, 1969). Après une reconnaissance générale du territoire, qui

Tableau II

Présentation des stations dans la wilaya de Laghouat en Algérie

| Zone | Sebgag | | Sidi Makhoulouf | | Ksar El Hirane |
|----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------|
| | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 |
| Type d'aménagement | Plantation | Parcours naturel | Plantation | Parcours naturel | Plantation |
| Mise en défens | Mise en défens | pâturé | Mise en défens | pâturé | Mise en défens |
| Superficie (ha) | 1600 | – | 1200 | – | 1100 |
| Taux de réussite (%) | 73 | – | 44 | – | 35 |
| Altitude (m) | < 1500 | < 1500 | 900 | 900 | < 700 |
| Géomorphologie | Glacis secondaire ensablé | Glacis secondaire ensablé | Glacis secondaire ensablé | Glacis secondaire ensablé | Microdunes |
| Etage bioclimatique | Semi-aride | Semi-aride | Saharien | Saharien | Saharien |

a permis de sélectionner les stations selon des critères d'homogénéité (homogénéité des conditions écologiques, floristiques et physiologiques) (Gillet, 2000), des placettes de 100 m² (10 m × 10 m) ont été posées. Dans chaque zone, trois placettes ont été sélectionnées. Nous avons pris en considération des variables des stations, soit le type physiologique de la végétation notamment les espèces vivaces dominantes avec *A. canescens*.

Echantillonnage du couvert végétal sur chaque station

L'étude quantitative et qualitative a été effectuée selon la méthode des points quadrants linéaires (Daget et Poissonet, 1971). Elle a été utilisée pour évaluer l'état du couvert végétal en analysant les espèces présentes et leurs fréquences. La lecture a été faite tous les 10 centimètres le long d'un ruban gradué de 10 mètres tendu au-dessus de la végétation de chaque placette, soit sur 100 points de lecture par placette (Daget et Poissonet, 1971 ; Salemkour et al., 2016). Dans chaque station, le taux de recouvrement de la végétation (TRV) et la contribution spécifique des espèces ont été évalués. Au total, 360 relevés floristiques ont été effectués. Le recouvrement de la végétation est un paramètre quantitatif qui permet directement de distinguer les pâturages selon leur état actuel de dégradation. La contribution d'une espèce *i* (CSI), par rapport à la somme des fréquences de l'ensemble des espèces, est assimilée à la probabilité de présence de cette espèce (Daget et Poissonet, 1971). La nomenclature botanique utilisée était celle de Quézel et Santa (1962).

Relevés pédologiques

Des relevés pédologiques ont accompagné les relevés floristiques. L'étude du sol était basée sur des échantillons prélevés sur une profondeur de 30 centimètres. Les paramètres pédologiques pris en compte étaient l'humidité, le pH, la conductivité électrique, le taux de la matière organique et le taux du calcaire total. Les méthodes d'analyses utilisées étaient celles d'Aubert (1978).

Estimation de la phytomasse et de la productivité des parcours

La phytomasse aérienne de la strate herbacée des espèces pérennes et des arbustes d'un périmètre sylvopastoral est définie comme étant « la quantité de végétation (verte ou sèche) sur pied par unité de surface à un instant donné » (Aidoud, 1983), exprimée en kilogrammes de matière sèche (MS) par hectare. Il s'agit d'une mesure de la productivité des parcours. La méthode d'évaluation retenue était semi-destructive (Aidoud, 1983). Elle consistait pour chaque espèce à couper la partie aérienne de trois pieds de dimensions différentes (petite, moyenne et grande). La phytomasse aérienne a ensuite été calculée en multipliant le poids moyen en MS de chaque espèce par sa densité spatiale au sein de chaque placette (en g de MS/ha). Les valeurs moyennes sont ensuite calculées puis extrapolées (en kg de MS/ha).

Composition chimique des fourrages

La composition des fourrages a été déterminée par la méthode d'analyse chimique des fourrages (Marnay et al., 2014). L'analyse chimique a été réalisée sur les principales espèces pérennes présentes dans les différentes stations. Avant l'analyse, les échantillons des différentes stations ont fait l'objet de pesées à l'état frais. Une fois au laboratoire, ils ont été séchés à 85 °C jusqu'à poids constant pour déterminer la matière sèche, broyés et conservés dans des boîtes hermétiques. A partir de ces échantillons, la matière organique (MO), la matière minérale (MM), la matière azotée totale (MAT) et la cellulose brute (CB) ont pu être déterminées. La valeur bromatologique des différentes espèces relevées a ensuite été déterminée en s'appuyant sur

les méthodes officielles d'analyses appliquées en alimentation et en nutrition animale de l'Association of Official Analytical Chemist (AOAC) et de l'Association française de normalisation (Afnor).

Production pastorale des parcours

La production pastorale des parcours a été estimée en extrapolant sur une année les valeurs de la phytomasse des pérennes (productivité des parcours). Sur cette base, la production énergétique et la production azotée des fourrages pérennes ont été estimées. Ces valeurs ont été calculées à partir de la production de la biomasse des espèces qui les composent multipliée par leurs différentes valeurs nutritives (Chehma, 2005 ; Chehma et al., 2008).

Charge pastorale théorique

La capacité de charge théorique est définie par le nombre maximum d'herbivores qui peuvent pâturer une surface donnée, pendant un certain temps, sans détérioration de la végétation (Chehma, 2005). C'est le nombre moyen de têtes, pendant une période donnée, que peut supporter un pâturage. Les besoins énergétiques des animaux est en moyenne de 400 UF par an pour une brebis (Aidoud 1983). L'unité ovine est l'unité de référence permettant de calculer les besoins nutritionnels ou alimentaires d'une brebis et du troupeau (Aidoud 1983).

Analyse statistique

L'analyse de variance (Anova) et une analyse en composantes principales (ACP) ont été effectuées pour interpréter les résultats, avec le logiciel statistique XLSTAT (2009).

■ RESULTATS

L'analyse des données de couverture végétale a montré que les trois stations aménagées et mises en défens possédaient des TRV compris entre 49,4 % et 60,5 %. Ces taux étaient très supérieurs à ceux des stations ouvertes au pâturage qui étaient compris entre 35 % et 41 % (figure 4). L'analyse de variance a révélé un effet significatif de la réhabilitation couplée à la mise en défens ($p = 0,0001$) sur le TRV, qui s'est traduit par une augmentation importante des espèces pérennes.

Les résultats des analyses pédologiques (tableau III) indiquent, pour les trois zones, un pH alcalin à très alcalin. Les valeurs de conductivité électrique des sols ont souligné la différence entre les sols non salés de la zone de Sidi Makhoulf (S3) et les sols à faible salinité de Sebgag (S1) et de Ksar El Hirane (S5). Ces derniers étaient pauvres en matière organique, alors que ceux des deux autres zones avaient une teneur moyenne en MO (1,55 % et 2,72 %). Dans les trois zones, le taux de MAT a été très faible. La distribution spatiale du calcaire total était caractéristique des sols faiblement calcaires.

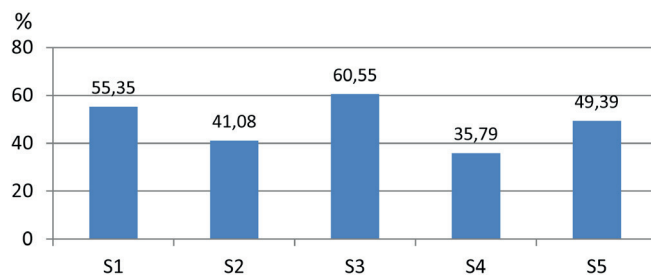


Figure 4 : taux de recouvrement végétal des stations étudiées dans la wilaya de Laghouat en Algérie (2012–2014).

Tableau III

Paramètres morphologiques et analytiques des profils pédologiques des stations étudiées dans la wilaya de Laghouat en Algérie

| Station | Sebgag | Sidi Makhlouf | Ksar El Hirane |
|---|--------|---------------|----------------|
| | S1 | S3 | S5 |
| H (%) | 4,64 | 2,91 | 2,13 |
| pH eau | 8,51 | 8,38 | 8,64 |
| Conductivité électrique à 25 °C (mmho/cm) | 0,253 | 0,194 | 0,292 |
| Matière sèche (%) | 95,36 | 97,09 | 97,87 |
| Matière minérale (%) | 98,45 | 97,25 | 99,3 |
| Matière organique (%) | 1,55 | 2,72 | 0,7 |
| Matière azotée (%) | 0,028 | 0,024 | 0,021 |
| Taux de calcaire (%) | 2,56 | 3,51 | 3,36 |

Les familles les mieux représentées dans les trois zones ont été les Asteraceae (22 %), les Fabaceae (14,71 %) et les Poaceae (8,82 %). Dans les stations aménagées, *A. canescens* était l'espèce pérenne dominante et représentait entre 22,4 % et 48,8 % de la phytomasse présente. Dans les stations naturelles ouvertes au pâturage, peu d'espèces pérennes étaient présentes. En particulier, sur la station naturelle ouverte au pâturage de Sebgag, seules deux espèces pérennes étaient présentes (tableau IV). Nos relevés soulignent aussi la réapparition de l'alfa (*Stipa tenacissima*), une espèce qui avait fortement régressé dans les premières années qui avaient suivi les aménagements. Dans les stations aménagées de Sebgag (S1) et de Sidi Makhlouf (S3), cette espèce a contribué pour 10 % à 12 % de la phytomasse.

Le test Anova appliqué aux moyennes annuelles des compositions chimiques des espèces pérennes (moyenne sur les quatre saisons) a révélé que l'aménagement a eu un impact positif ($p \leq 0,01$) sur la MAT des espèces pérennes. Les espèces pérennes étudiées étaient moyennement riches en fibres brutes (taux de cellulose brute compris entre 28 % et 35 % de la MS). Les valeurs des taux en MM oscillaient

de 7,59 % à 16,45 % de la MS dans les stations aménagées, et de 3,15 % à 4,76 % dans les stations ouvertes au pâturage, durant les deux années de l'étude (tableau V).

L'étude des potentialités des espèces pérennes dans les différentes stations a révélé que les parcours aménagés et protégés présentaient des valeurs meilleures de productivités pastorales que les parcours naturels ouverts au pâturage (tableau VI). Les stations aménagées ont présenté des valeurs élevées en phytomasse, avec un maximum de 1291 kg MS/ha et un minimum de 1168 kg MS/ha. En revanche, les stations ouvertes au pâturage libre ont eu des valeurs de phytomasse comprises entre 12,38 et 20,62 kg MS/ha. La productivité fourragère en terme de phytomasse a donc été augmentée dans les stations aménagées de 10 à 50 fois par rapport aux stations naturelles.

La production pastorale moyenne annuelle a aussi été la plus élevée dans les stations aménagées de Sebgag et de Sidi Makhlouf, marquées par la présence d'*Atriplex* et d'alfa, avec respectivement 278,56 et 263,65 kg de MS/ha/an. Elle a été beaucoup plus faible dans la zone aménagée de Ksar El Hirane dominé, en plus d'*Atriplex*, par *Anabasis articulata* (179,61 kg de MS/ha/an). Ces valeurs ont représenté entre 3 et 15 fois plus de productions pastorales que les stations non réhabilitées ouvertes au pâturage.

Le tableau VI montre les résultats des valeurs énergétiques moyennes annuelles en unité fourragère lait (UFL) et en unité fourragère viande (UFV). Les meilleures valeurs de la production énergétique ont été enregistrées dans les zones aménagées. Ces valeurs étaient entre 20 et 30 fois supérieures aux valeurs de la production énergétique des stations non réhabilitées ouvertes au pâturage libre. Les valeurs énergétiques des productions fourragères ont été particulièrement bonnes dans la station aménagée de Ksar El Hirane (450 UFV/ha).

Les stations aménagées ont présenté aussi les valeurs azotées les plus importantes avec des valeurs comprises entre 24,7 et 29,47 kg/ha pour les protéines digestibles dans l'intestin grêle limitées par l'azote (PDIN), et entre 52,46 et 60,18 kg/ha pour les protéines digestibles dans l'intestin grêle limitées par l'énergie (PDIE). Ces valeurs ont été de 10 à 58 fois supérieures à celles des stations non réhabilitées ouvertes au pâturage libre.

Tableau IV

Contribution spécifique des espèces pérennes des stations étudiées dans la wilaya de Laghouat en Algérie

| Station | Sebgag | | Sidi Makhlouf | | Ksar El Hirane |
|---------------------------------|--------|-------|---------------|-------|----------------|
| | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 |
| <i>Retama raetam</i> | – | – | 3,96 | – | 6,65 |
| <i>Thymelaea microphylla</i> | – | – | 3,48 | 11,47 | 17,75 |
| <i>Helianthemum lippii</i> | – | – | 2,15 | 0 | 2,37 |
| <i>Atractylis serratuloides</i> | – | – | 7,85 | 10,71 | 0,35 |
| <i>Stipa tenacissima</i> | 12,73 | 29,47 | 10,24 | 13,39 | – |
| <i>Pituranthos</i> sp. | – | – | 2,05 | – | – |
| <i>Artemisia campestris</i> | 13,92 | 38,82 | 1,53 | 5,42 | – |
| <i>Atriplex canescens</i> | 49,6 | – | 27,6 | – | 22,4 |
| <i>Stipa parviflora</i> | 5,21 | – | 4,47 | 2,38 | – |
| <i>Lygeum spartum</i> | 7,97 | – | 4,78 | – | – |
| <i>Anabasis articulata</i> | – | – | 5,02 | – | 31,67 |
| <i>Astragalus armatus</i> | – | – | 10,81 | 24,2 | – |
| <i>Salsola vermiculata</i> | – | – | 7,09 | 6,73 | 3,89 |
| <i>Peganum harmala</i> | – | – | – | – | 4,75 |

S2 et S4 : stations non réhabilitées

Tableau V

Caractéristiques de la composition chimique des espèces pérennes des stations étudiées dans la wilaya de Laghouat en Algérie

| Station | Sebgag | | Sidi Makhlouf | | Ksar El Hirane |
|------------------------------|--------|-------|---------------|-------|----------------|
| | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 |
| Matière sèche (%) | 65 | 70 | 64 | 68 | 58 |
| Matière azotée totale (% MS) | 3,02 | 2,57 | 3,06 | 2,74 | 3,87 |
| Matière minérale (% MS) | 9,59 | 4,76 | 7,59 | 3,15 | 16,45 |
| Matière organique (% MS) | 90,41 | 95,24 | 87,41 | 97,64 | 83,55 |
| Cellulose brute (% MS) | 35,20 | 32,50 | 32,50 | 33,00 | 28,80 |

S2 et S4 : stations non réhabilitées ; MS : matière sèche

Tableau VI

Performances pastorales annuelles des stations étudiées dans la wilaya de Laghouat en Algérie

| Station | | Sebgag | | Sidi Makhlouf | | Ksar El Hirane |
|--|------------|---------|-------|---------------|-------|----------------|
| | | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 |
| Phytomasse des pérennes (kg MS /ha) | | 1265,88 | 12,38 | 1168,37 | 20,62 | 1290,57 |
| Production pastorale (kg MS/ha) | | 278,56 | 90,40 | 263,65 | 11,93 | 179,61 |
| Production énergétique | UFL/ha | 604,15 | 64,02 | 523,77 | 14,37 | 563,63 |
| | UFV/ha | 232,22 | 50,55 | 407,30 | 11,43 | 450,38 |
| Production azotée | PDIN kg/ha | 29,47 | 1,64 | 24,70 | 0,42 | 25,24 |
| | PDIE kg/ha | 60,18 | 5,77 | 52,46 | 1,31 | 54,69 |
| Charge pastorale théorique (/U. ovine /ha/ an) | | 1,51 | 0,16 | 1,30 | 0,03 | 1,41 |

S2 et S4 : stations non réhabilitées ; UFL : unité fourragère lait ; UFV : unité fourragère viande ; PDIE : protéines digestibles dans l'intestin grêle limitées par l'énergie ; PDIN : protéines digestibles dans l'intestin grêle limitées par l'azote

Le calcul de la charge pastorale théorique (400 UF/ha/an) a montré que dans les stations plantées et mises en défens (tableau VI) elle pouvait atteindre 1,30 à 1,51 unité ovine / ha/an. En revanche, dans les stations naturelles et ouvertes au pâturage, la charge théorique était très faible, entre 0,03 et 0,16 unité ovine/ha/an, ce qui nécessitait 6 à 33 hectares pour subvenir au besoin d'une seule unité ovine. Au total, les charges pastorales théoriques des stations réhabilitées de Sebgag et de Sidi Makhlouf ont été respectivement 9,4 à 43 fois supérieures à celles des stations non réhabilitées et ouvertes au pâturage.

Pour différencier les différentes stations entre elles sur une base multivariée, nous avons réalisé une ACP. Les variables actives utilisées ont été le taux de MS, le TRV, les valeurs énergétiques (UFV), la productivité pastorale (phytomasse) et les précipitations. L'axe 1 retenait 65,49 % de l'inertie totale, l'axe 2 retenait 27,71 % de l'inertie, ce qui a conduit au très bon taux d'inertie expliquée de 93,2 %.

La projection des variables est bien présentée sur le cercle de corrélations (figure 5) qui montre les relations existantes entre elles. Il y a eu une forte corrélation entre la productivité pastorale et le TRV, une corrélation inverse mais forte entre la production énergétique (UFV) et la production de MS. Les précipitations et la MS ont été fortement corrélées. L'axe 1 opposait un premier groupe formé par les variables, soit le TRV, l'énergie (UFV) et la productivité pastorale qui étaient corrélés positivement entre eux, et un deuxième groupe formé par le taux de MS. L'axe 2 était formé par la variable précipitations.

L'ACP a montré que la productivité dans les stations aménagées a été moins liée aux précipitations que dans les stations naturelles (figure 5). Les stations plantées et mises en défens, qui bénéficiaient d'une plus grande biomasse pérenne, ont constitué des écosystèmes plus résistants à l'aridité que les stations sans plantation. La plantation

d'*Atriplex* a ainsi constitué un moyen d'augmenter la résilience de l'écosystème, en plus de constituer une réserve fourragère (Kessler, 1990). La projection des cinq zones sur le graphe de l'ACP a montré un impact très net des aménagements (stations S1, S3 et S5). La synthèse des données par l'ACP a souligné que l'amélioration des

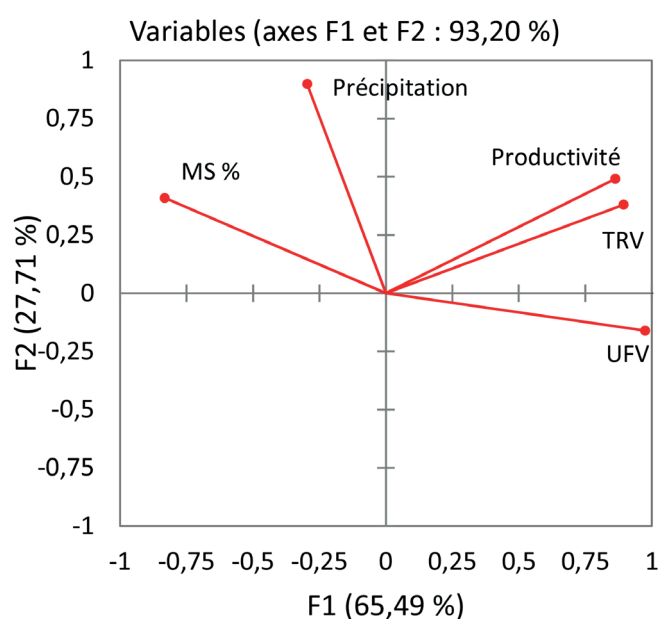


Figure 5 : cercle de corrélation des variables (ACP sur la valeur pastorale et précipitation), wilaya de Laghouat en Algérie (2012–2014). MS : matière sèche ; TRV : taux de recouvrement végétal.

caractéristiques productives dans les stations plantées en *Atriplex* (TRV, phytomasse, diversité floristique) s'est répercutée, d'une part, sur l'augmentation quantitative de la production pastorale et, d'autre part, sur la valeur alimentaire des fourrages.

La projection des stations sur le plan factoriel 1-2 de l'ACP (figure 6) a révélé trois groupes : le premier groupe comprenait les stations aménagées de Sebgag (S1) et de Sidi Makhlouf (S3) qui étaient les deux stations les plus productives et qui possédaient une bonne couverture végétale. Le deuxième groupe renfermait la station aménagée de Ksar El Hirane (S5) qui était moins productive mais présentait une valeur énergétique importante. Le troisième groupe renfermait les deux stations non réhabilitées et ouvertes au pâturage (S2 et S4) dans lesquelles la productivité moyenne en MS par hectare restait très dépendante des précipitations qui demeuraient le principal facteur limitant pour la production d'unités fourragères.

Dans les stations aménagées de Sebgag et de Sidi Makhlouf, l'amélioration de la production fourragère provenait en grande partie de la biomasse produite par *A. canescens*. A Sebgag, cet apport de biomasse issu d'*Atriplex* a été doublé par un regain d'*Artemisia campestris* et d'alfa, tandis qu'à Sidi Makhlouf, nous avons noté une diversité floristique beaucoup plus grande. Dans la station aménagée de Ksar El Hirane, c'était la dominance d'*Anabasis articulata* et, dans une moindre mesure, d'*A. canescens* et de *Thymelaea microphylla* qui ont expliqué le regain de la production pastorale.

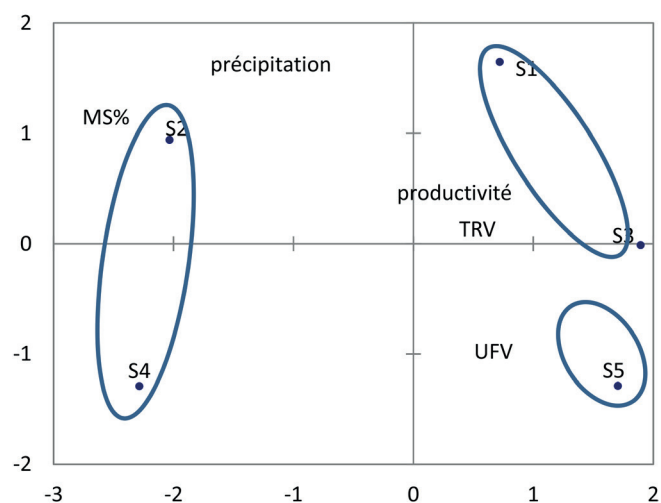


Figure 6 : répartition des stations de Laghouat en Algérie sur le plan factoriel 1-2 de l'ACP (axe 1 = 65,49 % d'inertie, axe 2 = 27,71 %). MS : matière sèche ; TRV : taux de recouvrement végétal ; UFV : unité fourragère lait ; S1, S2 : stations de Sebgag ; S3, S4 : stations de Sidi Makhlouf, S5 : station de Ksar El Hirane ; S2 et S4 : stations non réhabilitées.

■ DISCUSSION

L'objectif de ce travail était d'évaluer dans quelle mesure la réhabilitation par la plantation d'*A. canescens* et la mise en défens amélioreraient la productivité pastorale des parcours dégradés. Ce travail a consisté à estimer le taux de recouvrement de la végétation, la diversité floristique, la productivité pastorale des parcours, la valeur bromatologique fourragère et protéique des espèces pérennes présentes dans les stations réhabilitées, et dans les stations non réhabilitées et ouvertes au pâturage. Les résultats ont montré que la réhabilitation a provoqué des effets importants sur tous ces paramètres.

Dans les stations ayant bénéficié des reimplantations et des mises en défens, un recouvrement global de la végétation et une diversité floristique très

supérieures à ceux des stations non aménagées et ouvertes au pâturage ont été observés. Amghar et al. (2016) indiquent que le TRV est plus élevé dans les zones avec plantation d'*Atriplex* que dans des zones mises en défens mais non plantées (respectivement 75,2 % et 67,67 %). Ces résultats sont aussi cohérents avec les travaux conduits au Maroc par Hachmi et al. (2015) qui mentionnent des TRV différents entre des parcours plantés d'*A. nummularia* (51 %), des mises en repos (24 %) et des travaux de conservation de l'eau et du sol (17 %).

L'amélioration du TRV des stations aménagées était due à *A. canescens* qui a créé une couverture végétale permanente et a contribué au processus de remontée biologique, augmentant le taux de recouvrement permanent de la biomasse pérenne, ce qui est là aussi cohérent avec la littérature (Le Houérou, 1995 ; Amghar et al., 2016). Le couvert végétal, plus élevé dans les stations aménagées depuis cinq ans, témoignait d'une régénération des pérennes ce qui représente un rempart contre la dégradation dans les parcours.

Les propriétés nutritives d'une espèce varient selon les saisons et les écotypes. De même, la contribution spécifique tient compte aussi bien des espèces fourragères que des espèces non fourragères (Akpo et al., 2002). La réhabilitation effectuée dans le Sud tunisien (Le Floc'h et al., 1999) a permis de reconstituer une steppe très dégradée et un certain nombre d'espèces ont pu être réinstallées (*Stipa parviflora*, *Artemisia campestris*).

Il y a eu une grande variabilité des composants chimiques entre les différentes espèces analysées, qui serait liée au milieu, à la saison et à la variabilité génétique entre espèces (Chehma et al., 2008). La productivité moyenne en matière sèche par hectare a été très dépendante des précipitations pour les stations non aménagées, un facteur limitant pour la production des unités fourragères.

La réhabilitation a permis au cortège floristique de se reconstituer et de produire une nouvelle biomasse. Selon Le Houérou (1995), environ 80 % de la biomasse des steppes est assurée par les espèces pérennes. *A. canescens*, espèce adaptée aux différentes contraintes météorologiques et pédologiques de la zone steppique (Le Houérou, 2000), a permis la création d'un nouveau cortège floristique.

Selon la tranche pluviométrique annuelle (105–256 mm), la production de biomasse sèche reste très hétérogène et oscille entre 520 et 1220 kg/ha (Yerou, 2013). Dans une steppe aride en Syrie, Louhaichi et al. (2012) rapportent une production de phytomasse de 490 kg/ha par contre 2340 kg/ha en zones protégées. Cependant, Hachmi et al. (2015) notent 2600 kg/ha pour une zone réhabilitée par plantation d'*Atriplex* dans une steppe aride au Maroc. Par ailleurs, les valeurs de phytomasse totale obtenues dans les zones aménagées de notre étude ont été inférieures à celles rapportées par Louhaichi et al. (2012), et Hachmi et al. (2015), car la phytomasse des espèces annuelles n'a pas été prise en considération.

Aidoud (1989) montre que les parcours se dégradent fortement lorsque la charge pastorale potentielle est (environ 8 ha / unité ovine) supérieure à la charge réelle des parcours, ce qui donne lieu à un surpâturage intense. La charge qui permet l'équilibre a été estimée en 1982 à 0,25 tête/ha, soit 4 hectares pour un ovin, alors que celle constatée à Djebel Amour est quatre fois plus élevée, atteignant 0,96 tête/ha (Bensouiah, 2004). Elle est même beaucoup plus élevée dans les zones les plus accessibles, comme dans la commune d'Ain Sidi Ali qui présente une charge 11 fois supérieure à la norme citée (Bensouiah, 2004). Cette surcharge animale, avec une phytomasse faible par rapport à leur potentialité et un pâturage sans temps de repos suffisant, ne permet pas d'assurer une régénération du couvert végétal. Cette situation est à l'origine de la dégradation de nombreux parcours (Bencherif, 2013). L'influence des précipitations n'est pas écartée ; Allreda et al. (2014) mentionnent son effet sur la productivité, et le bilan entre les précipitations et l'évaporation est souvent négatif (Aidoud et al., 2006).

La différence de la valeur énergétique entre les stations aménagées et les stations ouvertes au pâturage serait due principalement à la pression de pâturage exercée dans les stations ouvertes au pâturage. Cette pression diminue leur productivité pastorale. En revanche, les stations aménagées jouent un rôle fondamental dans l'augmentation de la productivité pastorale : *A. canescens* a amélioré les disponibilités fourragères des parcours en zones steppiques à faible pluviométrie de Laghouat comme cela a été reporté dans d'autres wilayas. La production pastorale est significativement corrélée au couvert végétal mesuré (Aidoud, 1989).

Les plantations d'*Atriplex* peuvent être utilisées comme une réserve fourragère en été et en hiver, comblant la carence de fourrage qui se manifeste avant la croissance printanière des espèces fourragères herbacées (Kessler, 1990) et permet au bétail de supporter de longues périodes de carence alimentaire dues à la sécheresse. Elle sert, selon Brouri (2011), à améliorer la productivité pastorale de 30–50 UF/ha à plus de 600 UF/ha. Elle contribue aussi à protéger les sols et bien valoriser les espaces dégradés, même ceux les plus improductifs, comme les zones dunaires, salées, hamadas et terrains accidentés, à modifier la composition floristique, ainsi qu'à augmenter la diversité et le taux de recouvrement végétal. De nombreux exemples au Maghreb ont été rapportés par Acherkouk et El Houmaizi (2013).

Ces arbustes ont permis l'augmentation de la productivité pastorale dans la région d'étude qui avait une forte intensité de charge, ce qui a représenté l'une des stratégies efficaces pour la réduction du risque d'érosion lié aux conditions de dégradation par le surpâturage. Malgré la sécheresse et l'aridité du climat, cet aménagement a produit un impact positif sur la végétation (diverses espèces fourragères importantes sont réapparues), en améliorant le recouvrement végétal et la production fourragère en matière sèche et en énergie. La technique de plantation d'arbustes fourragers représente la meilleure technique en terme de restauration (Hachmi et al., 2015).

■ CONCLUSION

L'utilisation de la productivité pastorale représente un outil précieux dans la gestion des ressources pastorales des parcours steppiques, permettant à la fois de répondre aux besoins de l'éleveur et à la protection de cet écosystème fragile (Rekik, 2014). La végétation steppique, dont la qualité fourragère est valorisée par la conduite de troupeaux ovins au pâturage, est soumise à la pression du surpâturage et de la sécheresse. La plantation d'*A. canescens* permet l'augmentation de la production de biomasse et la régénération des espèces végétales pérennes, et par conséquent la reconstitution des parcours steppiques. La qualité bromatologique des parcours et la densité de recouvrement sont fortement améliorées par ces plantations, lorsqu'elles sont doublées d'une mise en défens.

La productivité pastorale différenciée entre des stations réhabilitées et des stations non réhabilitées ouvertes au pâturage peut constituer *a priori* un meilleur indicateur que la diversité de liste floristique globale de la valeur pastorale, car les espèces pérennes sont moins corrélées aux aléas climatiques que les espèces annuelles. Nos résultats ont confirmé que, dans le cas des steppes de Laghouat, la réhabilitation par la reconstitution des pâturages dégradés est permise par des actions d'aménagement pastoral basées sur les plantations d'*Atriplex*. Cela a pour incidence en particulier : a) l'augmentation du recouvrement végétal qui est une conséquence de l'augmentation de l'offre fourragère ; la phytomasse des pérennes a été 10 à 56 fois plus importante dans les parcours aménagés et mis en défens que dans les parcours naturels ouverts au pâturage ; b) l'augmentation de la valeur fourragère énergétique des parcours aménagés et mis en défens qui a été 9 à 22 fois supérieure à celle des parcours naturels ouverts au pâturage ; c) l'augmentation de la valeur protéique des parcours aménagés et mis en défens qui a été 18 à 58 fois supérieure à celle des parcours naturels ouverts au pâturage ; d) la charge pastorale

théorique ovine des stations aménagées qui a été multipliée par 9,4 à 43 fois ; et e) la productivité dans les stations aménagées qui a été moins influencée par les précipitations.

Ces résultats mettront à la disposition des opérateurs sur le terrain (éleveurs, développeurs, autorités locales) des outils pour une gestion rationnelle des parcours aménagés, ainsi que des indicateurs d'évolution de ces espaces aidant à la prise de décisions futures.

Remerciements

Les auteurs adressent leurs sincères remerciements aux responsables du Haut-Commissariat au développement de la steppe pour leur collaboration pendant cette étude.

Déclaration des contributions des auteurs

OA et AEC ont participé à la conception et à la planification de l'étude ; OA a recueilli les données, a collecté les échantillons sur le terrain, a mis en œuvre les analyses au laboratoire, a effectué les analyses statistiques et a rédigé le manuscrit ; AEC a révisé le manuscrit.

Conflits d'intérêts

Les auteurs affirment qu'il n'existe aucun conflit d'intérêts.

REFERENCES

- Acherkouk M. et El Houmaizi M.-A., 2013. Evaluation de l'impact des aménagements pastoraux sur la dynamique de la production des pâturages dégradés au Maroc oriental. *Ecol. Mediterr.*, **39** : 69-84, doi : 10.3406/emced.2013.1281
- Ahmed Z., 2015. Determination and analysis of desertification process with satellite data Asat-1 and Landsat in the Algerian steppe. *Eng. Geol. Soc. Territory*, **2** : 1847-1852, doi : 10.1007/978-3-319-09057-3_327
- Aidoud A., 1983. Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du sud oranais. Thèse 3^e cycle, USTHB, Alger, Algérie, 255 p.
- Aidoud A., 1989. Contribution à l'étude des écosystèmes pâturés des hautes plaines Algéro-oranaises. Fonctionnement, évaluation, et évolution des ressources végétales. Thèse Doct. USTHB, Alger, Algérie, 240 p.
- Aidoud A., Le Floc'h E., Le Houérou H.-N., 2006. Les steppes arides du nord de l'Afrique. *Sécheresse*, **17** (1-2) : 19-30
- Akpo L.-E., Masse D., Grouzis M., 2002. Length of fallow period and pastoral value of herbaceous plants in the Sudanese zone of Senegal. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **55** (4) : 275-283, doi : 10.19182/remvt.9815
- Allred B.-W., Scasta J.-D., Hovickb T.-J., Fuhlendorf S.-D., Hamilton R.-G., 2014. Spatial heterogeneity stabilizes livestock productivity in a changing climate. *Agric. Ecosyst. Environ.*, **193** : 37-41, doi : 10.1016/j.agee.2014.04.020
- Amghar F., Langlois E., Forey E., Margerie P., 2016. La mise en défens et la plantation fourragère : deux modes de restauration pour améliorer la végétation, la fertilité et l'état de la surface du sol dans les parcours arides algériens. *BASE*, **20** (3) : 386-396, doi : 10.25518/1780-4507.12576
- Aubert G., 1978. Méthodes d'analyses des sols. CHADR, Marseille, France, 188 p.
- Bencherif S., 2013. L'élevage agropastoral de la steppe algérienne dans la tourmente : enquêtes et perspectives de développement. *Mondes Dév.*, **1** (161) : 93-106, doi : 10.3917/med.161.0093
- Bensouia R., 2004. Pasteurs et agro-pasteurs de la steppe algérienne. *Strates*, **11**
- BNEDER, 2014. Analyse de l'aptitude à la culture de l'olivier des sols de la région de Laghouat. BNEDER, Alger, Algérie, 202 p.
- Bourahla A., Guittoneau G., 1978. Nouvelles régénération des nappes alfatières en liaison contre la désertification. *Bull. Inst. Ecol. Appl.*, **1** : 19-40
- Brouri L., 2011. Impacts des changements climatiques sur la gestion durable des ressources pastorales et des parcours dans les zones arides et semi-arides de l'Algérie. In : Atelier sous régional sur l'effet du changement climatique sur l'élevage et la gestion durable des parcours dans les zones arides et semi-arides du Maghreb, Ouargla Algérie, 21-24 nov. 2011, 29-38
- Chehma A., 2005. Etude floristique et nutritive spatio-temporelle des parcours camélins du Sahara septentrional algérien. Cas des régions de Ouargla et Ghardaia. Thèse Doct., Université d'Annaba, Algérie, 178 p.

- Chehma A., Faye B., Djebbar M.-R., 2008. Productivité fourragère et capacité de charge des parcours camélins du Sahara septentrional algérien. *Sécheresse*, **19** (2) : 115-121
- Daget P., Poissonet J., 1971. Une méthode d'analyse phycologiques des prairies. *Ann. Agron.*, **22** (1) : 5-41
- Gillet F., 2000. La phytosociologie synusiale intégrée. Guide méthodologique. Documents du laboratoire d'écologie végétale et de phytosociologie, 1^{re} éd. Université de Neuchâtel / Institut de botanique, Suisse, 68 p.
- Gounot M., 1969. Méthode d'étude quantitative de la végétation. Masson, Paris, France, 314 p.
- Hachmi A., El Alaoui F.-E., Acherkouk M., Mahyou H., 2015. Parcours arides du Maroc : restauration par mise en repos, plantations pastorales et conservation de l'eau et du sol. *Geo-Eco-Trop.*, **39** (2) : 185-204
- Hammouda R., 2009. Contribution à l'élaboration d'un modèle de gestion durable d'un parcours steppique dans la commune de Hadj Mechri Wilaya de Laghouat. Thèse Magister, USTHB, Alger, Algérie, 142 p.
- Issolah R., 2008. Les fourrages en Algérie : Situation et perspectives de développement et d'amélioration. *Rech. Agron.*, **22** : 34-47
- Kessler J.-J., 1990. Atriplex forage as a dry season supplementation feed for sheep in the Montane Plains of the Yemen Arab Republic. *J. Arid Env.*, **19**: 225-234, doi: 10.1016/S0140-1963(18)30821-8
- Le Floc'h E., Neffati M., Chaieb M., Floret C., Pontanier R., 1999. Rehabilitation experiment at Menzel Habib, Southern Tunisia. *Arid Soil Res. Rehabil.*, **13**: 357-68, doi: 10.1080/089030699263249
- Le Houérou H.-N., 1995. Dégradation, régénération et mise en valeur des terres sèches d'Afrique du Nord. Orstom, Montpellier, France, 53 p. (Coll. L'homme peut-il faire ce qu'il a défait ?)
- Le Houérou H.-N., 2000. Restoration and rehabilitation of arid and semiarid Mediterranean ecosystems in North Africa and West Asia: a review. *Arid Soil Res. Rehabil.*, **14** (1): 3-14, doi: 10.1080/089030600263139
- Le Houérou H.-N., 2006. Agroforestry and sylvopastoralism: The role of trees and shrubs (Trubs) in range rehabilitation and development. *Sécheresse*, **17**: 343-348
- Louhaichi M., Ghassali F., Salkini A.-K., Petersen S.-L., 2012. Effet de pâturage des moutons sur les communautés végétales de parcours : étude de cas de dépressions du paysage dans syriennes steppes arides. *J. Arid Environ.*, **79**: 101-106, doi: 10.1016/j.jaridenv.2011.11.024
- MADR, 2007. Atelier international du Parlement panafricain sur la lutte contre la désertification, Alger, Algérie, 2-4 Avr. 2007. Ministère de l'Agriculture et du Développement rural, Alger, Algérie
- Marnay L., Doligez P., Trillaud C., 2014. Les aliments - L'analyse chimique des fourrages. Equipédia
- Nedjraoui D., Bédrani S., 2008. La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte. *Vertigo*, **8** (1), doi : 10.4000/vertigo.5375
- Quézé P., Santa S., 1962. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNES, Paris, France, 1170 p.
- Rekik F., Bentouati A., Aidoud A., 2014. Evaluation des potentialités fourragères d'un parcours steppique à dominance de *Salsola vermiculata* L. dans l'est de l'Algérie. *Livest. Res. Rural Dev.*, **26**, 231
- Salemkour N., Aidoud A., Chalabi K., Chefrou A., 2016. Evaluation des effets du contrôle de pâturage dans des parcours steppiques arides en Algérie. *Rev. Ecol. Terre Vie*, **71** (2) : 178-191
- Yerou H., 2013. Dynamique des systèmes d'élevage et leur impact sur l'écosystème steppique : cas de la région de Naâma (Algérie occidentale). Thèse Doct., Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, Algérie, 135 p.

Summary

Amrani O., Chehma A.E. Plantation of *Atriplex canescens* for the restoration of degraded courses in the Algerian steppe

The Algerian steppe is the breeding environment of sheep, which graze on the rangelands. In its arid part, the vulnerability of the environment has been aggravated by this main use, which has intensified in the last decades. A decrease in fodder productivity characterizes this regressive trend, and perennial species are the most affected. The Algerian State has implemented a program to manage highly degraded steppe areas by planting resistant and productive biomass plant species such as *Atriplex* spp. The objective of this work was to estimate the pastoral productivity of a few rehabilitated stations by planting *Atriplex canescens*, compared to natural rangelands. The results showed an improvement in the vegetation cover (from 49% to 60%) and better grazing values (phytomass, productivity, energy, and stocking). On the rehabilitated sites, energy and protein productivity of 604 milk forage units / ha/year and 29 kg dry matter / ha/year, and stocking of 1.51 sheep unit / ha/year were recorded, whereas on the degraded rangelands these values were 14 MFU, 0.422 kg DM/ha/year, and 0.03 sheep unit / ha/year, respectively. The natural stations are overgrazed, and the vegetation and steppe soils have been degrading considerably. Unless steppe rangelands are restored or rehabilitated, their capacity for pastoral productivity will be severely reduced.

Keywords: *Atriplex canescens*, steppes, pastoral lands, sustainable land management, biomass, chemical composition, overgrazing, Algeria

Resumen

Amrani O., Chehma A.E. Plantaciones de *Atriplex canescens* con el fin de restaurar los senderos degradados en la estepa argelina

La estepa argelina es el medio de crianza de la oveja mediante la explotación de sus senderos. En esta parte árida, la vulnerabilidad del medio se ve agravada por una explotación principalmente pastoril, más y más intensa durante estas últimas décadas. Esta tendencia regresiva se caracteriza por una disminución de la productividad forrajera y las especies perennes son las más afectadas. El estado argelino a puesto en obra un programa de recuperación de los espacios de la estepa más degradados, a través del cultivo de especies vegetales resistentes y productivas de biomasa, como *Atriplex* spp. El objetivo de este estudio fue el de estimar la productividad pastoril de algunas estaciones rehabilitadas mediante el cultivo de *Atriplex canescens*, en comparación a los senderos naturales pastoreados. Los resultados muestran un mejoramiento de la cobertura vegetal (49% a 60%) y mejores valores pastoriles (fitomasa, productividad, valor energético y carga pastoril). En las zonas rehabilitadas se registró una productividad energética y proteica de 604 unidades forrajeras leche/ha/año y 29 kg de materia seca / ha/ año, y una carga pastoril de 1,51 unidad ovina/ha/año, mientras que en los senderos naturales degradados estos valores fueron de 14 UFL, 0,422 kg MS/ha/año, et 0,03 unidad ovina/ha/año respectivamente. Las estaciones naturales son sobre explotadas y tienden hacia un estado de degradación severo de la vegetación y de los suelos de la estepa. A menos que se restauren o rehabiliten los senderos de la estepa, su capacidad de productividad pastoril se verá fuertemente reducida.

Palabras clave: *Atriplex canescens*, estepas, tierras de pastoreo, ordenación de tierras sostenible, biomasa, composición química, sobrepastoreo, Argelia

Cinétique d'infestation par *Haemonchus contortus* et réponse d'ovins de races résistante (Martinik Black Belly) et sensible (Lacaune)

Mohamed Benguesmia^{1,2*} Mourad Hamiroune^{3*} Aline Chrétien²
 Françoise Prévot² Christelle Grisez² Jean-Paul Bergeaud²
 Caroline Lacroux² Cathy Trumel² Anne Geffre²
 Khaled Harhoura¹ Miriem Aissi¹ Philippe Jacquet²

Mots-clés

Ovin Lacaune, Martinik Black Belly, *Haemonchus contortus*, résistance aux anthelminthiques, réponse immunitaire, nématodose, infection expérimentale

Submitted: 6 July 2019
 Accepted: 21 May 2020
 Published: 29 June 2020
 DOI: 10.19182/remvt.31874

Résumé

L'extension de la résistance des nématodes gastro-intestinaux aux anthelminthiques, récemment observée pour *Haemonchus contortus*, représente un réel problème et rend urgente la recherche de solutions alternatives comme la sélection d'animaux résistants aux helminthes. Tous les cas d'infestations expérimentales mettent en évidence une variabilité individuelle importante dans les excréments d'œufs, discriminant bien les individus résistants et les individus sensibles, ce qui permet d'envisager la sélection d'individus résistants dans les races étudiées. Toutefois, la méconnaissance des mécanismes de la réponse immunitaire des ovins vis-à-vis de ces strongles reste un obstacle au développement de cette sélection. Il est acquis que le niveau d'excrétion d'œufs de parasites dans les matières fécales représente un indicateur pertinent pour évaluer la résistance d'un animal aux strongles. Ce critère a été examiné lors de la présente étude, réalisée avec deux races ovines françaises, la Martinik Black Belly (résistante) et la Lacaune (sensible). Les animaux ont été infestés par voie orale avec une seule dose de 10 000 larves L₃ d'*H. contortus*. La réponse des ovins a fait l'objet d'un suivi lors d'examens *ante mortem* et *post mortem*. Les résultats ont montré clairement qu'au cours d'une primo-infestation par *H. contortus* il y avait une différence significative entre les populations parasitaires (intensité parasitaire et production d'œufs) et entre certains paramètres physiopathologiques (éosinophilie sanguine et tissulaire) observés chez ces deux races ovines.

■ Comment citer cet article : Benguesmia M., Hamiroune M., Chrétien A., Prévot F., Grisez C., Bergeaud J.-P., Lacroux C., et al., 2020. Kinetics of infestation by *Haemonchus contortus* and response of resistant (Martinik Black Belly) and susceptible (Lacaune) sheep breeds. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (2): 123-131, doi: 10.19182/remvt.31874

■ INTRODUCTION

Les infestations par les nématodes gastro-intestinaux comme *Haemonchus contortus* entraînent de grandes pertes économiques en élevage des petits ruminants en raison des retards de croissance, des pertes de poids, des troubles de la fertilité, des diminutions de la production laitière et des mortalités des jeunes animaux qu'elles génèrent

1. Ecole nationale supérieure vétérinaire Rabie Bouchama, Alger, Algérie.
2. Ecole nationale vétérinaire de Toulouse, Toulouse, France.
3. Département des sciences agro-vétérinaires, Faculté des sciences de la nature et de la vie, Université Ziane Achour, Djelfa, Algérie.

* Auteurs pour la correspondance
 Email : m.benguesmia@laposte.net ; mouradhamiroune@gmail.com



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

(Kaplan et Vidyashankar, 2012). Récemment, les problèmes posés par ce nématode se sont encore accentués avec l'apparition chez certaines populations d'*H. contortus* (en Australie, en Afrique du Sud, aux Etats-Unis, en Uruguay, en Suisse, entre autres) d'une résistance à une ou plusieurs classes d'anthelminthiques utilisés couramment : benzimidazoles, imidazothiazoles, lactones macrocycliques ou dérivés d'aminoacétonitrile (Bourdoiseau, 1992 ; Kotze et Prichard, 2016 ; Bordes et al., 2020).

Afin de retarder l'apparition des résistances, il est urgent de développer des méthodes alternatives à l'emploi de ces molécules de synthèse. L'utilisation d'animaux ou de races génétiquement résistants à ce nématode en fait partie. Des différences de résistance à *H. contortus* ont en effet été rapportées à maintes reprises entre des races ovines (Bishop et Morris, 2007). De telles différences existent aussi entre les individus d'une même race, ce qui permet d'envisager

la sélection des animaux les moins sensibles à l'infestation (Aguerre et al., 2018). En France, plusieurs races ovines (Manech Tête Rousse, Romane et Blanc du Massif Central) ont ainsi fait l'objet d'expérimentations de faisabilité de la sélection génétique au cours des dernières années (Jacquet et al., 2011).

Les mécanismes qui sous-tendent ces différences de sensibilité intra- et interraces ne sont pas bien connus. Terefe et al. (2007) montrent que les animaux de race Martinik Black Belly (ou MBB) présentent, dès la primo-infestation, une plus grande résistance à *H. contortus* que des animaux de race sensible. Ceci suggère une éventuelle participation de la réponse immunitaire innée aux processus de régulation précoce des infestations par *H. contortus* chez les MBB. C'est pourquoi une étude a été réalisée en 2010 par l'équipe de parasitologie de l'UMR INRA/ENVIT 1225 « Interactions hôtes - agents pathogènes » afin d'étudier la différence entre les populations parasitaires et les paramètres physiologiques d'animaux de race Lacaune, sensibles, et MBB au cours d'une primo-infestation par *H. contortus*. Ce travail a fait l'objet d'un mémoire de master (Benguesmia, 2010). Des études similaires seront réalisées prochainement, suivant la même méthodologie, en Algérie où la question de la résistance des strongles gastro-intestinaux (SGI) aux anthelminthiques a été déjà documentée (Bentounsi et al., 2003 ; Boulkaboul, 2008), y compris vis-à-vis de molécules plus récemment développées comme le monépanel. Le but de ces recherches sera d'identifier les races moins sensibles et de les comparer aux races françaises MBB et Lacaune. C'est pourquoi il est apparu opportun de présenter, dans un premier temps, une synthèse des résultats qui ont été obtenus avec les agneaux des races MBB et Lacaune, permettant de caractériser les populations parasitaires les infestant. Des analyses de physiopathologie complètent les critères parasitologiques.

■ MATERIEL ET METHODES

Bien qu'achevée en 2010, cette étude a été réalisée en respectant la charte nationale d'éthique et conformément au décret 2013-118 relatif à la protection des animaux utilisés à des fins scientifiques dans un établissement agréé. L'abattage des agneaux a été effectué par du personnel qualifié à la salle d'abattage des animaux de rente de l'Ecole nationale vétérinaire de Toulouse en respectant l'étourdissement obligatoire préalable à la mise à mort.

Animaux

Ovins Martinik Black Belly

Les ovins MBB représentent l'une des races ovines dites « à poils » ou « sans laine » rencontrées aux Petites Antilles (Martinique, Guadeloupe, etc.) et caractérisées par un ventre et des extrémités noirs. Ces ovins ont été introduits aux Antilles à partir du XV^e siècle. Ils descendent très probablement des moutons africains de la côte du golfe de Guinée (Mahieu et al., 1997 ; Naves et al., 2001 ; Lacroux, 2006). Des embryons de cette race ont été importés de Guadeloupe en métropole par le centre de recherche de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA, domaine de la Sapinière, département du Cher) dans le but initial d'étudier la saisonnalité de la reproduction. Toutefois, la MBB est également connue pour sa résistance aux infestations par les nématodes gastro-intestinaux comme *H. contortus* (Gruner et al., 2003). Les ovins MBB sont de petit à moyen format (40 à 65 kg) pour une hauteur au garrot de 55 à 60 cm. La race est utilisée principalement pour la production d'agneaux de petit gabarit.

Ovins Lacaunes

Les ovins Lacaunes, avec un effectif de 1,3 million de brebis, représentent environ un cinquième du cheptel ovin français. Ils tirent leur nom d'une commune située au milieu des monts de Lacaune dans

le département du Tarn, à la limite de l'Aveyron et de l'Hérault. De format moyen à lourd, la brebis Lacaune pèse de 70 à 80 kg pour une hauteur au garrot de 70 à 80 cm. Les mâles pèsent 95 à 110 kg. La race se caractérise par une tête fine au profil légèrement busqué et l'absence de cornes. Il existe deux rameaux en race Lacaune, l'un spécialisé pour produire du lait, l'autre pour produire de la viande.

Age, sexe et entretien des animaux

L'étude a été conduite avec des agneaux de six mois d'âge. Elle a impliqué 16 agneaux de race MBB (9 mâles et 7 femelles), de paternités connues, fournis par la station expérimentale INRA de la Sapinière, et 12 agneaux Lacaunes (8 mâles et 4 femelles) nés à l'Ecole nationale vétérinaire de Toulouse, dont les paternités multiples n'étaient pas connues. De leur naissance à l'autopsie (tableau I), ils ont été maintenus à l'intérieur de bâtiments et alimentés avec du foin à volonté et du concentré afin d'éviter toute infestation accidentelle. Un traitement anthelminthique par voie orale (ivermectine Oramec Ovin 0,2 mg/kg, ayant une rémanence d'une semaine) a été administré 15 jours avant la primo-infestation pour s'assurer de l'absence de toute contamination.

Parasites

Les larves d'*H. contortus* utilisées provenaient de l'isolat Humeau isolé d'un élevage caprin dans la région du Quercy. Les larves infestantes (L₃) ont été récoltées à partir de coprocultures des matières fécales d'ovins infestés expérimentalement. Les larves utilisées en expérimentation avaient environ un à deux mois d'âge et ont été conservées au réfrigérateur dans des boîtes de cultures.

Dispositif expérimental

Les ovins ont été infestés par voie orale, avec une seule dose de 10 000 L₃. Une telle dose est suffisante pour entraîner une réponse chez l'hôte mais n'entraîne pas de signes cliniques extrêmes comme la mort des animaux au cours de l'expérimentation. Les animaux ont été divisés en six lots et le protocole expérimental décrit ci-dessous a été suivi (figure 1) : infestation à J₀ de tous les lots sauf le lot témoin ; prises de sang de tous les animaux encore présents à J₀, J₄, J₈, J₁₅, J₂₁ et J₃₀ ; examens coproscopiques à J₀, J₁₅, J₁₈, J₂₁, J₂₃, J₂₆ et J₃₀ ; abattage à J₀ (lot témoin), J₄ (lot 1), J₈ (lot 2), J₁₅ (lot 3), J₂₁ (lot 4) et J₃₀ (lot 5) postinfestation.

Les dates d'abattage ont été choisies en fonction de la biologie du parasite : à J₄, toutes les larves implantées devaient être au stade 4 ; à J₈, on commençait à voir les premiers vers immatures ; à J₁₅, la majorité des vers devait être au stade immature ; à J₂₁, une grande partie des vers devait être au stade adulte ; enfin, à J₃₀, tous les vers présents devaient être au stade adulte. Lors de la répartition des agneaux MBB dans les différents lots, certaines dates ont été privilégiées et un nombre plus important d'animaux a été mis dans le groupe : J₁₅ car, selon Terefe et al. (2009), les différences de charges parasitaires sont déjà bien accentuées à cette date, et J₃₀ afin de confirmer qu'à cette date, les vers femelles sont plus petits chez les MBB que chez des animaux de race sensible (Terefe et al., 2007).

Tableau I

Nombre et sexe des agneaux abattus selon la race au cours d'une primo-infestation par *Haemonchus contortus*

| Race | J ₀ | J ₄ | J ₈ | J ₁₅ | J ₂₁ | J ₃₀ |
|---------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Lacaune | 2 F | 2 M | 2 M | 1 M ; 1 F | 1 M ; 1 F | 2 M |
| MBB | 2 F | 1 M ; 1 F | 2 M ; 2 F | 3 M | 1 M ; 1 F | 2 M ; 1 F |

F : femelle ; M : mâle ; MBB : Martinik Black Belly

Examens ante mortem

Examen coproscopique quantitatif

L'examen coproscopique est une technique courante pour le diagnostic et l'évaluation du niveau d'infestation du mouton par *H. contortus*. Le nombre d'œufs de strongles par gramme de matières fécales (OPG) est évalué par la technique de McMaster, modifiée par Raynaud et al. (1970). Un volume de 42 ml de solution saturée de chlorure de sodium (densité = 1,19) a été ajouté à 3 g de fèces. Le mélange obtenu a été filtré avec une passoire à thé. Ensuite, une aliquote a été prélevée pour remplir les cellules d'une lame de McMaster. Le comptage a été effectué sous microscope optique au grossissement × 100.

Mesure de l'hématocrite

L'hématocrite est estimé à partir de sang collecté à la veine jugulaire dans des tubes d'éthylènediaminetétraacétique (EDTA). L'analyse a été réalisée dans la demi-journée suivant le prélèvement afin d'éviter l'hémolyse. Après homogénéisation, le sang a été prélevé dans des tubes capillaires et centrifugé, permettant grâce à une grille de lecture d'établir le pourcentage de globules rouges (culot) par rapport au volume de sang total.

Mesure du nombre total d'hématies, de l'hémoglobininémie, du taux de réticulocytes et de l'éosinophilie sanguine

Ces mesures ont été réalisées par le service de biologie clinique de l'École nationale vétérinaire de Toulouse à partir des prélèvements de sang sur EDTA à l'aide d'un compteur hématologique (SYSMEX Inst. ID. XT-2000iV-1).

Dosage du pepsinogène sanguin

Les concentrations de pepsinogène sérique (marqueur biochimique de l'inflammation) ont été évaluées selon la méthode décrite par Dorny et Vercauteren (1998). Brièvement, un échantillon de sérum a été acidifié avec de l'acide chlorhydrique et incubé une nuit à 37 °C avec de l'albumine sérique bovine (BSA). La réaction a été arrêtée avec l'acide trichloracétique à 4 % et le mélange a été centrifugé à 14 000 tours/min pendant 5 min. Une partie de l'aliquote (surnageant) a été ajoutée à 0,25 M d'hydroxyde de sodium et les plaques ont été incubées à température ambiante avec le réactif de Folin pendant 30 min. La quantité de tyrosine libérée a été estimée par la densité optique déterminée dans un lecteur de plaque à dosage immunoenzymatique sur support solide (ELISA, Dynatech ImmunoAssay System) à 680 nm en utilisant une courbe standard de tyrosine. Les

valeurs ont été exprimées en unité (U) ou milliunité (mU) de tyrosine par litre de sérum.

Examens post mortem

Etude quantitative et qualitative de la population parasitaire (bilans parasitaires)

Après chaque abattage, les caillottes ont été rapidement isolées du reste de l'appareil digestif et une incision a été faite sur la grande courbure. Les vers ont été recherchés : a) dans le contenu de l'organe (ainsi que dans les liquides de lavage des parois de celui-ci), mais b) également dans la paroi de l'organe, afin de récupérer dans la muqueuse et de dénombrer les stades parasitaires non encore matures. Pour cela, l'organe cible a été digéré dans une solution d'acide chlorhydrique/pepsine (10 g de pepsine et 10 ml de HCl fumant à 35 %, puis ajustement à 1 litre avec de l'eau distillée) pendant 6 heures à 37 °C. Le contenu de la caillotte et le produit de la digestion ont été filtrés à travers un tamis à mailles de 40 µm afin de retenir les éléments parasitaires qui ont été préservés jusqu'à l'analyse par addition d'un large volume d'éthanol à 70 %. Le volume a ensuite été ajusté à 2 litres par ajout d'éthanol à 70 % et le nombre total de vers a été estimé dans une aliquote de 10 % (200 ml).

En parallèle du nombre total de vers, une analyse qualitative de la population de strongles a été réalisée en dénombrant les différents stades parasitaires : larves L₄, vers immatures mâles et femelles, vers adultes mâles et femelles. Cette analyse a permis d'établir le pourcentage d'installation des vers ainsi que leur degré de développement. De plus, pour chaque échantillon collecté entre J₂₁ et J₃₀, 11 à 36 femelles adultes ont été prélevées de manière aléatoire et leur longueur a été mesurée.

Infiltration cellulaire de la muqueuse abomasale (décompte des éosinophiles)

Après l'abattage des animaux, des tissus de la paroi de la caillotte en régions fundique, intermédiaire et pylorique ont été prélevés avec un scalpel et traités comme suit : a) les échantillons de tissus ont été plongés dans une solution de formaldéhyde à 10 % tamponnée jusqu'à leur fixation ; b) après déshydratation dans des bains successifs d'alcool de degrés croissants et de toluène (cycle automatisé complet de 18 heures), les échantillons ont été inclus en paraffine ; c) des coupes de 3 µm d'épaisseur ont été réalisées à partir des blocs à l'aide d'un microtome (Microm, France) et récupérées sur des lames prétraitées

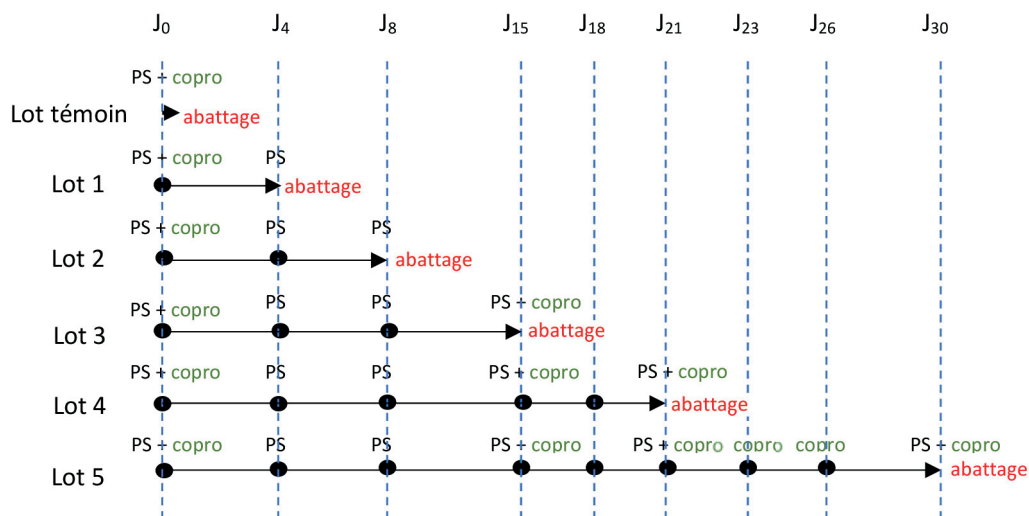


Figure 1 : protocole expérimental mis en place chez des agneaux des races Martinik Black Belly et Lacaupe infestés par *Haemonchus contortus* ; PS : prise de sang ; copro : examen coprologique.

(lames Superfrost+, Labonord, France) ; et d) des coupes histologiques ont été ensuite colorées selon le protocole classique d'Hémalun-éosine (Terefe et al., 2009).

Les éosinophiles ont été comptés au grossissement $\times 400$ et les résultats ont été exprimés par la somme du nombre d'éosinophiles observés dans cinq champs microscopiques, sélectionnés de manière aléatoire, par couche histologique (sous muqueuse, lamina propria et position intra épithéliale) et pour chaque région anatomique de la caillette (région fundique, pylorique et intermédiaire entre fundus et pylore).

Analyses statistiques

Compte tenu de la taille des groupes expérimentaux, les analyses statistiques ont consisté en des tests non paramétriques uniquement : les comparaisons de valeurs en hématologie à une date précise et les comparaisons de taille de vers femelles ont été réalisées avec le test de Kruskal-Wallis à l'aide du logiciel Systat.

RESULTATS

Résultats ante mortem

Comptage des œufs dans les matières fécales

L'excrétion d'œufs a débuté plus tôt et les quantités ont été plus élevées chez les Lacaunes (J_{18}) que chez les MBB (J_{23}). A J_{30} , l'excrétion des œufs chez les Lacaunes était 17 fois plus élevée que chez les MBB (figure 2).

Cinétique des mesures d'hématocrite

Chez les MBB, le taux d'hématocrite a été inférieur à celui des Lacaunes avant l'infestation ($p < 0,05$). Dans les deux races, une baisse a été enregistrée dès J_{15} (diminution de 24 % pour les Lacaunes et de 19 % pour les MBB entre J_0 et J_{30}). A partir de J_{21} , les hématocrites sont devenus presque similaires dans les deux races (figure 3).

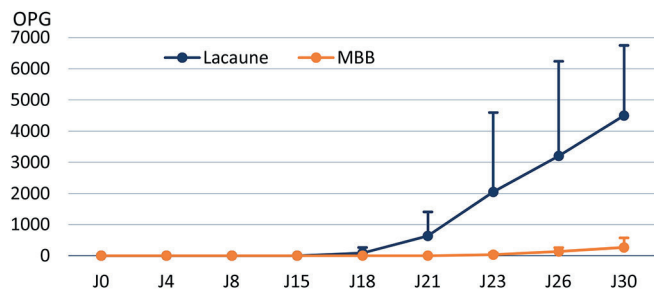


Figure 2 : intensité d'excrétion des œufs (nb. d'œufs / g de fèces ou OPG) au cours d'une primo-infestation par *Haemonchus contortus* chez des agneaux Martinik Black Belly et Lacaunes.

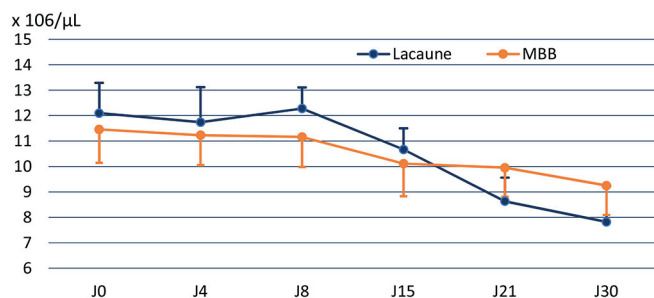


Figure 4 : nombre total d'hématies au cours d'une primo-infestation par *Haemonchus contortus* chez des agneaux Martinik Black Belly et Lacaunes.

Cinétique du nombre total d'hématies et de l'hémoglobininémie

Le nombre total d'hématies et l'hémoglobininémie ont diminué chez les deux races dès J_{15} (figures 4 et 5). La baisse entre J_0 et J_{30} a été plus importante chez les Lacaunes que chez les MBB pour le nombre d'hématies (respectivement -33 % et -20 %) comme pour l'hémoglobininémie (respectivement -30 % et -18 % ; différences non significatives).

Cinétique de l'éosinophilie sanguine

La mesure de l'éosinophilie sanguine a montré une hausse chez les MBB survenant dès J_4 , avec un pic à J_{15} (800 éosinophiles/ μ L soit 4,5 fois le niveau initial) (figure 6). Chez les Lacaunes, l'augmentation n'a été constatée qu'à J_8 (valeur maximale à 230 éosinophiles/ μ L soit seulement 1,9 fois le niveau initial). A partir de J_{15} , il y a eu une nette diminution de l'éosinophilie pour les deux races. L'éosinophilie sanguine a atteint des valeurs inférieures au seuil initial à J_{21} et J_{30} chez les Lacaunes tandis qu'elle s'est maintenue à des niveaux supérieurs au niveau initial chez les MBB jusqu'à J_{30} . En bilan, l'éosinophilie sanguine a été significativement plus importante à J_4 ($p < 0,05$), J_8 ($p < 0,01$), J_{15} ($p < 0,01$) et J_{21} ($p < 0,05$) chez les MBB que chez les Lacaunes. Le très petit nombre d'individus encore présents à J_{30} relativisait l'intérêt d'un test statistique.

Cinétique du taux de réticulocytes

Entre J_0 et J_{15} , le taux de réticulocytes a été légèrement supérieur chez les MBB que chez les Lacaunes (figure 7). A partir de J_{21} , une hausse très importante du taux moyen de réticulocytes a été constatée chez les Lacaunes mais cette hausse était due à un seul individu. Le taux de réticulocytes est resté stable chez les MBB.

Dosage du pepsinogène sanguin

Entre J_4 et J_{30} , les valeurs du pepsinogène sanguin ont toujours été plus élevées chez les MBB que chez les Lacaunes, avec un pic dans les deux races à J_8 (figure 8). A J_8 et J_{15} , les différences entre races ont été significatives (respectivement $p = 0,025$ et $p = 0,01$).

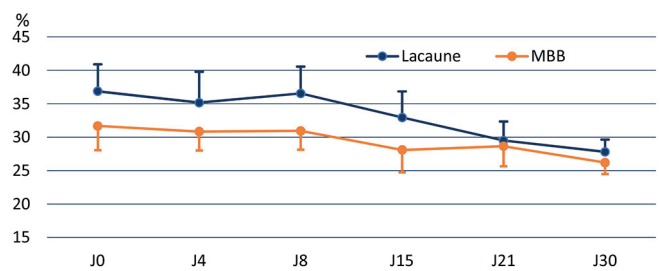


Figure 3 : cinétique de l'hématocrite au cours d'une primo-infestation par *Haemonchus contortus* chez des agneaux Martinik Black Belly et Lacaunes.

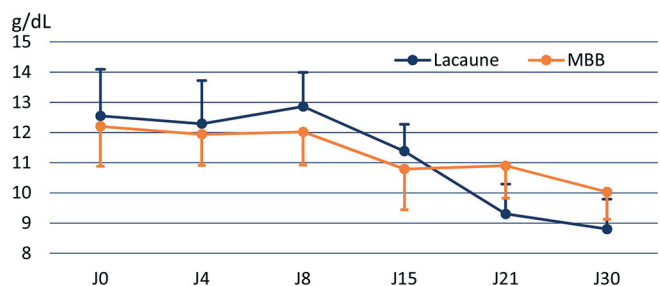


Figure 5 : cinétique de l'hémoglobininémie au cours d'une primo-infestation par *Haemonchus contortus* chez des agneaux Martinik Black Belly et Lacaunes.

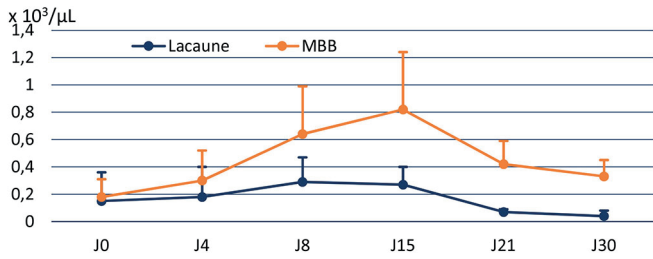


Figure 6 : cinétique de l'éosinophilie sanguine au cours d'une primo-infestation par *Haemonchus contortus* chez des agneaux Martinik Black Belly et Lacaunes.

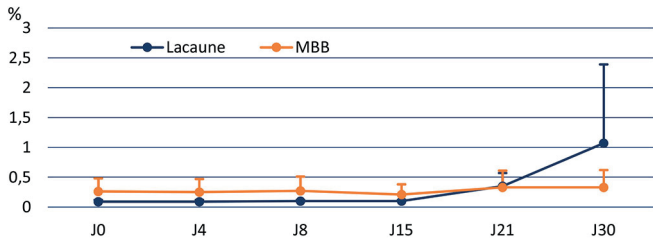


Figure 7 : cinétique du taux de réticulocytes au cours d'une primo-infestation par *Haemonchus contortus* chez des agneaux Martinik Black Belly et Lacaunes.

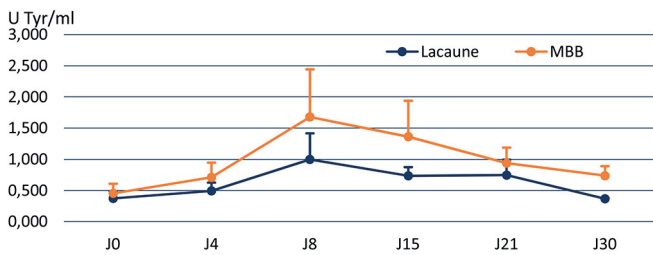


Figure 8 : dosage du pepsinogène au cours d'une primo-infestation par *Haemonchus contortus* chez des agneaux Martinik Black Belly et Lacaunes.

Résultats post mortem

Nombre total de vers

Aucun ver n'a été retrouvé dans les lots témoins. En moyenne sur toute l'étude, le pourcentage d'installation d'*H. contortus*, par rapport au nombre de larves inoculées, a été de 28,1 % chez les Lacaunes et de 9,3 % chez les MBB. Le ratio « nombre de vers retrouvés chez les Lacaunes par le nombre de vers retrouvés chez les MBB » était compris entre 1,7 et 2,6 entre J₄ et J₁₅ mais il est passé à 5,4 à J₂₁ et à 8,3 à J₃₀ (figure 9).

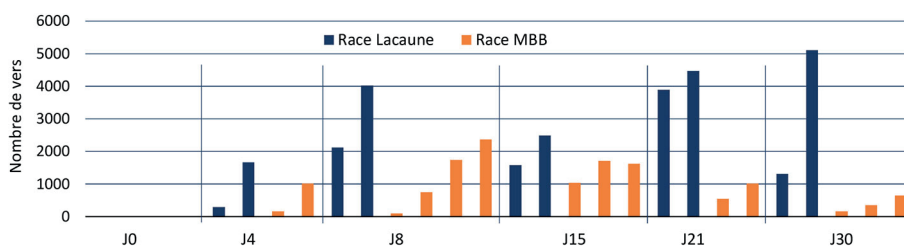


Figure 9 : nombre total de vers retrouvés à l'autopsie au cours d'une primo-infestation par *Haemonchus contortus* chez des agneaux Martinik Black Belly et Lacaunes.

Stades du parasite

A J₄, on ne retrouvait que des L₄. A J₈ et à J₁₅, les proportions des différents stades étaient rigoureusement identiques dans les deux races. En revanche, à J₂₁, une plus grande proportion de vers adultes a été observée chez les Lacaunes (95 %) que chez les MBB (41 %). Toutefois, à J₃₀, les proportions de vers adultes n'ont plus différencié entre les deux races (figure 10).

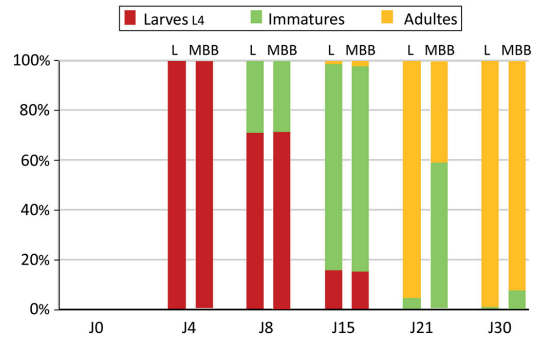


Figure 10 : proportions des différents stades retrouvés à l'autopsie au cours d'une primo-infestation par *Haemonchus contortus* chez des agneaux Martinik Black Belly et Lacaunes.

Longueur moyenne des femelles adultes

La mesure de la taille des femelles d'*H. contortus* récoltées à 21 et 30 jours postinfestation a révélé des différences nettes entre les races : les femelles récoltées chez les MBB étaient significativement plus petites ($p < 0,001$) que celles récoltées chez les Lacaunes (respectivement -26 % à J₂₁ et -32 % à J₃₀) (tableau II).

Infiltration cellulaire de la muqueuse abomasale (éosinophiles)

De très rares éosinophiles ont été observés dans la muqueuse de la caillette des agneaux témoins, et ce, quelle qu'ait été la race ou la région anatomique de l'organe (figure 11). Dans la région du fundus, le recrutement des éosinophiles débute dès J₄ chez les MBB, alors qu'il est retardé à J₈ chez les Lacaunes (figure 11A). Par la suite et durant toute la période d'étude, l'infiltration éosinophilique semble

Tableau II

Longueur moyenne des femelles *Haemonchus contortus* adultes récoltées dans les agneaux abattus à J₂₁ et J₃₀

| Race | J ₂₁ | J ₃₀ |
|---------|--------------------------|---------------------------|
| Lacaune | 14,5 +/- 2,8 mm (n = 64) | 17,85 +/- 2 mm (n = 51) |
| MBB | 9,7 +/- 1,9 mm (n = 53) | 12,36 +/- 3,1 mm (n = 40) |

MBB : Martinik Black Belly

plus prononcée chez les MBB que chez les Lacaunes, la différence étant particulièrement nette à J₈. La présence d'éosinophiles en position intraépithéliale n'a été significative qu'à J₁₅. Dans la région intermédiaire (figure 11B), des résultats similaires ont été observés avec néanmoins un recrutement éosinophilique plus prononcé dès J₄ chez les MBB. Dans la région du pylore (figure 11C), très peu d'éosinophiles ont été observés précocement (J₄ et J₈) tandis qu'ils ont été nombreux, y compris en position intraépithéliale à J₁₅, dans les deux races. A J₂₁ et J₃₀, une forte diminution du nombre d'éosinophiles a été notée chez les Lacaunes tandis que leur nombre a augmenté à J₂₁ chez les MBB et s'est maintenu à des niveaux assez élevés à J₃₀ dans cette race.

DISCUSSION

Le protocole expérimental a été mis en place afin de comparer le degré d'installation et de développement du parasite *Haemonchus contortus* durant les trente premiers jours d'une primo-infestation entre des animaux d'une race résistante (MBB) et des animaux d'une race sensible (Lacaune). La détermination de divers paramètres physiopathologiques (hématologie, marqueur biochimique de l'inflammation et recrutement des éosinophiles dans la caillette) a complété ces premières données parasitologiques. La priorité a été donnée à la cinétique de l'infestation parasitaire et des réponses de l'hôte car c'est la première étude de ce type dans notre modèle de comparaison de race résistante/race sensible à *H. contortus*. Dans les études précédentes (Terefe et al., 2007 ; 2009), seules certaines dates sont prises en compte, rendant impossible toute vision globale sur le premier mois d'une primo-infestation. La priorité à la cinétique explique

le nombre limité d'individus par date (J₀, J₄, J₈, J₁₅, J₂₁ et J₃₀) dans les deux races, ce qui a bien évidemment limité nos possibilités d'analyse statistique (utilisation de tests non paramétriques uniquement), notamment pour les comparaisons des données enregistrées *post mortem*. Enfin, le petit noyau MBB de l'Unité expérimentale de la Sapinière du département de génétique animale de l'INRA n'a pas permis de fournir de gros effectifs d'agneaux pour les expérimentations. Le pari a été fait de mettre en évidence des différences très nettes entre les deux races, rendant ainsi interprétables des comparaisons entre des lots de très petite taille.

Les résultats ont indiqué que les agneaux MBB étaient plus résistants à *H. contortus* que les agneaux Lacaunes au cours d'une primo-infestation. Des différences très marquées de précocité et d'intensité d'excrétion d'œufs dans les matières fécales ont été observées. Elles s'expliquaient à la fois par un plus faible nombre de vers installés, un retard de développement (bien net à J₂₁) et une taille réduite des vers femelles à J₂₁ et à J₃₀ chez les MBB. Cette réduction de la taille des vers femelles chez des animaux résistants a déjà été retrouvée dans cette race MBB (Terefe et al., 2007) ainsi que dans d'autres races ovines résistantes, comme les moutons à poils des Canaries (Gonzalez et al., 2008). Elle est une manifestation importante de l'immunité des ovins lors d'infestations par les strongles gastro-intestinaux (Stear et al., 1999).

Les résultats des mesures hématologiques indiquent également des différences entre les animaux des deux races. Avant l'infestation, le taux d'hématocrite des MBB a été significativement inférieur à celui des Lacaunes soulignant ainsi les différences entre races que l'on peut observer sur ce paramètre. Dans les deux races, l'infestation

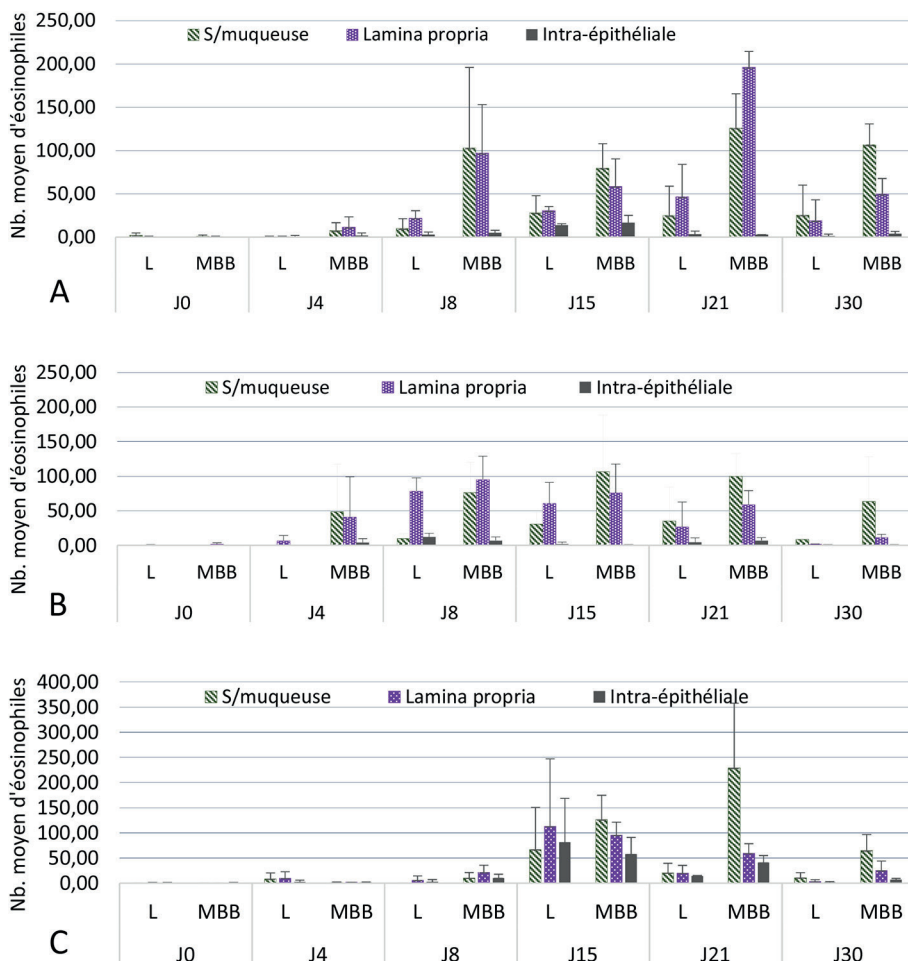


Figure 11 : nombre moyen d'éosinophiles retrouvés en histologie au cours d'une primo-infestation par *Haemonchus contortus* chez des agneaux Martinik Black Belly (MBB) et Lacaunes (L). A : région du fundus ; B : région intermédiaire ; C : région du pylore.

par *H. contortus* s'est traduite par une baisse de l'hématocrite dès J_{15} , au moment où le caractère hématophage de ce nématode est bien en place. Toutefois, la baisse de l'hématocrite a été significativement plus importante chez les Lacaunes que chez les MBB entre J_0 et J_{30} . En parallèle, une baisse significativement plus importante du nombre total d'hématies par millimètre cube et du taux d'hémoglobine chez les Lacaunes que chez les MBB a été notée sur la même période. En conséquence, les différences de populations parasitaires entre les races se traduisent par un impact plus important sur les paramètres hématologiques des individus, les agneaux de race sensible montrant une anémie plus prononcée (Gonzalez et al., 2008). Une élévation drastique du taux moyen de réticulocytes, cellules précurseurs des hématies dont l'accroissement du taux dans le sang circulant indique que la moelle osseuse est davantage stimulée pour compenser les pertes, a été notée chez les Lacaunes à J_{30} . Toutefois, cette augmentation est à nuancer car il ne restait plus que deux agneaux Lacaunes (les autres ayant été abattus les jours précédents). Le résultat obtenu était donc dû à un seul animal dont le taux est passé de 0,3 à 2 % entre J_{21} et J_{30} tandis que le second individu du groupe a conservé des valeurs stables. Cette observation mériterait d'être approfondie sur un plus grand nombre d'animaux et sur une plus longue période d'observation. Il serait intéressant de réaliser un suivi cinétique après J_{30} des réticulocytes.

L'infestation par *H. contortus* s'est traduite également par une augmentation du nombre d'éosinophiles circulant entre J_0 et J_{15} dans les deux races mais à des degrés différents. Ce recrutement d'éosinophiles sanguins a été particulièrement intense chez les agneaux de race résistante. Ce caractère avait déjà été retrouvé dans les études sur MBB (Terefe et al., 2007 ; 2009), mais également dans d'autres races résistantes (Gonzalez et al., 2008 ; Shakya et al., 2009). Une diminution du nombre d'éosinophiles sanguins a été observée dans les deux races entre J_{15} et J_{30} mais elle a été plus prononcée chez les agneaux de race sensible. L'apparition d'un grand nombre d'éosinophiles dans le sang a été suivie par le recrutement de ces cellules dans la muqueuse abomasale parasitée. Dans la région du fundus, là où les larves L_3 s'implantent avant de muer en larves L_4 , le recrutement a semblé plus précoce (J_4) et plus intense (à J_8) chez les MBB. Ce résultat est particulièrement intéressant car il n'a jamais été retrouvé dans les études antérieures (Terefe et al., 2007 ; 2009) ni dans d'autres modèles d'étude de la résistance dans lesquels les animaux sont abattus bien plus tard (Amarante et al., 2005).

Au bilan, les mécanismes assurant le recrutement de ces cellules dans la muqueuse ont semblé plus précoces sinon plus performants chez les MBB que chez les Lacaunes. Le protocole suivi ne permet toutefois pas d'expliquer cette différence, mais il est possible de formuler un certain nombre d'hypothèses (Rothenberg et Hogan, 2006) : une production locale plus importante de l'interleukine ou d'éotaxine chez les MBB assurant une plus grande chimotaxie des éosinophiles vers les muqueuses parasitées, une meilleure expression des intégrines à la surface de l'éosinophile des MBB assurant un recrutement plus facile à partir des capillaires de la muqueuse ou bien une production différente de facteurs inflammatoires comme les leucotriènes qui participent au recrutement local des éosinophiles. Dans la région pylorique, le recrutement des éosinophiles est apparu de façon retardée car les larves se sont développées dans un premier temps dans le fundus, région riche en glandes dans lesquelles s'effectuent les mues L_3 - L_4 , tandis que les vers immatures migrent progressivement sur toute la surface de l'organe à partir de J_8 . Le comptage des éosinophiles dans la muqueuse a également montré des valeurs légèrement plus élevées dans le pylore que dans les autres régions de la caillette (fundus et région intermédiaire). Terefe et al. (2009) trouvent des résultats similaires à J_{15} . Compte tenu du faible nombre de larves utilisées dans les infestations expérimentales (une seule « dose » de 10 000 L_3), il n'a pas été possible de retrouver des larves dans les coupes histologiques,

et l'interaction *in vivo* entre éosinophiles et parasites n'a pas pu être observée.

Le dosage du pepsinogène sanguin a montré une élévation importante dans les deux races dès J_4 pour les MBB, avec un pic de J_8 à J_{15} , c'est-à-dire au moment où l'essentiel des vers a mué du stade L_4 au stade immature et quitté les glandes de la caillette. Cette mesure est un reflet de l'intensité des lésions occasionnées par la présence de nématodes dans la région fundique de la caillette des ruminants (Dorny et Vercruysse, 1998). On peut donc considérer que ces lésions inflammatoires sont plus prononcées chez les MBB que chez les Lacaunes à une même date (J_8 ou J_{15}). Cette observation va dans le même sens que le comptage des éosinophiles dans la muqueuse : tout se passe comme si l'environnement de la caillette des MBB était plus hostile au parasite que celui de la caillette des Lacaunes. On peut envisager également que l'intensité supérieure des lésions de la muqueuse chez les MBB soit la conséquence d'un recrutement plus précoce et plus intense en éosinophiles, ces derniers libérant alors plus de médiateurs inflammatoires (radicaux libres et leucotriènes) toxiques pour les cellules de la muqueuse abomasale (Jacobsen et al., 2007).

■ CONCLUSION

Les résultats de cette étude confirment l'importance de l'atteinte et la sensibilité de la race Lacaune à des strongles gastro-intestinaux par rapport à la race MBB. Au cours d'une primo-infestation par *H. contortus*, les mécanismes assurant le recrutement des cellules immunitaires dans la muqueuse sont plus précoces et plus performants chez les MBB que chez les Lacaunes. Ces résultats mériteraient d'être approfondis sur un plus grand nombre d'animaux et pendant une plus longue période d'observation. Il serait également intéressant de réaliser des examens complémentaires afin de confirmer les réponses immunitaires obtenues. D'autres études pourraient enfin s'attacher à évaluer les effets à long terme d'une sélection d'ovins résistants à *H. contortus* sur leur production et leur résistance à d'autres pathogènes, et à déterminer le risque d'une éventuelle adaptation des parasites aux hôtes résistants. Une étude préliminaire sera ainsi menée pour la première fois en Algérie sur des agneaux de deux races, Ouled Djellal (qui représente 63 % de la population ovine algérienne du fait de sa grande robustesse [Lafri et al., 2014]) et Rembi, qui seront infectés par *H. contortus* suivant le protocole expérimental décrit ci-dessus. La résistance de ces races aux strongles gastro-intestinaux n'a pas encore fait l'objet d'études mais il est envisagé que les résultats soient, sur ce point précis, similaires à ceux des races françaises, ce qui permettrait de répondre aux problèmes d'élevage que celles-ci rencontrent.

Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble du personnel des laboratoires de parasitologie, d'histologie et de biologie de l'ENVT (Toulouse, France) qui ont grandement contribué à cette étude, ainsi que celui de la station expérimentale INRA de la Sapinière (Bourges, France) qui nous a fourni les agneaux de la race MBB. Nous tenons à remercier tout particulièrement E. Liénard, F. Bouvier, D. François et G. Sallé pour leurs contributions. Ce travail a été réalisé en 2010 dans le cadre du projet Genhpar, financé par la région Centre (Centre-Val de Loire actuellement) avec l'INRA de Bourges. Une bourse a été attribuée par l'ENVT à M. Benguesmia afin de réaliser une partie de ces travaux.

Déclaration des contributions des auteurs

PJ et MB ont participé à la conception, la planification et la réalisation pratique de l'étude, à la collecte des données, ainsi qu'à la rédaction du mémoire de master ; AC, FP, CG et JPB ont participé à la

réalisation de l'étude ; CL, CT et AG ont participé à la réalisation des analyses biologiques et à la préparation des lames histologiques ; MB et MH ont contribué à la rédaction du manuscrit et à sa révision critique ; MA et KH ont participé à la correction du manuscrit.

Conflits d'intérêts

L'étude a été réalisée sans aucun conflit d'intérêts.

REFERENCES

Aguerre S., Jacquet P., Brodier H., Bournazel J.P., Grisez C., Prévot F., Michot L., et al., 2018. Resistance to gastrointestinal nematodes in dairy sheep: Genetic variability and relevance of artificial infection of nucleus rams to select for resistant ewes on farms. *Vet. Parasitol.*, **256** (1): 16-23, doi: 10.1016/j.vetpar.2018.04.004

Amarante A.F.T., Bricarello P.A., Huntley J.F., Mazzolin L.P., Gomes J.C., 2005. Relationship of abomasal histology and parasite-specific immunoglobulin-A with the resistance to *Haemonchus contortus* infection in three breeds of sheep. *Vet. Parasitol.*, **128** (1-2): 99-107, doi: 10.1016/j.vetpar.2004.11.021

Benguesmia M., 2010. Cinétiques des populations de parasites et des réponses de l'hôte au cours d'une primo-infestation par *Haemonchus Contortus* : comparaison des races Lacaune et Martinik Black Belly. Mém. Master 2 SAEPS, Université de Montpellier 2, Ecole nationale vétérinaire de Toulouse, France, 83 p.

Bentounsi B., Zouiouech H., Benchikh-Elfegoun C., Kohil K., Cabaret J., 2003. Efficacité comparée des spécialités d'albendazole distribués en Algérie. *Rev. Méd. Vét.*, **154** (10) : 649-652

Bishop S.C., Morris C.A., 2007. Genetics of disease resistance in sheep and goats. *Small Rumin. Res.*, **70** (1): 48-59, doi: 10.1016/j.smallrumres.2007.01.006

Bordes L., Dumont N., Lespine A., Souil E., Sutra J.F., Prévot F., Grisez C., et al., 2020. First report of multiple resistance to eprinomectin and benzimidazole in *Haemonchus contortus* on a dairy goat farm in France. *Parasitol. Int.*, **76**: 102063, doi: 10.1016/j.parint.2020.102063

Boulkaboul A., 2008. Evaluation du parasitisme par les strongles digestifs et de l'efficacité du traitement anthelminthique chez les ovins dans la région de Tiaret. Thèse Doct., Université d'Oran Es-Senia, Algérie, 172 p.

Bourdoiseau G., 1992. Résistance aux anthelminthiques. *Point Vét.*, **147** : 13-20

Dorny P., Verducruysse J., 1998. Evaluation of a micro method for the routine determination of serum pepsinogen in cattle. *Res. Vet. Sci.*, **65** (3): 259-262, doi: 10.1016/s 0034-5288(98)90153-9

Gonzalez J.F., Hernandez A., Molina J.M., Fernandez A., Raadsma H.W., Meeusen E.N.T., Piedrafita D., 2008. Comparative experimental *Haemonchus contortus* infection of two sheep breeds native to the Canary Islands. *Vet. Parasitol.*, **153** (3-4): 374-378, doi: 10.1016/j.vetpar.2008.02.019

Gruner L., Aumont G., Getachew T., Brunel J.C., Pery C., Cognié Y., Guérin Y., 2003. Experimental infection of Black Belly and INRA 401 straight and crossbred sheep with trichostrongyle nematode parasites. *Vet. Parasitol.*, **116** (3): 239-249, doi: 10.1016/j.vetpar.2003.07.005

Summary

Benguesmia M., Hamiroune M., Chrétien A., Prévot F., Grisez C., Bergeaud J.-P., Lacroux C., Trumel C., Geffre A., Harhoura K., Aissi M., Jacquet P. Kinetics of infestation by *Haemonchus contortus* and response of resistant (Martinik Black Belly) and susceptible (Lacaune) sheep breeds

The extension of resistance of gastrointestinal nematodes to anthelmintics, recently observed in *Haemonchus contortus*, represents a real problem and makes it urgent to find alternative solutions such as the selection of helminth-resistant animals. All cases of experimental infestations show significant individual variability in egg excretion, allowing good discrimination

Jacobsen E.A., Taranova A.G., Lee N.A., Lee J.J., 2007. Eosinophils: singularly destructive effector cells or purveyors of immunoregulation? *J. Allergy Clin. Immunol.*, **119** (6): 1313-1320, doi: 10.1016/j.jaci.2007.03.043

Jacquet P., Fidelle F., Grisez C., Prévot F., Lienard E., Bergeaud J.P., Sicard S., et al., 2011. Sélection sur phénotypes de la résistance aux strongles gastro-intestinaux en centre d'élevage de béliers. *Renc. Rech. Rum.*, **18** : 343-346

Kaplan R.M., Vidyashankar A.N., 2012. An inconvenient truth: global worming and anthelmintic resistance. *Vet. Parasitol.*, **186** (1-2): 70-78, doi: 10.1016/j.vetpar.2011.11.048

Kotze A.C., Prichard R.K., 2016. Anthelmintic resistance in *Haemonchus contortus*. History, mechanisms and diagnosis. *Adv. Parasitol.*, **93**: 397-428, doi: 10.1016/bs.apar.2016.02.012

Lacroux C., 2006. Régulation des populations de nématodes gastro-intestinaux (*Haemonchus contortus* et *Trichostrongylus colubriformis*) dans deux races ovines, INRA 401 et Barbados Black Belly. Thèse Doct., Institut national polytechnique de Toulouse, France, 233 p.

Lafri M., Ferrouk M., Harkat S., Routel A., Medkour M., Dasilva A., 2014 Caractérisation génétique des races ovines algériennes. In: Technology creation and transfer in small ruminants: roles of research, development services and farmer associations (Ed. Chentouf M., López-Francos A., Bengoumi M., Gabiña D.). CIHEAM, *Options Méditerr. Sér. A.*, (108) : 293-298

Mahieu M., Aumont G., Alexandre G., 1997. Elevage intensif des ovins tropicaux à la Martinique. *Prod. Anim.*, **10** (1): 21-32

Naves M., Alexandre G., Leimbacher F., Mandonnet N., Menendez-Buxadera A., 2001. Les ruminants domestiques de la Caraïbe : le point sur les ressources génétiques et leur exploitation. *Prod. Anim.*, **14** (3) : 181-192

Raynaud J.P., William G., Brunault G., 1970. Etude de l'efficacité d'une technique de coproscopie quantitative pour le diagnostic de routine et le contrôle des infestations parasitaires des bovins, équins et porcins. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.*, **45** (3) : 321-342, doi: 10.1051/parasite/1970453321

Rothenberg M.E., Hogan S.P., 2006. The eosinophil. *Annu. Rev. Immunol.*, **24**: 147-174, doi: 10.1146/annurev.immunol.24.021605.090720

Shakya K.P., Miller J.E., Horohov D.W., 2009. A TH2 type of immune response is associated with increased resistance to *Haemonchus contortus* in naturally infected Gulf Coast Native lambs. *Vet. Parasitol.*, **163** (1-2): 57-66, doi: 10.1016/j.vetpar.2009.03.052

Stear M.J., Strain S., Bishop S.C., 1999. Mechanisms underlying resistance to nematode infection. *Int. J. Parasitol.*, **29** (1): 51-56, doi: 10.1016/S0020-7519(98)00179-9

Terefe G., Lacroux C., Andreoletti O., Grisez C., Prévot F., Bergeaud J.P., Penicaud J., et al., 2007. Immune response to *Haemonchus contortus* infection in susceptible (INRA 401) and resistant (Barbados Black Belly) breeds of lambs. *Parasite Immunol.*, **29** (8): 415-24, doi: 10.1111/j.1365-3024.2007.00958.x

Terefe G., Lacroux C., Prévot F., Grisez C., Bergeaud J.P., Bleuart C., Dorchies P., et al., 2009. Eosinophils in *Haemonchus contortus*-infected resistant and susceptible breeds of sheep: Abomasal tissue recruitment and *in vitro* functional state. *Vet. Parasitol.*, **165** (1-2): 161-164, doi: 10.1016/j.vetpar.2009.06.041

Resumen

Benguesmia M., Hamiroune M., Chrétien A., Prévot F., Grisez C., Bergeaud J.-P., Lacroux C., Trumel C., Geffre A., Harhoura K., Aissi M., Jacquet P. Cinética de infestación por *Haemonchus contortus* y respuesta de razas de ovejas resistente (Martinik Black Belly) y sensible (Lacaune)

La extensión de la resistencia de los nematodos gastrointestinales a los antihelmínticos, recientemente observada para *Haemonchus contortus*, representa un real problema y hace urgente la búsqueda de soluciones alternativas, como la selección de animales resistentes a los helmintos. Todos los casos de infestaciones experimentales destacan una variabilidad

between resistant and susceptible individuals, which enables selecting resistant individuals in the studied breeds. However, the lack of knowledge on immune response mechanisms in sheep worms is an obstacle to the development of this selection. It is known that the excretion level of parasite eggs in feces is a relevant indicator for assessing the resistance of an animal to worms. This criterion was examined in the present study carried out with two French sheep breeds, the Martinik Black Belly (resistant) and the Lacaune (sensitive). The sheep were infested orally with a single dose of 10,000 L₃ larvae of *H. contortus*. The sheep response was monitored during antemortem and postmortem examinations. The results clearly showed that during a first *H. contortus* infestation there was a significant difference between the parasite populations (parasite intensity and egg production) and between certain pathophysiological parameters (blood and tissue eosinophilia) observed in the two sheep breeds.

Keywords: Lacaune, Martinik Black Belly sheep, *Haemonchus contortus*, resistance to anthelmintics, immune response, nematode infections, experimental infection

individual significativa en las excreciones de huevos, discriminando claramente entre individuos resistentes e individuos sensibles, lo que permite considerar la selección de individuos resistentes en las razas estudiadas. Sin embargo, la ignorancia de los mecanismos de la respuesta inmune de las ovejas frente a estos estróngilos sigue siendo un obstáculo para el desarrollo de esta selección. Es bien conocido que el nivel de excreción de los huevos de parásitos en las heces representa un indicador relevante para evaluar la resistencia de un animal a los estróngilos. Este criterio fue examinado durante el presente estudio, llevado a cabo con dos razas de ovejas francesas, Martinik Black Belly (resistente) y Lacaune (sensible). Los animales se infestaron por vía oral con una dosis única de 10 000 larvas de L₃ de *H. contortus*. La respuesta de las ovejas fue seguida mediante exámenes ante mortem y post mortem. Los resultados mostraron claramente que durante una infección primaria con *H. contortus* hubo una diferencia significativa entre las poblaciones parasitarias (intensidad del parásito y producción de huevos) y entre ciertos parámetros fisiopatológicos (eosinofilia en sangre y tejidos) observados en estas dos razas de ovejas.

Palabras clave: ovino Lacaune, Martinik Black Belly, *Haemonchus contortus*, resistencia a los antihelmínticos, respuesta inmunológica, infecciones por nematodos, infección experimental

Epidémiologie de la rage et connaissance, attitudes et pratiques des communautés au Burkina Faso

Madi Savadogo ^{1,2,3*} Philippe Koné ^{1†}
Laïbané Dieudonné Dahourou ⁴ Rosine Manishimwe ⁵
Adama Sow ¹ Lalé Nébié ⁶ Nicolas Antoine-Moussiaux ²
Bernard Doulkom ⁷ Rianatou Bada-Alambedji ¹

Mots-clés

Chien, animal carnivore, rage, morsure, zoonose, attitude, population urbaine, Burkina Faso

Submitted: 27 February 2019
Accepted: 26 March 2020
Published: 11 May 2020
DOI: 10.19182/remvt.31863

Résumé

La rage est une zoonose endémique dans les pays en développement et compte parmi les pathologies virales les plus virulentes et mortelles. Elle constitue une menace pour la santé publique et animale au Burkina Faso. La présente étude transversale a été conduite pour décrire l'épidémiologie de la rage et les connaissances, attitudes et pratiques (CAP) des populations à Ouagadougou. Elle a consisté en une collecte de données auprès des ménages et des structures techniques impliquées dans la prévention, le contrôle et la surveillance de la rage humaine et animale. L'enquête CAP a été réalisée auprès de 616 ménages. Elle a montré que la majorité des participants avaient entendu parler de la rage humaine (80,7 %) et animale (94,6 %), savaient qu'elle se transmettait essentiellement à la suite de morsure par un chien infecté (94,2 %) et étaient capables de citer correctement au moins deux voies de transmission de la maladie (65,7 %). En revanche, seuls 9,7 % des propriétaires de chiens affirmaient être capables de financer la vaccination antirabique canine annuelle. Les principaux canaux d'information et de communication sur la rage utilisés par les participants étaient l'entourage (41,8 %), l'école (33,4 %) et les médias (24,8 %). Quant à l'étude épidémiologique rétrospective, qui s'est appuyée sur les documents disponibles au sein des structures nationales, elle a mis en évidence qu'en moyenne 4172 cas de morsures étaient enregistrés chaque année, que seules 31,7 % des personnes mordues avaient bénéficié d'une prophylaxie postexposition complète et que 68 % des animaux testés étaient positifs au virus rabique. Ces études confirment la présence du risque rabique dans le pays et montrent la nécessité de renforcer l'éducation et l'engagement communautaire ainsi qu'une étroite collaboration entre les secteurs de la santé animale et de la santé humaine pour une gestion intégrée des cas de morsures.

■ Comment citer cet article: Savadogo M., Koné P., Dahourou L.D., Manishimwe R., Sow A., Nébié L., Antoine-Moussiaux N., et al., 2020. Rabies epidemiology and community knowledge, attitudes and practices in Burkina Faso. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (2): 133-140, doi: 10.19182/remvt.31863

1. Ecole inter-Etats des sciences et médecine vétérinaires, BP 5077, Dakar Fann, Sénégal.

2. Institut vétérinaire tropical, Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Liège, Belgique.

3. Institut de recherche en sciences de la santé (IRSS/CNRST), Bobo Dioulasso, Burkina Faso.

4. Institut des sciences de l'environnement et du développement Rurale (ISEDR), Université de Dédougou, Burkina Faso.

5. School of Animal Sciences and Veterinary Medicine, University of Rwanda, Nyagatare, Rwanda.

6. Veterinary Office, Ouagadougou, Burkina Faso.

7. Direction générale des services vétérinaires, Ouagadougou, Burkina Faso.

† Décédé avant la parution du présent manuscrit

* Auteur pour la correspondance
Email : savadogo.madi@yahoo.fr

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

■ INTRODUCTION

La rage est une maladie infectieuse due à un virus neurotrope appartenant au genre *Lyssavirus* (Sabeta et al., 2003). C'est une zoonose majeure, endémique dans les pays en développement. Elle compte parmi les maladies infectieuses les plus mortelles communes à l'homme et aux animaux. La stratégie de prévention et de contrôle de la rage est basée sur la vaccination des carnivores, la prophylaxie postexposition (PPE), la surveillance épidémiologique et l'information des populations. Malgré l'existence d'un vaccin et d'une PPE efficaces, la rage continue de causer des décès dans les pays touchés. A l'échelle du monde, les estimations de mortalité humaine due à la rage s'établissent à 59 000 décès par an (Hampson et al., 2015). En Afrique, le virus de la rage représente une menace constante pour les populations puisqu'une personne en meurt toutes les vingt minutes (Dodet et al., 2008).

Au Burkina Faso, soixante cas humains, dont 40 % d'enfants de moins de quinze ans, ont été enregistrés dans la capitale, Ouagadougou, sur la période de 2003 à 2014 (Kaboré, 2014 ; Sondo et al., 2015). Le nombre annuel de cas de morsures enregistrés est l'un des plus élevés de la sous-région (Sondo et al., 2018 ; Tiembré et al., 2009 ; Diop et al., 2007 ; Dao et al., 2006). Depuis trois décennies, la rage est une maladie légalement réputée transmissible et à déclaration obligatoire sur l'ensemble du pays (Burkina Faso, 1989). Les textes nationaux ont interdit la divagation des carnivores domestiques en zone infectée et rendu obligatoire la vaccination antirabique annuelle des chiens, des chats et des primates en captivité dès l'âge de trois mois sur tout le pays. Tout propriétaire de chien mordeur non vacciné a l'obligation d'assumer les coûts liés à la prise en charge de la personne mordue. Toutefois, d'une manière générale, on note une défaillance dans l'application des textes sur le contrôle et la surveillance de la rage. Par ailleurs, il n'y a pas de législation qui encadre la collaboration intersectorielle et en particulier la gestion intégrée des cas de morsures par les services vétérinaires et les services en charge de la santé humaine.

La PPE est assurée par le Centre national de traitement antirabique (CNTAR), présent uniquement dans les deux principales villes du pays (Ouagadougou et Bobo-Dioulasso). La dose de vaccin y coûtait 13 euros en 2014. Une dose vaccinale dite préventive est administrée aux personnes exposées à la première consultation, en attendant les résultats de l'évaluation du risque de contamination. Le protocole de la PPE n'est complété que pour les patients chez qui la morsure est par la suite jugée contaminante. Le Laboratoire national d'élevage (LNE), localisé à Ouagadougou, réalise le diagnostic expérimental de la rage. Quant aux cliniques vétérinaires, dont celle de l'École nationale d'élevage et de santé animale (ENESA) à Ouagadougou, elles sont en charge de la vaccination canine et de la mise en observation vétérinaire des animaux mordeurs.

Les prestations comme la PPE, le diagnostic expérimental, la mise en observation vétérinaire et la vaccination canine sont financées par les populations. En outre, la plupart des prestations et les vaccins pour humains et animaux ne sont accessibles qu'à Ouagadougou et dans quelques autres grandes villes du pays. La vaccination canine réalisée par les vétérinaires privés coûte en moyenne 15 euros (€). Cette situation rend ces services peu accessibles géographiquement et financièrement pour les populations (Savadogo et Boushan, 2015). Enfin et malheureusement, il n'y a pas de campagnes de vaccination de masse des carnivores domestiques régulièrement organisées. Une telle campagne avait été effectuée en 1999 et avait concerné toutes les provinces du pays. Mais celles organisées ensuite, en 2007, 2011 et 2016, s'étaient limitées le plus souvent à la capitale. La présente étude a été mise en place pour décrire, d'une part, l'épidémiologie de la rage et, d'autre part, les connaissances et les comportements des populations vis-à-vis du risque de la maladie.

■ MATERIEL ET METHODES

L'étude a été conduite à Ouagadougou, la plus grande agglomération du Burkina Faso, qui comptait près de 1,5 million d'habitants en 2006 (Burkina Faso, 2009). Elle a consisté en deux enquêtes. La première était une enquête transversale descriptive portant sur la gestion des cas de morsures, le diagnostic du virus et le suivi des animaux mordeurs de janvier 2001 à décembre 2013. La seconde, menée d'août à décembre 2014, a permis la collecte de données sur les connaissances, les attitudes et les pratiques (CAP) des ménages à l'égard de la rage et de la possession de carnivores.

Les données sur les cas de morsures et la mise en œuvre de la PPE de 2001 à 2013 ont été collectées au CNTAR. La PPE y était mise en œuvre selon le protocole d'Essen (Sondo et al., 2014). En ce qui concerne le diagnostic expérimental portant sur les prélèvements de

cerveaux d'animaux mordeurs abattus, les données concernant la même période ont été collectées au LNE. La technique utilisée était l'immunofluorescence directe dont le principe consiste à révéler la présence d'antigènes viraux grâce aux anticorps spécifiques précouplés à l'isothiocyanate de fluorescéine (Dean et Abelseth, 1973). A la clinique de l'ENESA, les données portant sur la mise en observation des animaux mordeurs ont été collectées pour la période de 2010 à 2014. Durant cette période de mise en observation de quinze jours, les trois visites sanitaires prévues se faisaient au domicile du propriétaire.

L'enquête sur les connaissances, attitudes et pratiques a été conduite auprès de 616 ménages répartis dans 12 secteurs aléatoirement sélectionnés parmi les 55 que compte la ville. Dans les secteurs concernés, seuls les ménages situés le long des rues principales ont été retenus selon le principe suivant : de part et d'autre d'une rue prise au hasard, chaque troisième ménage a été visité et interrogé. Dans les habitations collectives (ou cours communes) dans lesquelles vivaient plusieurs ménages, une seule personne était interrogée. Les immeubles à usage d'habitation sont assez rares à Ouagadougou, et aucun n'a été inclus dans l'échantillon. Les interviews étaient menées auprès des chefs de ménage ou, à défaut, auprès d'une autre personne vivant dans le ménage et disposée à participer à l'étude. Ces personnes ont été classées dans trois groupes, assimilés à leur statut socioéconomique supposé, en fonction de la somme qu'elles se disaient prêtes (question ouverte) à dépenser pour la vaccination antirabique canine annuelle : faible (moins de 1,5 €), moyen (entre 1,5 € et 7,6 €), élevé (plus de 7,6 €). Les informations sur les caractéristiques sociodémographiques (sexe, âge, profession, résidence, niveau d'études, taille du ménage, nombre de chiens dans le ménage), les connaissances sur la rage (animaux vecteurs, modes de transmission, mesures préventives, etc.) et la conduite à tenir en cas de morsure ont été collectées. Les données ont été analysées avec le logiciel R 3.1.2 au niveau de confiance de 95 %. Le test du chi carré a été utilisé pour étudier l'influence des variables indépendantes (sexe, âge, niveau d'études, statut socioéconomique, type d'habitation et présence de chiens dans le ménage) sur les connaissances et les comportements des personnes. La différence était significative lorsque la valeur de p se situait en dessous de 5 %.

■ RESULTATS

Données sur les cas de morsures et la prophylaxie postexposition

Le CNTAR a enregistré 54 238 cas de morsures sur la période de l'étude, soit une moyenne de 4172 ± 829 personnes mordues chaque année. Cependant, seules 31,7 % (soit 17 212) d'entre elles ont complété la PPE. Au moment de l'étude, le coût de la PPE était de 13 € par dose et le protocole vaccinal d'Essen était utilisé. Au total 54 993 doses de vaccins ont été administrées dont le coût actualisé au taux d'inflation de 3 % a été évalué à 857 000 €, représentant ainsi les frais consentis par les personnes pour bénéficier de la PPE. Les frais de traitement étaient à la charge du propriétaire de l'animal mordeur ou, à défaut, de la personne mordue. Les cas de morsures et la mise en œuvre de la PPE ont connu une croissance de 2001 à 2013 (figures 1 et 2). De légères chutes ponctuelles du nombre de personnes mordues ont été observées en 2007 et 2011, années précédées par des campagnes d'abattage de chiens errants dans la ville.

Diagnostic de la rage chez les animaux mordeurs

Sur la période de 2001 à 2013, le LNE a reçu 3798 échantillons issus de diverses espèces animales. Ces animaux étaient responsables de 4461 morsures et ont été abattus par les populations. Les échantillons provenaient essentiellement de Ouagadougou (87,8 %) et ont été analysés dès leur arrivée au laboratoire. Les résultats ont montré que 68,2 %

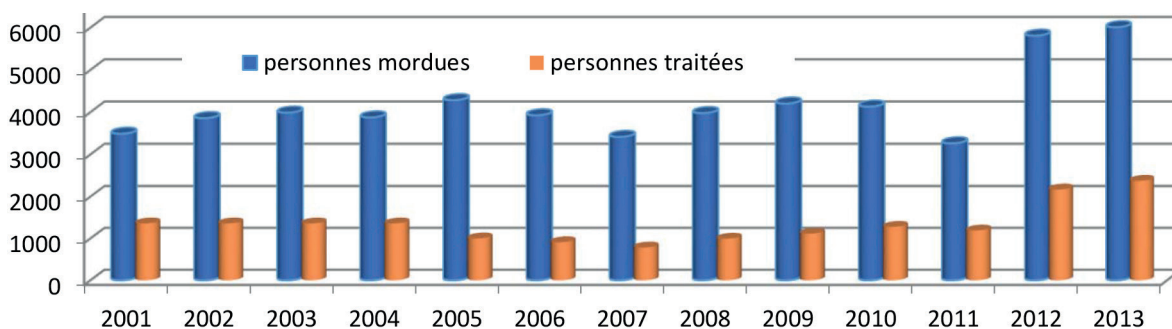


Figure 1 : évolution du nombre de morsures et de personnes traitées contre le virus de la rage à Ouagadougou de 2001 à 2013.

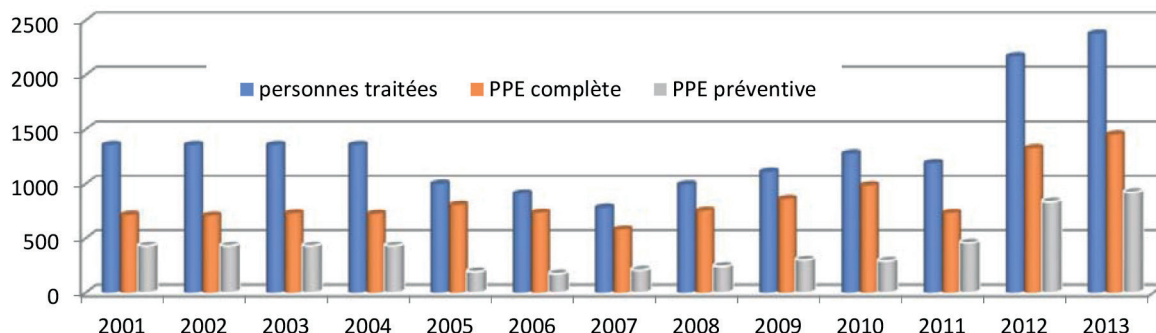


Figure 2 : évolution du nombre de prophylaxies postexposition préventives (une seule injection dans l'attente du résultat de l'examen de l'animal mordeur) ou complètes, administrées aux personnes exposées au virus de la rage à Ouagadougou de 2001 à 2013.

des échantillons étaient positifs à la rage (tableau I). Les espèces animales les plus impliquées dans les cas de morsures étaient les chiens (90,3 %) et les chats (7,4 %) avec des taux de positivité à la rage qui étaient respectivement de 70,0 % et 56,8 % (tableau I). En outre, les

résultats ont été positifs chez 34,2 % des 38 micromammifères examinés (22,2 % chez les souris, 50 % chez les rats et 41,6 % chez les musaraignes). La figure 3 montre que le taux de positifs chez les différentes espèces animales a connu une nette progression de 2001 à 2013. Seuls 13 % des 3431 chiens mordeurs prélevés étaient correctement vaccinés, selon les indications fournies par le registre du LNE.

Tableau I

Résultats du diagnostic de rage effectué sur les animaux mordeurs au Laboratoire national d'élevage au Burkina Faso entre 2001 et 2013

| Espèce animale | Nombre | Positif (%) | Intervalle de confiance |
|----------------|--------|---------------|-------------------------|
| Chien | 3431 | 70,0 | 68,4–71,5 |
| Chat | 280 | 56,8 | 50,9–62,5 |
| Singe | 24 | 41,7 | 24,5–61,2 |
| Souris | 18 | 22,2 | 3,0–41,4 |
| Rat | 8 | 50,0 | – |
| Musaraigne | 12 | 41,6 | 13,7–69,5 |
| Lagomorphe | 5 | 0 | – |
| Cheval | 1 | 0 | – |
| Ane | 8 | 37,5 | – |
| Bovin | 1 | 0 | – |
| Ovin | 2 | 0 | – |
| Caprin | 3 | 33,3 | – |
| Chauve-souris | 1 | 100,0 | – |
| Chacal | 2 | 50,0 | – |
| Dromadaire | 1 | 100,0 | – |
| Porc | 1 | 0 | – |
| Total | 3798 | 68,2 | 66,7–69,7 |

Suivi sanitaire des animaux mordeurs

De 2010 à 2013, 5881 animaux mordeurs ont été mis en observation à la clinique de l'ENESA. Ils appartenaient à trois espèces animales : le chien en grande majorité (93,5 %), le chat (6,4 %) et le singe (0,1 %). En moyenne, 1371 ± 345 chiens ayant mordu des personnes étaient reçus chaque année à la clinique pour le suivi. Ces chiens mordeurs avaient un propriétaire et étaient accessibles et maîtrisables. La mise en observation était réalisée par le vétérinaire, l'animal étant gardé au domicile du propriétaire pendant les 15 jours requis. L'absence de données sur le devenir des animaux mordeurs mis en observation n'a pas permis d'établir de liens entre ces animaux et ceux dont les prélèvements ont été testés au laboratoire.

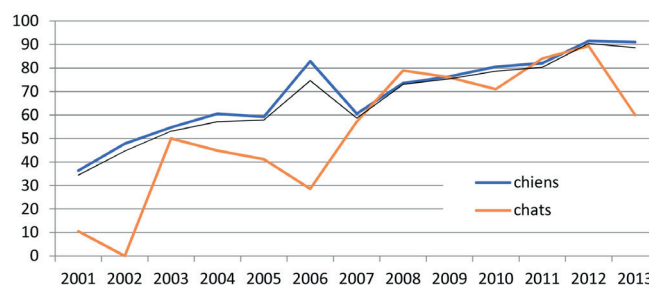


Figure 3: évolution du taux de positivité chez les animaux testés au laboratoire de 2001 à 2013.

Connaissances sur la rage et comportements des personnes à l'égard des mesures de lutte

L'âge moyen des 616 personnes enquêtées était de 33 ans, 63,8 % d'entre elles avaient au moins un niveau d'études secondaires et 57,3 % était des hommes. L'enquête a permis de dénombrier 461 chiens et 3848 personnes dans les 616 ménages visités, dont 57,6 % avaient au moins un chien. Le ratio humain/chien calculé à partir de ces informations a donné la valeur de 8,3 personnes pour un chien. Le chien était essentiellement utilisé pour la garde (64,7 %). L'étude a révélé que 33,5 % des propriétaires avaient leurs chiens correctement vaccinés.

La plupart des personnes avaient déjà entendu parler de la rage humaine (80,7 %) et animale (94,6 %). Le chien, le chat et le singe ont été les animaux les plus cités pouvant transmettre la rage par morsure ou griffure. Les autres espèces animales citées étaient les rongeurs, les ruminants, les équidés, les reptiles et les chauves-souris. Concernant la prévention de la rage animale, 88,3 % des répondants ont mentionné la vaccination antirabique et le confinement comme mesures efficaces, alors que la majorité des propriétaires de carnivores domestiques ne connaissaient ni l'âge de la primovaccination (78,9 %) ni la fréquence des rappels vaccinaux (59,4 %). Les personnes qui avaient un niveau d'études secondaire ou universitaire ainsi que celles qui avaient un chien avaient une meilleure connaissance de la rage ($p < 0,05$) (tableau II). Seuls 9,7 % des propriétaires, de statut socioéconomique supposé élevé car faisant partie des 13,5 % disposés à dépenser plus de 7,6 euros annuellement pour la vaccination, se disaient capables d'allouer annuellement 15 euros pour vacciner leur animal. Le statut socioéconomique supposé de la majorité des personnes enquêtées était soit faible (35,7 %), soit moyen (50,8 %). A la question de savoir qui devait prendre en charge la vaccination antirabique des carnivores domestiques, les propriétaires ont majoritairement répondu qu'elle devait leur incomber (65,9 %) (tableau II).

La connaissance des responsabilités incombant aux propriétaires de chiens était liée au statut socioéconomique des personnes enquêtées ($p < 0,05$) (tableau II). Les personnes ayant un statut socioéconomique moyen à élevé étaient respectivement 72,2 % et 74,7 % à considérer que la vaccination du chien devait relever de la responsabilité du propriétaire contre 55,9 % chez les personnes au statut socioéconomique faible. Parmi les propriétaires de chien, 18,0 % (64/355) ont affirmé que leurs chiens avaient déjà mordu une personne, mais seulement 59,4 % (38/64) de ces chiens mordeurs avaient été mis en observation par un vétérinaire. Les résultats relatifs à la conduite à tenir en cas de morsure par un animal suspect ont montré que 67,4 % des personnes savaient qu'il fallait immédiatement consulter un médecin et demander une mise en observation de l'animal mordeur. La maîtrise de la conduite à tenir était associée à l'âge, au sexe, au niveau d'études et à la présence d'un chien dans le ménage ($p < 0,05$). L'enquête a également révélé que les principaux canaux d'information sur la rage étaient l'entourage (41,8 %), l'école (33,4 %) et les médias (24,8 %).

Concernant la mise en œuvre effective des mesures de prévention par les populations, les résultats ont montré qu'il existait des logiques sociales et économiques qui influençaient sur la prise de décision de vacciner les carnivores domestiques (tableau III). La perception du coût de la vaccination par les propriétaires n'avait pas d'influence significative sur le statut vaccinal des chiens ($p > 0,05$). Néanmoins la plupart des personnes qui n'avaient pas vacciné leurs chiens ont estimé que la vaccination était chère. La distance entre le domicile du propriétaire et la clinique vétérinaire la plus proche, le mode de tenue du chien par le propriétaire (attaché ou divagant), les caractéristiques intrinsèques du chien (race et sexe) avaient une influence significative sur le statut vaccinal ($p < 0,05$).

■ DISCUSSION

L'étude a montré que le virus rabique représentait une véritable menace de santé publique au Burkina Faso. Les données émanaient de structures localisées à Ouagadougou mais leur collection provenait de différentes régions du pays. Néanmoins la quasi-totalité des informations rapportées concernait la zone de Ouagadougou. D'autres études menées en milieu rural et urbain avaient montré que la maladie était inégalement répartie à travers le pays et que les grands centres urbains connaissaient les plus fortes prévalences (Kouldiati, 1989). Est-ce la véritable situation ou une impression due à la méconnaissance ou à la négligence des communautés rurales, ou à l'inaccessibilité des services techniques en charge du contrôle et de la surveillance par ces mêmes communautés ?

En 1989, Kouldiati a observé un cumul de 1687 personnes mordues entre 1981 et 1987 à Ouagadougou, soit 241 par an. Le nombre de cas annuel de morsures recensés dans cette ville entre 2001 et 2013 est bien plus élevé (plus de 4000) que ceux rapportés à Casablanca au Maroc (Institut Pasteur du Maroc, 2014), à Abidjan en Côte d'Ivoire (Tiembé et al., 2009) et à Bamako au Mali (Dao et al., 2006), villes dont la taille de la population est au moins égale à celle de Ouagadougou. Plus de la moitié des personnes mordues n'ont pas complété la PPE, sans explication connue. La question du devenir de ces personnes exposées se pose car 70 % des chiens mordeurs examinés au laboratoire étaient positifs à la rage. Malheureusement, il n'existe aucun système de suivi, d'alerte et de rappel des patients en cours de traitement. Dans ce contexte, plusieurs patients qui ont bénéficié d'une PPE préventive, dans l'attente des conclusions de la mise en observation de l'animal mordeur ou des analyses de laboratoire, ne se sont plus présentés au CNTAR afin de compléter la prophylaxie alors que le diagnostic était positif.

Sur la période de l'étude, la tendance globale a montré une hausse de la quantité de PPE depuis 2001. Malgré les minicampagnes d'abatage de chiens errants réalisées en 2006 et 2010, la baisse du nombre de morsures a été aussi éphémère que légère en 2007 et 2011, avec un nombre plus important de cas de morsures les années suivantes. Plusieurs études ont d'ailleurs montré qu'une approche basée sur l'abatage des chiens est inefficace, voire contre-productive à long terme, et n'a qu'un effet temporaire sur la population canine et l'incidence de la maladie (Moreira et al., 2004 ; Wera et al., 2013 ; Cleaveland et al., 2014 ; Yaok et al., 2016).

L'augmentation du nombre de morsures notifiées durant les deux dernières années de l'étude (2012 et 2013) s'expliquerait par une meilleure prise de conscience de la gravité de la maladie qui amènerait les victimes à consulter les services de santé. Ce constat révèle l'importance de l'information et de l'éducation communautaire dans la prévention et le contrôle de la rage (Sambo et al., 2014 ; Mosimann et al., 2017). Comme rapporté par Jackson (2013) et Mindekem (2017), les données recueillies montrent que le chien est le principal animal responsable des cas de morsures des personnes.

Le nombre annuel de mises en observation d'animaux mordeurs était largement inférieur à celui de personnes mordues. Cette situation traduit l'absence de collaboration étroite entre les acteurs de la santé humaine et de la santé animale, ce qui est comparable à la situation décrite à Ndjamena au Tchad (Mindekem, 2017). En raison de la faible collaboration entre les médecins et les vétérinaires, les médecins du CNTAR qui reçoivent les personnes mordues procèdent souvent à l'administration de la PPE, sans exiger systématiquement une mise en observation de l'animal mordeur ou un test de laboratoire sur le mordeur mort, pourtant nécessaire à l'évaluation du risque de contamination. Le manque de communication entre les acteurs se traduit également par l'absence de données sur le devenir des animaux mordeurs mis en observation, d'où les difficultés à établir le

Tableau II
Facteurs influençant les connaissances, attitudes et pratiques (CAP) en matière de rage des personnes enquêtées à Ouagadougou au Burkina Faso en 2014

| Variable CAP | Sexe | | Niveau d'études | | | Présence de chien dans ménage | | Age | | Statut socioéconomique | | | Type habitation | |
|--|-------|-------|-----------------|----------|--------------------|-------------------------------|-----|----------|----------|------------------------|-------|-------|-----------------|--------------------|
| | Homme | Femme | Aucun | Primaire | Secondaire et plus | Oui | Non | ≤ 18 ans | > 18 ans | Faible | Moyen | Élevé | Indiv. | Coll. ⁵ |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Entendu parler de rage animale | | | | | | | | | | | | | | |
| Oui | 329 | 254 | 114 | 84 | 385 | 344 | 239 | 101 | 482 | 205 | 300 | 78 | 374 | 209 |
| Non | 24 | 9 | 19 | 6 | 8 | 11 | 22 | 6 | 27 | 15 | 13 | 5 | 14 | 19 |
| Entendu parler de rage humaine | | | | | | | | | | | | | | |
| Oui | 266 | 231 | 84 | 65 | 348 | 295 | 202 | 93 | 404 | 170 | 256 | 71 | 347 | 150 |
| Non | 87 | 32 | 49 | 25 | 45 | 60 | 59 | 14 | 105 | 50 | 57 | 12 | 41 | 78 |
| Animaux vecteurs de la rage ¹ | | | | | | | | | | | | | | |
| Au moins 3 cités | 132 | 110 | 31 | 29 | 182 | 152 | 90 | 46 | 196 | 70 | 130 | 42 | 158 | 84 |
| Moins de 3 cités | 195 | 143 | 83 | 55 | 200 | 187 | 151 | 58 | 280 | 134 | 164 | 40 | 215 | 123 |
| Aucun | 26 | 10 | 19 | 6 | 11 | 16 | 20 | 3 | 33 | 16 | 19 | 1 | 15 | 21 |
| Modes de transmission de la rage ² | | | | | | | | | | | | | | |
| Au moins 2 cités | 220 | 185 | 68 | 56 | 281 | 247 | 158 | 76 | 329 | 131 | 214 | 60 | 272 | 133 |
| 1 cité | 112 | 68 | 50 | 26 | 104 | 97 | 83 | 28 | 152 | 74 | 83 | 23 | 104 | 76 |
| Aucun | 21 | 10 | 15 | 8 | 8 | 11 | 20 | 3 | 28 | 15 | 16 | 0 | 12 | 19 |
| Conduite à tenir vis-à-vis d'une personne mordue | | | | | | | | | | | | | | |
| Réponse exacte ³ | 221 | 194 | 76 | 57 | 282 | 253 | 162 | 64 | 351 | 149 | 207 | 59 | 274 | 141 |
| Réponse inexacte | 132 | 69 | 57 | 33 | 111 | 102 | 99 | 43 | 158 | 71 | 106 | 24 | 114 | 87 |
| Moyens de protection du chien contre la rage | | | | | | | | | | | | | | |
| Réponse exacte ⁴ | 312 | 232 | 111 | 69 | 364 | 322 | 222 | 98 | 446 | 196 | 280 | 68 | 341 | 203 |
| Réponse inexacte | 41 | 31 | 22 | 21 | 29 | 33 | 39 | 9 | 63 | 24 | 33 | 15 | 47 | 25 |
| Age minimal de vaccination des chiens | | | | | | | | | | | | | | |
| Réponse exacte (3 mois) | 68 | 51 | 16 | 16 | 87 | 75 | 44 | 13 | 106 | 29 | 70 | 20 | 86 | 33 |
| Réponse inexacte | 285 | 212 | 117 | 74 | 306 | 280 | 217 | 94 | 403 | 191 | 243 | 63 | 302 | 195 |
| Fréquence annuelle de vaccination | | | | | | | | | | | | | | |
| Réponse exacte (1 fois) | 139 | 89 | 36 | 25 | 167 | 144 | 84 | 29 | 199 | 65 | 129 | 34 | 146 | 82 |
| Réponse inexacte | 214 | 174 | 97 | 65 | 226 | 211 | 177 | 78 | 310 | 155 | 184 | 49 | 242 | 146 |
| Prise en charge vaccination (souhait des enquêtés) | | | | | | | | | | | | | | |
| Propriétaire | 231 | 180 | 94 | 64 | 253 | 234 | 177 | 69 | 342 | 123 | 226 | 62 | 254 | 157 |
| Pouvoirs publics | 58 | 34 | 20 | 13 | 59 | 48 | 44 | 16 | 97 | 54 | 33 | 5 | 59 | 33 |
| Les deux | 64 | 49 | 19 | 13 | 81 | 73 | 40 | 22 | 70 | 43 | 54 | 16 | 75 | 38 |

Indiv. : individuelle ; Coll. : collective ; ¹ Cités par ordre d'importance : chien, chat, singe, rongeurs, ruminants, équidés, reptiles, chauves-souris ; ² Cités par ordre d'importance : morsure, griffure, léchage ; ³ Lavage de la plaie, consultation du médecin ; ⁴ Vaccination antirabique, restriction des mouvements des animaux ; ⁵ Cours communes où vivent plusieurs ménages

Tableau III

Influences socioéconomiques sur la décision de faire vacciner son chien contre la rage à Ouagadougou au Burkina Faso en 2014 (n = 355)

| Variables | Statut vaccinal | | |
|--|-----------------|-------------|---------|
| | Vacciné | Non vacciné | Inconnu |
| Appréciation du coût de la vaccination | p > 0,05 | | |
| Abordable | 46 | 24 | 73 |
| Cher | 73 | 50 | 89 |
| Eloignement estimé domicile du propriétaire - clinique vétérinaire | p < 0,05 | | |
| < 5 km | 91 | 31 | 68 |
| ≥ 5 km | 28 | 43 | 94 |
| Mode de tenue du chien | p < 0,05 | | |
| En confinement 24 h / 24 | 82 | 23 | 49 |
| En liberté | 37 | 51 | 113 |
| Sexe du chien | p < 0,05 | | |
| Mâle | 73 | 67 | 72 |
| Femelle | 46 | 7 | 90 |
| Race du chien | p < 0,05 | | |
| Race commune ou locale | 90 | 74 | 162 |
| Race exotique | 29 | 0 | 0 |

lien entre ces animaux suivis et les prélèvements testés au laboratoire. Cette situation peut s'expliquer en partie par le contexte prévalant au Burkina Faso où de nombreux chiens considérés comme domestiques sont en réalité des chiens divagants ou errants occasionnels ayant un propriétaire. Par son utilité et ses multiples fonctions dans la société burkinabè, le chien est l'animal de compagnie le plus détenu par les ménages. Ces chiens, souvent laissés en liberté et mal nourris par les propriétaires, se promènent dans les rues et les décharges pour s'alimenter. Cette situation rend difficile le suivi des chiens mordeurs d'autant plus qu'il se fait généralement au domicile du propriétaire, à condition que ce dernier soit identifié et le chien maîtrisable. Par ailleurs, les animaux étant souvent en liberté, il arrive que des chiens mordeurs correctement vaccinés soient abattus par les populations, ce qui peut, à long terme, contribuer à décourager les propriétaires à vacciner.

Les taux de positivité ont été plus élevés chez l'espèce canine, ce qui impliquait que les morsures étaient contaminantes. Des études similaires ont observé des taux de positivité encore plus élevés chez le chien au Mali et en Centrafrique où ils étaient respectivement de 96 % (Dao et al., 2006) et 94,2 % (Mangué, 2009). Il se peut que le taux de positivité obtenu à Ouagadougou ait été sous-estimé puisque tous les animaux morts ne sont pas signalés par les populations, comme c'est le cas dans certains pays de la sous-région, par exemple au Sénégal (Migan, 2007; Nodjimadji, 2008) et en Côte d'Ivoire (Selly Essis et al., 1992). L'éloignement des populations rend difficile l'acheminement des prélèvements vers le laboratoire situé à Ouagadougou, ce qui explique que l'essentiel des prélèvements examinés provenait de la capitale.

La forte positivité de la rage observée chez les chiens examinés peut aussi s'expliquer par la faible couverture vaccinale des carnivores (Savado, 2015). On peut s'interroger sur les principales raisons de la non-vaccination des chiens à Ouagadougou, le vaccin étant disponible dans les cliniques vétérinaires localisées dans différentes zones

de la ville. Le contexte du Burkina est marqué par la rareté des campagnes de vaccination de masse aux prix subventionnés. Or, on sait que dans les pays endémiques, la vaccination antirabique se heurte souvent à la faible capacité financière des propriétaires de chiens (Lembo et al., 2010).

L'enquête sur les connaissances, attitudes et pratiques en matière de rage présente des informations collectées auprès des chefs de ménages visités ou de leurs représentants. L'étude informe sur certaines logiques sociales qui peuvent affecter l'efficacité des interventions pour la prévention et le contrôle de la rage au Burkina Faso. La plupart des personnes interrogées avaient fait au moins des études secondaires, ce qui s'expliquerait par le fait que l'étude a été réalisée en milieu urbain. Or, le niveau d'instruction des populations influe considérablement sur les perceptions et les attitudes qu'elles ont sur les questions de santé publique (HCSP France, 1998). La quasi-totalité des personnes interrogées avait déjà entendu parler de la rage animale et humaine. Des résultats similaires avaient été trouvés en Tanzanie (Sambo et al., 2014), au Sénégal (Adjé et al., 2015) et au Tchad (Mindekem et al., 2005). Cependant, à l'opposé des constats faits par Adjé et al. en milieu étudiantin (2015), notre étude a montré que l'entourage était le principal canal d'information de la population. Il paraît donc nécessaire d'intensifier l'information et l'éducation communautaire pour une meilleure prise en compte du risque rabique dans les ménages. L'utilisation des posters et des crieurs publics a ainsi révélé l'effet potentiel de la communication dans l'amélioration de la couverture vaccinale des chiens au Mali (Mosimann et al., 2017). Des campagnes médiatiques et, de plus en plus, l'utilisation des réseaux sociaux peuvent offrir de plateformes efficaces pour une large information des communautés sur la maladie et les moyens de prévention.

Les personnes qui avaient un niveau d'études au moins du secondaire et celles qui vivaient dans des ménages possédant un chien connaissaient mieux les animaux vecteurs, les modes de transmission et la conduite à tenir en cas de morsure par un chien. L'effet de l'éducation sur la connaissance de la maladie indiquait par ailleurs que le risque rabique était plus important dans les franges les plus vulnérables de la société où l'accès à l'éducation formelle restait difficile. Ces observations confirment les résultats obtenus par Ahme et al. en 2014.

Concernant la vaccination des animaux par les propriétaires, nos résultats sont similaires à ceux obtenus en Côte d'Ivoire (Tiembré et al., 2009) selon lesquels les personnes interrogées considéraient la vaccination antirabique des chiens comme étant le meilleur moyen de lutter contre la rage. En dépit de cette connaissance exprimée par les propriétaires, le taux de couverture vaccinale des chiens demeure faible, probablement, comme cela a été déjà signalé, par manque de moyens financiers, mais peut-être aussi à cause de l'absence d'un programme national de contrôle de la rage. Dans certaines parties du monde, de tels programmes incluant des campagnes de vaccination de masse ont permis d'éliminer la rage (Bögel et Meslin, 1990 ; Zinss-tag et al., 2017).

Concernant la conduite à tenir vis-à-vis du risque rabique, l'étude a montré qu'au moins la moitié des animaux mordeurs ayant un propriétaire étaient mis en observation, taux supérieur à celui de 4,3 % relevé au Maroc (Institut Pasteur du Maroc, 2014). Cependant, de manière générale, les pratiques des populations étaient moins satisfaisantes que celles décrites en Tanzanie (Sambo et al., 2014), bien que les connaissances sur la maladie et les mesures de prévention étaient relativement élevées. Se pose alors la question de comprendre les logiques des populations qui peuvent expliquer l'écart entre leurs connaissances et leurs comportements. L'étude a montré que le prix de la vaccination n'a apparemment pas eu d'influence significative sur la décision des propriétaires à vacciner leurs chiens. Cependant, la faiblesse du pouvoir d'achat pourrait favoriser une faible accessibilité

financière à la vaccination (Savadogo et Boushan, 2015 ; Lembo et al., 2010 ; Sondo et al., 2018). Par ailleurs, les distances assez longues entre les domiciles des propriétaires et les cliniques vétérinaires provoquent des coûts indirects liés au frais de déplacement et à la perte de temps de travail. Nos observations confortent les travaux de Mosimann et al. (2017) qui rapportent qu'à Bamako, au Mali, le manque de temps des propriétaires et les difficultés à conduire le chien au site de vaccination sont des obstacles à la vaccination. Il y a également des obstacles culturels liés au transport des chiens, certaines personnes ne voulant pas montrer publiquement leur attachement à un chien. La divagation des animaux est fréquente et de nombreuses personnes ont des chiens qui sont laissés en liberté et se nourrissent hors des domiciles, ce qui pose le problème de leur maîtrise par les propriétaires en vue de la vaccination antirabique. D'autres études montrent que les chiens en semi-liberté ou en liberté, fréquemment absents du domicile et agressifs, sont difficiles d'accès par les propriétaires (WHO, 1992 ; Mosimann et al., 2017). L'intensification des campagnes d'information et la mise en œuvre effective des textes réglementaires en vigueur sont nécessaires afin d'améliorer les comportements des populations.

■ CONCLUSION

L'étude a mis en évidence une circulation du virus rabique chez plusieurs espèces animales à Ouagadougou, le chien étant la première cause de morsures des personnes. Les populations ont une connaissance assez satisfaisante de la maladie et des mesures de prévention, mais des comportements et des pratiques à risque persistent au sein des communautés. Afin de renforcer la prévention et le contrôle de la rage au Burkina Faso, il convient de promouvoir une collaboration transsectorielle basée sur l'approche One Health en vue de renforcer la synergie d'action entre toutes les parties prenantes (professionnels de la santé humaine, de la santé animale et de la gestion de la faune, propriétaires de carnivores domestiques, autorités administratives et locales, société civile, et les communautés). Nous recommandons également la mise en place d'études plus approfondies pour évaluer l'impact socioéconomique de la rage et la qualité du dispositif de contrôle et de surveillance au Burkina Faso.

Remerciements

Les auteurs remercient les populations de Ouagadougou pour la franche collaboration lors de la collecte des données. L'étude a été réalisée avec l'appui technique et logistique de la Direction générale des services vétérinaires (DGSV) du Burkina Faso. Le financement nécessaire à la réalisation des enquêtes a été apporté par les auteurs.

Contributions des auteurs

MS, PK et BD ont participé à la conception et à la planification de l'étude ; MS a collecté les données ; MS et LDD ont participé à l'analyse et l'interprétation des données ; MS et PK ont rédigé la première version du manuscrit ; RM, AS, LN, NAM et RBA ont réalisé une révision critique du manuscrit. Tous les auteurs ont lu et approuvé la version finale de l'article.

Conflits d'intérêts

L'étude a été réalisée sans aucun conflit d'intérêts.

REFERENCES

Adjé K.J.F., N'Dour A.P.N., Coulibaly F., Halidou A.I., Mabeki R., Koné P., 2015. Knowledge, attitudes, and practices concerning rabies and post-exposure prophylactic measures at the Cheikh Anta Diop University in Dakar. *Méd. Mal. Infect.*, **45** (7): 306-307, doi: 10.1016/j.medmal.2015.05.002

- Ahme V.O., Dzikwi A.A., Umoh J.U., 2014. Assessment of knowledge, attitude and practice of dog owners to canine rabies in Wukari Metropolis, Taraba State Nigeria. *Glob. J. Health Sci.*, **6** (5): 226-240, doi: 10.5539/gjhs.v6n5p226
- Bögel K., Meslin F.X., 1990. Aspects économiques de l'élimination de la rage humaine et canine : principes pour l'orientation des programmes. *Bull. World Health Organ.*, **68** (4): 409-418
- Burkina Faso, 1989. Kiti n° AN VII-0113/FP/AGRI-EL, repris par décret n° 2018-0730/PRES/PM/MRAH/MINEFID/MATD/MSECU/MCIA portant réglementation de la police zoo-sanitaire, Ouagadougou, Burkina Faso
- Burkina Faso, 2009. Annuaire statistique. Ministère de la Santé, Direction générale de l'information et des statistiques sanitaires, Ouagadougou, Burkina Faso
- Cleveland S., Lankester F., Townsend S., Lembo T., Hampson K., 2014. Rabies control and elimination: a test case for One Health. *Vet. Rec.*, **175** (8): 188-93, doi: 10.1136/vr.g4996
- Dao S., Abdillahi A.M., Bougoudogo F., Touré K., Simbé C., 2006. Aspects épidémiologiques de la rage humaine et animale en milieu urbain à Bamako, Mali. *Bull. Soc. Pathol. Exot.*, **99** (3): 183-186
- Dean D.L., Abelseth M.K., 1973. The fluorescent antibody test. In: Laboratory techniques in Rabies, 3rd ed. (Ed. Kaplan M.M., Koprowski H.). WHO, Geneva, Switzerland, 73-84
- Diop S.A., Manga N.M., Dia N.M., Ndour C.T., Seydi M., Soumare M., Diop B.M., et al., 2007. Le point sur la rage humaine au Sénégal de 1986 à 2005. *Méd. Mal. Infect.*, **37** (12): 787-791, doi: 10.1016/j.medmal.2007.01.010
- Dodet B., AfroREB, Adjogoua E.V., Aguemou A.R., Amadou O.H., Atipo A.L., Baba B.A., et al., 2008. Fighting rabies in Africa: The Africa Rabies Expert Bureau. *Vaccine*, **26** (50): 6295-6298, doi: 10.1016/j.vaccine.2008.04.087
- Hampson K., Coudeville L., Lembo T., Sambo M., Kieffer A., Atlan M., Barrat J., et al., 2015. Estimating the global burden of endemic canine rabies. *PLoS Negl. Trop. Dis.* **9** (5): e0003709, doi: 10.1371/journal.pntd.0003709
- HCSP France, 1998. La progression de la précarité en France et ses effets sur la santé. ENSP, Rennes, France, 368 p.
- Institut Pasteur du Maroc, 2014. La rage, cette maladie difficile à combattre au Maroc. *Lettre Pasteur* (3): 1-16
- Jackson A.C., 2013. Current and future approaches to the therapy of human rabies. *Antiviral Res.*, **99** (1): 61-67, doi: 10.1016/j.antiviral.2013.01.003
- Kaboré B.E., 2014. Place de l'enfant parmi les cas de rage dans la ville de Ouagadougou : étude rétrospective sur 10 ans 6 mois. Thèse Méd., Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 89 p.
- Kouldiaty J., 1989. Contribution à l'étude de la rage canine au Burkina Faso: épidémiologie et prophylaxie. Thèse Méd. Vét., EISMV, Dakar, Sénégal, 121 p.
- Lembo T., Hampson K., Kaare M.T., Ernest E., Knobel D., Kazwala R.R., Haydon D.T., et al., 2010. The feasibility of canine rabies elimination in Africa: dispelling doubts with data. *PLoS Negl. Trop. Dis.*, **4** (2): e626, doi: 10.1371/journal.pntd.0000626
- Mangué J.S., 2009. Epidémiologie de la rage et aspects moléculaires du virus rabique à Bangui (République centrafricaine) au cours de la période de 2006 à 2008. Thèse Méd. Vét., EISMV, Dakar, Sénégal, 151 p.
- Migan A.G., 2007. Contribution à l'étude de l'épidémiologie de la rage au Sénégal au cours de la période de 1996 à 2005. Thèse Méd. Vét., EISMV, Dakar, Sénégal, 86 p.
- Mindekem R., 2017. La rage canine au Tchad : état des lieux et qualité du dispositif de lutte. Thèse Doct., Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 172 p.
- Mindekem R., Kayali U., Yemadji N., Ndoutamia A.G., Zinsstag J., 2005. La démographie canine et son importance pour la transmission de la rage humaine à Ndjamena. *Med. Trop.*, **65** (1): 53-58
- Moreira, E.D. Jr, Mendes de Souza V.M., Sreenivasan M., Nascimento E.G., Pontes de Carvalho L., 2004. Assessment of an optimized dog-culling program in the dynamics of canine *Leishmania* transmission. *Vet. Parasitol.*, **122** (4): 245-252, doi: 10.1016/j.vetpar.2004.05.019
- Mosimann L., Traoré A., Mauti S., Léchenne M., Obrist B., Véron R., Hattendorf J., et al., 2017. A mixed methods approach to assess animal vaccination programmes: the case of rabies control in Bamako, Mali. *Acta Trop.*, **165**: 203-215, doi: 10.1016/j.actatropica.2016.10.007

- Nodjimadji R., 2008. Contribution à l'étude de l'épidémiologie de la rage au Sénégal : cas de la région de Fatick au cours de la période de 1998 à 2007. Thèse Méd. Vét., EISMV, Dakar, Sénégal, 135 p.
- Sabeta C.T., Bingham J., Nel L.H., 2003. Molecular epidemiology of canid rabies in Zimbabwe and South Africa. *Virus Res.*, **91** (2): 203-211, doi: 10.1016/S0168-1702(02)00272-1
- Sambo M., Lembo T., Cleaveland S., Ferguson H.M., Sikana L., Simon C., Urassa H., et al., 2014. Knowledge, Attitudes and Practices (KAP) about rabies prevention and control: A community survey in Tanzania. *PLoS Negl. Trop. Dis.*, **8** (12): e3310, doi: 10.1371/journal.pntd.0003310
- Savado M., 2015. Amélioration de la connaissance de l'épidémiologie de la rage au Burkina Faso : Situation épidémiologique et connaissances-attitudes-perceptions sur la rage dans la commune de Ouagadougou. Thèse Méd. Vét., EISMV, Dakar, Sénégal, 113 p.
- Savado M., Boushab M.B., 2015. La rage chez l'enfant: un risque encore méconnu des populations exposées. *Méd. Santé Trop.*, **25** : 222-224, doi : 10.1684/mst.2015.0449
- Selly Essis A.M., Dadou G., Ehouman A., Edoh V., 1992. Evolution de l'endémie rabique dans les populations humaines et animales en Côte d'Ivoire. *Méd. Afr. Noire*, **39** (2) : 86-93
- Sondo K.A., Diallo I., Savado M., Kaboré B.E., Ouédraogo G.A., Zougrana J., Diendéré E.A., et al., 2018. Enquête transversale sur les cas de rage reçus de 2003 à 2014 au Service des maladies infectieuses du centre hospitalier universitaire Yalgado Ouédraogo (Burkina Faso). *Sci. Tec. Sci. Vie*, **1** (1) : 41-5
- Sondo K.A., Yonaba/Okenga C., Diop S.A., Kaboré B.E., Diallo I., Kyelem N., Basshono J., et al., 2015. Rabies in children: report of 24 cases at the Yalgado Ouedraogo University Hospital Center of Ouagadougou in Burkina Faso. *J. Trop. Dis.*, **3**: 168, doi: 10.4172/2329-891X.1000168
- Sondo K.A., Zougrana J., Bazié K., Kyelem C.G., Diallo I., Korsaga N., Basshono J., et al., 2014. Prise en charge postexposition des victimes d'agression par un animal à Ouagadougou. *Sci. Tech. Sci. Santé*, **37** (1-2) : 27-36
- Tiembré I., Aka-Kone D.M.B., Konan Y.E., Vroh J.B.B., Ekra K.D., Dagnan N.S., Aka J., et al., 2009. Observance du traitement vaccinal antirabique chez les sujets exposés à la rage à Abidjan (Côte d'Ivoire). *Santé Publique*, **21** (6) : 595-603, doi: 10.3917/spub.096.0595
- Wera E., Velthuis A.G.J., Geong M., Hogeveen H., 2013. Costs of rabies control: An economic calculation method applied to Flores Island. *PLoS ONE*, **8** (12): e83654, doi: 10.1371/journal.pone.0083654
- WHO, 1992. Report of the 3rd consultation on oral immunization of dogs against rabies. WHO, Geneva, Switzerland, 14 p.
- Yaok A.J., Reece J.F., Gehrt S.D., Hamilton I.M., 2016. Optimizing free-roaming dog control programs using agent-based models. *Ecol. Model.*, **341**: 53-61, doi: 10.1016/j.ecolmodel.2016.09.018
- Zinsstag J., Lechenne M., Laager M., Mindekem R., Naïssengar S., Oussiguéré A., Bidjeh K., et al., 2017. Vaccination of dogs in an African city interrupts rabies transmission and reduces human exposure. *Sci. Transl. Med.*, **9**: eaaf6984, doi: 10.1126/scitranslmed.aaf6984

Summary

Savado M., Koné P., Dahourou L.D., Manishimwe R., Sow A., Nébié L., Antoine-Moussiaux N., Doulkom B., Bada-Alamedji R. Rabies epidemiology and community knowledge, attitudes and practices in Burkina Faso

Rabies is an endemic zoonosis in developing countries and is one of the most virulent and deadly viral diseases. It is a threat to public and animal health in Burkina Faso. This cross-sectional study describes the epidemiology of rabies and the knowledge, attitudes and practices (KAP) of the populations in Ouagadougou. Data were collected from households and technical services involved in the prevention, control and surveillance of human and animal rabies. The KAP survey was conducted among 616 households. It showed that the majority of participants had heard of human (80.7%) and animal (94.6%) rabies, were aware that the disease is mainly transmitted by infected dog bites (94.2%), and were able to quote at least two routes of rabies transmission (65.7%). In contrast, only 9.7% of dog owners claimed to be able to afford annual canine rabies vaccination. The main channels of information and communication about rabies used by the participants were friends and family (41.8%), school (33.4%), and media (24.8%). As for the retrospective epidemiological study, which was based on the documents available within national services, it showed that an average of 4172 cases of bites were recorded each year, that only 31.7% of those bitten had received complete post-exposure prophylaxis, and that 68% of the animal tested were positive for rabies virus. These studies confirm the presence of a rabies risk in the country, and show the need for increased education and community involvement, and close collaboration between the animal and human health sectors for integrated bite-case management.

Keywords: dogs, carnivorous animals, rabies, bites, zoonoses, attitudes, urban population, Burkina Faso

Resumen

Savado M., Koné P., Dahourou L.D., Manishimwe R., Sow A., Nébié L., Antoine-Moussiaux N., Doulkom B., Bada-Alamedji R. Epidemiología de la rabia y conocimiento, actitudes y prácticas de las comunidades de Burkina Faso

La rabia es una zoonosis endémica en los países en desarrollo y se encuentra entre las patologías virales más virulentas y mortales. Constituye una amenaza para la salud pública y animal en Burkina Faso. El presente estudio transversal, se condujo con el fin de describir la epidemiología de la rabia y los conocimientos, actitudes y prácticas (CAP) de las poblaciones en Ouagadougou. Consistió en recolectar datos en los hogares y en las estructuras técnicas implicadas en la prevención, el control y la supervisión de la rabia humana y animal. La encuesta CAP se realizó en 616 hogares. Mostró que la mayoría de los participantes habían oído hablar de la rabia humana (80,7%) y animal (94,6%), sabían que se transmitía esencialmente mediante la mordida de un perro infectado (94,6%) y fueron capaces de citar correctamente al menos dos vías de transmisión de la enfermedad (65,7%). Por otro lado, sólo 9,7% de los propietarios de perros afirmaron ser capaces de financiar la vacunación anti rábica anual canina. Los principales canales de información y de comunicación sobre la rabia, utilizados por los participantes, fueron el entorno (41,8%), la escuela (33,4%) y los medios de comunicación (24,8%). En cuanto al estudio epidemiológico retrospectivo, basado en los documentos disponibles en las estructuras nacionales, puso en evidencia que, en promedio, se registraron 4,172 casos de mordidas cada año, que solamente 31,7% de las personas mordidas beneficiaron de una profilaxis post exposición completa y que 68% de las muestras animales examinadas fueron positivas al virus de la rabia. Estos estudios confirman la presencia del riesgo de rabia en el país y muestra la necesidad de reforzar la educación y la responsabilidad comunitaria, así como una colaboración estrecha entre los sectores de salud animal y la salud humana para una gestión integrada en caso de mordidas.

Palabras clave: perro, animales carnívoros, rabia, mordeduras, zoonosis, actitudes, población urbana, Burkina Faso

Cattle infestation by lice in Northern Tunisia

Mohamed Gharbi^{1*} Wiem Labibi¹
Mohamed Jedidi¹ Mohamed Zouari²

Keywords

Cattle, Phthiraptera, *Linognathus vituli*, *Bovicola bovis*, *Haematopinus eurysternus*, Tunisia

Accepted: 17 January 2020
Published: 11 May 2020
DOI: 10.19182/remvt.31860

Summary

The reported study was carried out from October 2014 to January 2015 and involved 622 cattle belonging to a dairy farm in North Tunisia. Each animal was examined once for the presence of lice. The infestation prevalence was estimated at 14.3% (89/622). Three louse species were collected: *Linognathus vituli* (2.7%), *Haematopinus eurysternus* (11.4%) and *Bovicola bovis* (0.8%). The co-infestation prevalence was 0.6% and concerned only *B. bovis* and *L. vituli*, collected from four calves (three males and one female). Calves were infested by the three species, *L. vituli* (17.5%), *B. bovis* (5.2%) and *H. eurysternus* (1.0%), whereas adults were only infested by *H. eurysternus* (13.3%). All *H. eurysternus* parasites were found on the tail of the animals, whereas *L. vituli* was present on the whole body. *B. bovis* infested the anterior body parts, mainly the dorsal region (60%) ($p < 0.05$). Clinical signs were observed only in calves under six months. The infested calves showed pruritus (63%) and depilation (37%).

■ How to quote this article: Gharbi M., Labibi W., Jedidi M., Zouari M., 2020. Cattle infestation by lice in Northern Tunisia. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (2): 141-144, doi: 10.19182/remvt.31860

■ INTRODUCTION

Cattle production represents a very important economic activity in all African countries, allowing both daily (milk sale) and occasional (animal sale) cash income to rural populations. Animal breeding significantly decreases because of rural depopulation, an important problem in all African countries. Cattle breeding also has a social role. For example, in a village in Chad called Bagirmi (in Arabic cattle is *bagar* and one hundred is *mia*), the poverty threshold is considered to be the ownership of 100 head of cattle.

The cattle industry is still facing several health problems in Africa. Veterinary authorities, field veterinarians and farmers pay more attention to diseases with high morbidity and lethality such as foot and mouth disease, brucellosis or tuberculosis. On the other hand, endemic parasitic diseases (ectoparasites, gastrointestinal and hemoparasitic infections), which induce lower losses but may concern a high percentage of the population and may last for several years (sometimes the whole life of the animal) are often neglected. For instance, animals infested by ectoparasites are not considered sick and they do not therefore receive specific health care. Among the

ectoparasites, cattle can be infested by four louse species, one is a chewing louse (*Bovicola bovis*) and the others are sucking lice (*Linognathus vituli*, *Solenopotes capillatus*, *Haematopinus eurysternus*) (Dorchies et al., 2012). Louse infestation is an increasing problem as a deltamethrin-resistant *Bovicola bovis* population has been reported since 2014 in the United Kingdom (Sands et al., 2015).

Cattle population in North Africa has been relatively constant in recent years with 2.8, 1.6 and 0.6 million in Morocco, Algeria and Tunisia, respectively (Srairi et al., 2013). The only study regarding louse infestation in Tunisian cattle was published by Gharbi et al. (2013), who estimated the prevalence in Northeast Tunisia at 4.7%. This first study was performed in small extensive farms and involved cattle of different breeds. No survey was carried out in Tunisian intensive farms where animals belong to exotic breeds and are supposed to receive good health care. The aim of this study was thus to estimate the different parasitological indicators regarding louse infestation in an intensive farm of Northern Tunisia.

■ MATERIALS AND METHODS

Study region and animals

The present study was carried out in Mateur (Bizerte District, North Tunisia) which is located in the subhumid area. The mean temperatures in winter and summer are 7°C and 32°C, respectively. The mean yearly rainfall varies between 600 and 800 mm.

The survey was carried out from October 2014 to January 2015 in a Holstein-Friesian intensive cattle farm. A total of 622 cattle (525 cows, 36 male calves and 61 female calves) were examined, each

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

2. Office des terres domaniales, Tunis, Tunisie.

* Corresponding author

Email: gharbim2000@yahoo.fr



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

on one occasion. The animals were on average 4.5 years old (range: 1 day – 11 years).

All the animals were examined for the presence of lice according to the method of Colwell et al. (2001). Briefly, the whole body of each animal was inspected for the presence of lice. In addition, seven anatomical regions were minutely inspected: dewlap, cheeks, muffle, eyes, withers, back line and tail. During the inspection, the hairs were moved apart for careful examination of the skin and of the bottom part of the hairs; for each site, this operation was repeated 4–5 times on a 5-cm² area.

All the collected parasites were kept in identified vials containing 70% ethanol. For examination, they were washed with distilled water, incubated in a 10% potassium hydroxide (KOH) solution for two days, then washed in successive solutions of ethanol (30, 50, 70, 90 and 100% concentration) for 10–15 minutes, and finally washed with xylol (Kakar and Kakarsulemankhel, 2009). Species identification was done under microscope at 100 x magnification, according to the key of Price and Graham (1997).

Parasitological indicators

The infestation prevalence was estimated as follows (Bush et al., 1997) :

Infestation prevalence = 100 x number of infested animals / Number of examined animals.

The infestation intensity was calculated as:

Total number of lice / Total number of infested animals.

Statistical analysis

Comparisons of percentages were carried out with EPI INFO 2000 using the chi-square test at 5% threshold.

RESULTS

Infestation prevalence

A total of 89 animals were infested by lice, corresponding to a prevalence of 14.3%. Three louse species were collected: *Linognathus vituli* (2.7%), *Haematopinus eurysternus* (11.4%) and *Bovicola bovis* (0.8%). The co-infestation prevalence was 0.6% and concerned *B. bovis* and *L. vituli* collected in four calves (three males and one female) (Table I).

Calves were infested by the three species (*L. vituli*: 17.5%; *B. bovis*: 5.2%; *H. eurysternus*: 1.0%), whereas adults were only infested by *H. eurysternus* (13.3%). There was no difference in infestation prevalence between male (19.4%; 7/36) and female (19.7%; 12/61) calves ($p > 0.05$).

Infestation intensity

The mean infestation intensity was four lice per infested cattle. *H. eurysternus* was the most frequent species but its infestation intensity was low (1.3). On the other hand, the infestation intensity by *B. bovis* and *L. vituli* was relatively high (7.4 and 16.3, respectively). Less than one-year-old calves showed the highest infestation intensity (13.8) (Figure 1).

Anatomical infested regions

All *H. eurysternus* were found on the tail of animals, whereas *L. vituli* was present on the whole body. *B. bovis* infested the anterior body parts and the dorsal region (60%) (Table II).

Clinical signs

Clinical signs caused by pediculosis were observed only in calves under six months, which expressed pruritus (63% of the infested calves) and depilation (37%) (Figure 2). The depilation was irregular with discrete erythema of 5–12 centimeter diameters.

Table I

Cattle infestation prevalence and intensity of different louse species in Northern Tunisia

| Animal species | Num. of infested calves | Num. of infested cows | Overall prevalence (%) | Overall intensity (range) |
|---------------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|
| <i>Bovicola bovis</i> | 5* | 0 | 0.8 | 7.4 (1-11) |
| <i>Haematopinus eurysternus</i> | 1 | 70 | 11.4 | 1.3 (1-14) |
| <i>Linognathus vituli</i> | 17* | 0 | 2.7 | 16.3 (1-39) |
| Total | 19/97 (19.6%) | 70/525 (13.3%) | 14.3 | |

* Four calves were co-infested by *B. bovis* and *L. vituli*

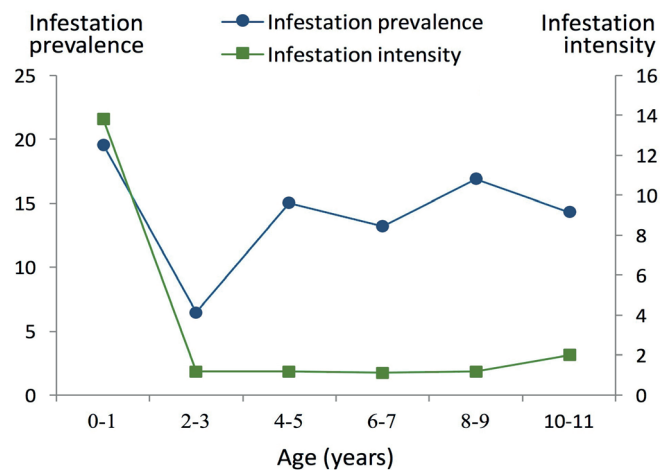


Figure 1: Louse infestation prevalence of examined cattle and intensity according to age in Northern Tunisia.

Table II

Infestation prevalence by lice according to cattle body regions in Northern Tunisia

| Body region | Num. of positive animals (prevalence in %) | | |
|--------------------------|--|---------------------------------|-----------------------------|
| | <i>Bovicola bovis</i> | <i>Haematopinus eurysternus</i> | <i>Linognathus vituli</i> * |
| Head | 1 (20) | 0 | 3 (21.4) |
| Neck | 0 | 0 | 1 (7.1) |
| Shoulders + thorax | 1 (20) | 0 | 2 (14.3) |
| Dewlap | 0 | 0 | 1 (7.1) |
| Dorsal line | 3 (60) | 0 | 4 (28.6) |
| Base of the tail + thigh | 0 | 0 | 2 (14.3) |
| Tail | 0 | 71 (100) | 1 (7.1) |

* Data are missing on three animals

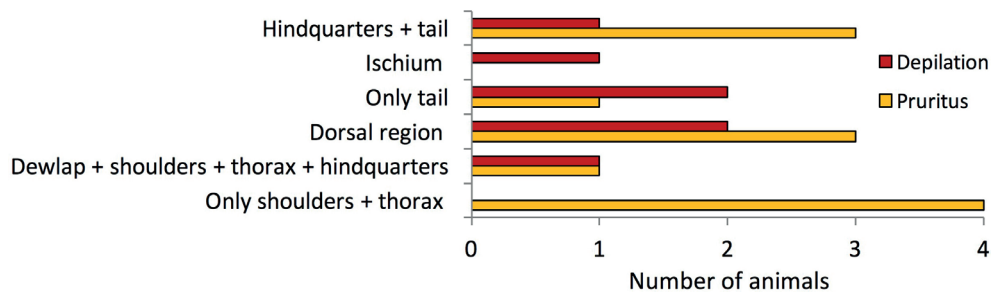


Figure 2: Localisation of clinical signs caused by louse infestation of infested calves in Northern Tunisia.

■ DISCUSSION

The present study was carried out in 622 cattle reared in different units of the same intensive cattle farm in Northern Tunisia. It showed that 14.3% of the animals were infested by lice. A lower infestation prevalence (4.6%) was reported in small cattle farms in Northeast Tunisia (Gharbi et al., 2013). The difference in infestation prevalence between the two studies may be caused by several factors: low hygiene practices due to the high number of animals, abiotic factors (temperature and hygrometry) and high animal density in the intensive farm of the present study. However, the prevalence was much lower than that observed in cattle bred in other countries and under different management practices: England and Wales (75%: Milnes and Green, 1999), Iceland (50%: Eydal and Richter, 2010), India (33.2%: Sanjay and Prasad, 2004), Ethiopia (31.4%: Khumsa and Bekele, 2008), and Turkey (27.6%: Colebrook and Wall, 2004).

Three louse species were collected: *Bovicola bovis* (a chewing louse), *Haematopinus eurysternus* and *Linognathus vituli* (two sucking lice or Anoplura). They were also reported by Levot (2000) in Australia. In the present study, all *H. eurysternus* lice were collected from cows except for one from a three-month-old calf, a trend also reported by Geden et al. (1990). On the other hand, *L. vituli* and *B. bovis* were found only in calves, as also found by other authors (Hornok et al., 2010). Few calves were co-infested by *L. vituli* and *B. bovis*, which was also reported by Colwell et al. (2001). Scharff (1962) studied louse infestation in Montana (USA) during three successive winters and showed that *L. vituli* was the predominant species in cattle under 18 months, and that animals older than two years were more infested by *H. eurysternus*. This is consistent with the findings of the present study. However, Kakar and Kakarsulemankhel (2009) found *B. bovis* in animals of all ages, whereas in the present study only calves were infested by this species.

Generally, infested animals do not express symptoms, mainly when the infestation intensity is low. Only calves showed local symptoms during this study, more precisely pruritus in 63% of the infested ones, which sometimes induced a depilation observed in 37% of these calves.

In the present study, infestation prevalence by chewing lice was low since all infested cattle but five calves were infested by sucking lice. Species of this group are more pathogenic since they cause anemia, whereas chewing lice only cause pruritus. Gharbi et al. (2013) mentioned a different trend in small farms as they found a higher prevalence of *B. bovis* (4%) than of Anoplura (0.6%). This could be explained by a potential use of ivermectin by smallholders eliminating sucking lice. Ivermectin is forbidden in lactating cows and was never used in the studied farm. Other authors reported a higher infestation by chewing lice from 26.7% (Colwell et al., 2001) to 97% (Milnes et al., 2003).

The highest infestation prevalence was observed during this study for *H. eurysternus* (11.4%). Infestation prevalence by this species can be very variable. Hussain et al. (2006) thus reported a prevalence varying between 1.9 and 94% in Pakistan.

The dorsal line was the anatomical region that was the most infested by *B. bovis*. Similar findings were reported in the southwest of England where the parasites were present on the dorsal line of 86.4% of the infested animals (Milnes et al., 2003). *H. eurysternus* was only found on the tail as also reported by Matthyse (1946). On the other hand, *L. vituli* infested the whole body without any preference, as also reported by Scharff et al. (1962). It is important to know the exact anatomical localization of lice since it allows the farmer to use insecticides only on infested body parts, allowing then an increase of the treatment effectiveness and a drastic reduction in the quantity of insecticides used.

The present study showed the low infestation prevalence and intensity in cattle in the studied farm, pointing out that the eradication of these parasites from such farms could be obtained at low cost. The results also showed that louse infestation is not a major health problem in the studied cattle farm. Animal health decision makers and field veterinarians should be informed about the clinical (anatomical localization, louse species) and epidemiological features (e.g. regional distribution, infection distribution according to age) of cattle infestation by lice. A standard program should be developed and implemented in louse-infested cattle farms with the aim to decrease the impact of these parasites that mainly affect calves, causing often symptoms of pruritus and depilation.

Acknowledgments

The study was financially supported by the project ‘Bassin Laitier à Bizerte’ (Institution de la recherche et de l’enseignement supérieur agricoles, ministère de l’Agriculture, des Ressources hydrauliques et de la Pêche) and by the Laboratoire d’épidémiologie d’infections enzootiques des herbivores en Tunisie : application à la lutte (ministère de l’Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique et des Technologies de l’Information et de la Communication). The authors thank the farmers who agreed to let them handle their animals.

Author contributions statement

MG designed the study, participated in its planning and manuscript drafting; WL collected the data and drafted the first version of the manuscript; MZ participated in the study planning; MJ carried out parasite identification.

Conflicts of interest

The study was carried without any conflict of interest.

REFERENCES

- Bush A.O., Lafferty K.D., Lotz J.M., Shostak A.W., 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *J. Parasitol.*, **83** (4): 575-583, doi: 10.2307/3284227
- Colebrook E., Wall R., 2004. Ectoparasites of livestock in Europe and the Mediterranean region. *Vet. Parasitol.*, **120** (4): 251-274, doi: 10.1016/j.vetpar.2004.01.012
- Colwell D.D., Clymer B., Booker C.W., Guichon P.T., Jim G.K., Schunicht O.C., Wildman B.K., 2001. Prevalence of sucking and chewing lice on cattle entering feedlots in southern Alberta. *Can. Vet. J.*, **42** (4): 281-285
- Dorchies P., Duncan J., Losson B., Alzieu J.P., 2012. Parasitologie clinique des bovins. Med'Com Editions, Paris, France, 342 p.
- Eydam M., Richter S.H., 2010. Lice and mite infestations of cattle in Iceland. *Icel. Agric. Sci.*, **23**: 87-95
- Geden C.J., Rutz D.A., Bishop D.R., 1990. Cattle lice (Anoplura, Mallophaga) in New York: seasonal population changes, effects of housing type on infestations of calves, and sampling efficiency. *J. Econ. Entomol.*, **83** (4): 1435-1438, doi: 10.1093/jee/83.4.1435
- Gharbi M., Ben Abdallah H., Mbarek Y., Jedidi M., Darghouth M.A., 2013. Cross-sectional study of cattle lice infestation in the region of Nabeul in north-east Tunisia. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epizoot.*, **32** (3): 879-883, doi: 10.20506/rst.32.2.2208
- Hornok S., Hofmann-Lehmann R., Fernández de Mera I.G., Meli M.L., Elek V., Hajtós I., Répási A., et al., 2010. Survey on blood-sucking lice (Phthiraptera: Anoplura) of ruminants and pigs with molecular detection of *Anaplasma* and *Rickettsia* spp. *Vet. Parasitol.*, **174** (3-4): 355-358, doi: 10.1016/j.vetpar.2010.09.003
- Hussain M.A., Khan M.N., Iqbal Z., Sajid M.S., Arshad M., 2006. Bovine pediculosis, prevalence and chemotherapeutic control in Pakistan. *Livest. Res. Rural Dev.*, **18**: 145
- Kakar M.N., Kakarsulemankhel J.K., 2009. Prevalence of lice species on cows and buffaloes of Quetta, Pakistan. *Pak. Vet. J.*, **29** (1): 49-50
- Kumsa B., Bekele M., 2008. Lice infestation on cattle in Endegagn District, Southern Ethiopia: species composition, prevalence and seasonal pattern. *Bull. Anim. Health Prod. Afr.*, **56** (3): 213-222, doi: 10.4314/bahpa.v56i3.43285
- Levot G., 2000. Resistance and the control of lice on humans and production animals. *Int. J. Parasitol.*, **30** (3): 291-297, doi: 10.1016/S0020-7519(99)00203-9
- Matthysse J.G., 1946. Cattle lice, their biology and control. *Bull. Cornell Univ. Agric. Exp. Station*, **832**: 67 p.
- Milnes A.S., Green L.E., 1999. Prevalence of lice on dairy cattle in England and the bordering counties of Wales. *Vet. Rec.*, **145** (13): 357-362, doi: 10.1136/vr.145.13.357
- Milnes A.S., O'Callaghan C.J., Green L.E., 2003. A longitudinal study of a natural lice infestation in growing cattle over two winter periods. *Vet. Parasitol.*, **116** (1): 67-83, doi: 10.1016/S0304-4017(03)00208-5
- Price M.A., Graham O.H., 1997. Chewing and sucking lice as parasites of mammals and birds. U.S. Dep. Agric., Agric. Tech. Bull. No. 1849. Washington DC, USA, 309 p.
- Sands B., Ellse L., Mitchell S., Sargison N.D., Wall R., 2015. First report of deltamethrin tolerance in the cattle chewing louse *Bovicola bovis* in the UK. *Vet. Rec.*, **176** (9): 231, doi: 10.1136/vr.102777
- Sanjay K., Prasad K.D., 2004. Prevalence of common ectoparasites infecting cattle and buffaloes in some areas of Jharkhand. *Indian J. Anim. Sci.*, **74** (9): 938-939
- Scharff D.K., 1962. An investigation of the cattle louse problem. *J. Econ. Entomol.*, **55** (5): 684-688, doi: 10.1093/jee/55.5.684
- Sraïri M.T., Benyoucef M.T., Kraïem K., 2013. The dairy chains in North Africa (Algeria, Morocco and Tunisia): from self sufficiency options to food dependency? *SpringerPlus*, **2**: 162, doi: 10.1186/2193-1801-2-162

Résumé

Gharbi M., Labibi W., Jedidi M., Zouari M. Infestation des bovins par les poux au nord de la Tunisie

La présente étude a été réalisée entre octobre 2014 et janvier 2015 sur 622 bovins appartenant à un élevage bovin laitier au nord de la Tunisie. Chaque animal a été examiné une fois afin de détecter la présence de poux. La prévalence de l'infestation a été estimée à 14,3 % (89/622). Trois espèces de poux ont été collectées : *Linognathus vituli* (2,7 %), *Haematopinus eurysternus* (11,4 %) et *Bovicola bovis* (0,8 %). La prévalence de co-infestation était de 0,6 % et concernait *B. bovis* et *L. vituli*, récoltés chez quatre veaux (trois mâles et une femelle). Les veaux étaient infestés par les trois espèces de poux, *L. vituli* (17,5 %), *B. bovis* (5,2 %) et *H. eurysternus* (1,0 %), alors que les adultes étaient infestés uniquement par *H. eurysternus* (13,3 %). Tous les spécimens de *H. eurysternus* ont été retrouvés au niveau de la queue des animaux, tandis que *L. vituli* était présent sur tout le corps. *B. bovis* était observé sur la partie antérieure du corps, principalement la région dorsale (60 %) ($p < 0,05$). Des signes cliniques n'ont été observés que chez les veaux âgés de moins de six mois, les animaux infestés présentant du prurit (63 %) et des dépilations (37 %).

Mots-clés : bovin, Phthiraptera, *Linognathus vituli*, *Bovicola bovis*, *Haematopinus eurysternus*, Tunisie

Resumen

Gharbi M., Labibi W., Jedidi M., Zouari M. Infestación del ganado por piojos en el norte de Túnez

El estudio que se reporta se llevó a cabo entre octubre 2014 y enero 2015 e incluyó 622 bovinos pertenecientes a una finca lechera en el norte de Túnez. Cada animal fue examinado una vez para la presencia de piojos. La prevalencia de infestación se estimó en 14.3% (89/622). Se recolectaron tres especies de piojos: *Linognathus vituli* (2,7%), *Haematopinus eurysternus* (11,4%) y *Bovicola bovis* (0,8%). La prevalencia de coinfección fue de 0,6 % y concernió sólo *B. bovis* y *L. vituli*, recolectados en cuatro terneros (tres machos y una hembra). Los terneros estaban infestados con tres especies *L. vituli* (17,5%), *B. bovis* (5,2%) y *H. eurysternus* (1,0%), mientras que los adultos estaban infestados únicamente por *H. eurysternus* (13,3%). Todos los parásitos *H. eurysternus* fueron encontrados en la cola de los animales, mientras que *L. vituli* estaba presente en todo el cuerpo. *B. Bovis* infestó las partes anteriores del cuerpo, principalmente la región dorsal (60%) ($p < 0,05$). Los signos clínicos fueron observados únicamente en terneros de menos de seis meses. Los terneros infestados presentaron prurito (63%) y depilación (37%).

Palabras clave : ganado bovino, Phthiraptera, *Linognathus vituli*, *Bovicola bovis*, *Haematopinus eurysternus*, Túnez