

Sommaire / Contents

SYSTÈMES D'ÉLEVAGE ET FILIÈRES

LIVESTOCK FARMING SYSTEMS AND VALUE CHAINS

3-10 Caractérisation de la filière porcine dans les villes de Pala et Moundou en zone des savanes du sud-ouest du Tchad. *Characterization of the swine sector in the cities of Pala and Moundou in the savanna zone of Southwestern Chad.* Mopaté Logténé Y., Tellah M., Bechir A.B., Nayo A. (en français)

11-19 Etat des lieux de l'élevage caprin en milieu paysan au Togo. *Assessment of goat rearing in a farming environment in Togo.* Djagba A.Y., Bonfoh B., Bassowa H., Aklikokou K., Kanour N. (en français)

PRODUCTIONS ANIMALES ET PRODUITS ANIMAUX

ANIMAL PRODUCTION AND ANIMAL PRODUCTS

21-26 Caractéristiques qualitatives de la carcasse de mouton Beni-Guil, produit certifié Indication géographique protégée de l'est du Maroc : étude préliminaire. *Quality characteristics of the carcass of Beni-Guil sheep, a Protected Geographical Indication certified product of Eastern Morocco: Preliminary study.* Belhaj K., Mansouri F., Tikent A., Ouchatbi A., Boukharta M., Serghini C.H., Elamrani A. (in English)

RESSOURCES ALIMENTAIRES ET ALIMENTATION

FEED RESOURCES AND FEEDING

27-35 Coconception, installation et évaluation de banques fourragères arbustives pour l'alimentation des vaches laitières dans l'ouest du Burkina Faso. *Codevelopment, establishment and assessment of shrub fodder banks for dairy cow feeding in Western Burkina Faso.* Sib O., González-García E., Bougouma-Yameogo V.M.C., Blanchard M., Vall E. (en français)

SANTÉ ANIMALE ET ÉPIDÉMIOLOGIE

ANIMAL HEALTH AND EPIDEMIOLOGY

37-46 Diversité et saisonnalité des *Culicoides* dans trois élevages aux hôtes différents dans la région de Rabat (Maroc). *Composition and seasonality of Culicoides in three host environments in Rabat region (Morocco).* Bourquia M., Garros C., Rakotoarivony I., Boukhari I., Chakrani M., Huber K., Gardès L., Wint W., Baldet T., Khallaayoune K., Balenghien T. (in English)

ISSN 1951-6711

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

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

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

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

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

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

Webmestre/*Webmaster:* Christian Sahut

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

COMITÉ SCIENTIFIQUE / SCIENTIFIC ADVISORY BOARD

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



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

Cirad, Montpellier, février 2020

Caractérisation de la filière porcine dans les villes de Pala et Moundou en zone des savanes du sud-ouest du Tchad

Youssef Mopaté Logténé ^{1*} Madjina Tellah ²
Ali Brahim Bechir ³ Alladoum Nayo ⁴

Mots-clés

Porcin, chaîne d'approvisionnement alimentaire, production animale, comportement du consommateur, Tchad

Submitted: 12 December 2017
Accepted: 20 October 2019
Published: 24 February 2020
DOI: 10.19182/remvt.31291

Résumé

L'étude a caractérisé les différents segments de la filière porcine des villes de Pala et Moundou en zone des savanes au Tchad. Des enquêtes transversales et rétrospectives, associées à des observations directes, ont été menées auprès de producteurs, de transformateurs et de consommateurs répartis dans ces deux villes. Au total, 1318 porcs ont été dénombrés dont 354 femelles en âge de reproduction. Le nombre de mises bas moyen par an a été de 1,8 et la taille de la portée de 7,2 porcelets. La productivité numérique annuelle par femelle a été de 11 porcelets. Pour l'ensemble des carcasses transformées annuellement, plus de la moitié était traitée à Moundou, la seconde ville du Tchad. A Pala, les consommateurs ont préféré la viande frite, et la viande au four ou grillée. Les résultats ont aussi montré que l'élevage de porcs visait l'amélioration des revenus de la famille grâce à la vente d'animaux, et la production d'animaux autoconsommés. Par la diversité des produits transformés, les activités de transformation et de préparation alimentaire, les acteurs de la filière ont mis à la disposition des consommateurs des aliments carnés à un coût relativement modéré. Les innovations majeures observées dans la filière étaient une porcherie améliorée, un abattoir privé, une société d'élevage et de commercialisation des viandes, et une boucherie-charcuterie pour la transformation et la distribution. La production, la transformation et la commercialisation de la viande porcine ont généré des emplois et amélioré le revenu des différents acteurs de la filière.

■ Comment citer cet article : Mopaté Logténé Y., Tellah M., Bechir A.B., Nayo A., 2020. Characterization of the swine sector in the cities of Pala and Moundou in the savanna zone of Southwestern Chad. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (1): 3-10, doi: 10.19182/remvt.31291

■ INTRODUCTION

En Afrique au sud du Sahara, notamment dans les zones urbaines et périurbaines, les productions agricoles (animales et végétales) familiales constituent des stratégies de survie des populations pauvres (Temple et Moustier, 2004 ; Dongmo et al., 2005). Des études montrent que le maraîchage et l'élevage sont les principales activités agricoles mises en œuvre dans ces zones (Moustier et al., 2004 ; Fall et al., 2004). Elles permettent aux producteurs non seulement de disposer des protéines végétales et animales mais aussi de se procurer voire d'augmenter leurs revenus à travers la vente des surplus

(Mfoukou-Ntsakala et al., 2006). Ces surplus écoulés sur les marchés des villes contribuent à leur approvisionnement en denrées alimentaires (Dongmo et al., 2005). En effet, la démographie galopante des villes induit une demande urbaine sans cesse en hausse des produits alimentaires, notamment carnés, et influence considérablement les filières animales (Touré et Ouattara, 2001 ; Diao, 2004). Ainsi, l'urbanisation dynamise l'agriculture, suscite le développement d'élevages à caractère intensif, semi-intensif voire une amélioration des élevages traditionnels, et des innovations dans la production, la transformation, le stockage et la commercialisation, correspondant aux modes de vie des habitants (Guerin et Faye, 1999 ; Cirad-Emvt, 1999 ; Bricas et Seck, 2004).

En matière d'élevage dans les zones urbaines et périurbaines, pour faire face à la hausse constante de la demande et lutter contre l'insécurité alimentaire, ceux à cycles courts, notamment les porcs, s'inscrivent en bonne place. Les familles choisissent de développer l'élevage de porcs pour générer des revenus car son élevage reste important dans la diversification des ressources alimentaires et monétaires (Ossebi et al., 2018). En effet, le porc est un animal proli- fique, l'investissement initial est faible et son alimentation en élevage

1. Institut de recherche en élevage pour le développement (IRED), BP 433, Farcha, N'Djaména, Tchad.

2. Institut national supérieur des sciences et techniques d'Abéché (INSTA), Tchad.

3. Institut national supérieur d'élevage de Moussoro (INSEM), Tchad.

4. Délégation régionale de l'élevage du Sud-Ouest, Moundou, Tchad.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +235 66 29 92 48 ; email : mopate.ly@gmail.com



traditionnel et semi-intensif repose sur des déchets et des résidus de transformation agroalimentaire (Mopaté, 2008 ; Robineau, 2018).

Au Tchad, la filière porcine, longtemps limitée dans son essor par un manque de débouchés (Mopaté et al., 2008), se développe aujourd'hui grâce au dynamisme des marchés camerounais et de la consommation intérieure (Koussou et Duteurtre, 2002 ; Mopaté et Koussou, 2003). Cette situation a entraîné un regain d'intérêt dans la production. Les lieux de transformation et de consommation hors foyer de viande porcine se sont ainsi multipliés dans les grandes villes du sud du Tchad et dans la capitale (Mopaté et Koussou, 2003 ; Mopaté et al., 2007a). Ces entreprises urbaines de petite taille innovent souvent en fournissant des produits transformés diversifiés et en développant des stratégies de vente susceptibles d'intéresser beaucoup de consommateurs. Si un grand nombre de travaux de recherche sur la transformation et la consommation de la viande porcine ont été réalisés dans les pays au nord (Touraille et Monin, 1984), très peu ont été conduits dans les pays au sud du Sahara, notamment au Tchad. Or, les effectifs importants commercialisés par cette filière dynamisent la production et la transformation.

Envisager une meilleure organisation de la filière, améliorer l'offre quantitative et qualitative en viande porcine, et appréhender les enjeux d'amélioration de la qualité de la viande passent par une meilleure connaissance de l'état actuel de cette activité. Aussi, les objectifs de l'étude étaient de caractériser les différents segments de la filière et de souligner les innovations apparues dans les villes de Pala et Moundou qui nécessitent d'être appuyées et encouragées.

■ MATERIEL ET METHODES

Sites de l'étude

Chef-lieu de la région du Logone occidental, Moundou est située à 480 kilomètres au sud-ouest de la capitale, N'Djaména, en zone agricole soudanienne. Parfois qualifiée de capitale économique du Tchad, Moundou est le siège de plusieurs unités industrielles. Sa population est constituée à 93 % de chrétiens et d'animistes (Mopaté et Matna, 2012) qui consomment de la viande porcine.

Située à la même distance mais au sud de N'Djaména, Pala est le chef-lieu de la région du Mayo-Kebbi Ouest, proche de la frontière avec le Cameroun. Sa population est constituée en majorité de chrétiens et d'animistes, ce qui explique là aussi l'importance de la consommation de viande de porc. La région est également grande productrice de coton et de céréales. Les deux sites d'étude sont localisés (figure 1) dans la zone des savanes au sud-ouest du Tchad.

Production

Après l'analyse de la littérature disponible, une enquête de terrain menée par les agents de l'élevage de chaque ville a permis de collecter en 2013 les données pour caractériser la filière à travers la production, la transformation et la consommation.

Pour caractériser les élevages, nous avons dû nous adapter au niveau de connaissance disponible sur les effectifs réels des producteurs de porcs sur chacun des deux sites. A Pala, l'absence d'un dénombrement préalable des éleveurs nous a amenés à exploiter les informations fournies par les groupements des producteurs. Pour ce faire, l'approche descendante des différentes organisations aux membres a été retenue afin de sélectionner les élevages, tout en élargissant l'échantillon à des exploitations voisines, non membres des groupements rencontrés. Pour sélectionner les quartiers enquêtés, la répartition spatiale des élevages dans la ville a été étudiée préalablement à l'enquête et a souligné la présence d'élevages dans les trois arrondissements de Pala. Ainsi, 46 éleveurs appartenant à 20 groupements et repartis entre les trois arrondissements ont été enquêtés. A Moundou, en revanche, l'utilisation d'un recensement préalable effectué en

2012 a permis de choisir de façon aléatoire 67 éleveurs repartis dans tous les quartiers des quatre arrondissements de la ville, de manière à obtenir un échantillon représentatif de la diversité des élevages.

Une enquête transversale et rétrospective par questionnaire a été conduite auprès de chaque producteur sur les lieux d'élevage. Les points abordés ont été les caractéristiques sociodémographiques des producteurs, les effectifs et races de porcs, la composition du troupeau (reproductrices, porcs à l'engrais et verrats), la propriété des animaux, les paramètres de reproduction, les pratiques d'élevage (habitat, alimentation et exploitation), le niveau d'organisation professionnelle, et les innovations introduites dans la pratique de l'élevage des porcs. De manière complémentaire, des observations directes ont été menées sur les porcheries, les aliments consommés au moment des repas ou ceux stockés et restés dans les mangeoires. Ces observations ont permis d'identifier les aliments les plus couramment servis aux porcs.

Transformation

Il convient de préciser que le terme transformateur inclut les bouchers-transformateurs, les préparateurs et les restaurateurs. Le transformateur achète le porc, l'abat, transforme la viande et vend les produits transformés. Il est assisté par quelques personnes rémunérées à la journée. Pour caractériser ce segment, une enquête auprès des transformateurs a été conduite. En raison de leur faible effectif, la totalité de ces acteurs en activité sur les deux sites ont été enquêtés, soit six à Pala et dix à Moundou. Ces acteurs exerçaient essentiellement une activité de restauration de rue. Un seul transformateur (localisé à Moundou) était spécialisé en charcuterie porcine (jambon, saucisse, saucisson, pâté, merguez, etc.). A l'aide d'un questionnaire, des enquêtes transversales



Edition : juillet 2017 Source : IRED/ITRAD Réalisation : Aurélie Tobde Keilar

Figure 1 : localisation des villes de Pala et Moundou en zone des savanes au sud-ouest du Tchad.

et rétrospectives ont été menées sur les lieux de transformation et ont porté sur le profil des acteurs, le nombre d'assistants, les dépenses et les marges bénéficiaires brutes, le niveau d'organisation professionnelle, et les innovations apportées dans la pratique de la transformation depuis le démarrage des activités. Des observations directes ont permis de caractériser les différents produits transformés. Le charcutier de Moundou a fait l'objet d'entretiens plus ouverts dans son restaurant, en utilisant un guide d'entretien. Le niveau d'organisation et les innovations introduites ont été aussi recherchés.

Consommation

Pour caractériser la consommation, une enquête transversale et rétrospective a été menée auprès de consommateurs rencontrés au hasard dans les lieux de consommation hors domicile. Ces lieux étaient le plus souvent fixes mais séparés de la partie transformation/préparation par une simple cloison, ou implantés très près d'elle. Une pancarte avec le dessin d'un porc signalait leur présence. Le choix de consommer hors foyer a été guidé par le fait que la viande porcine était surtout consommée dans ce cadre.

Au total, 50 consommateurs à Pala et 37 à Moundou ont été enquêtés, ce qui a permis d'appréhender la diversité des pratiques alimentaires et de leurs facteurs d'évolution. Les profils et les préférences des consommateurs, les fréquences de consommation, les dépenses hebdomadaires, les raisons du choix du lieu de consommation, l'environnement du lieu, et l'ambiance générale ont été analysés. Pour chaque consommateur, les principales occasions de consommer de la viande porcine en famille ont aussi été notées. Les observations ont porté également sur les produits transformés commandés et les boissons prises au moment de la consommation. Pour les consommations en groupe, seule la personne qui payait la note a été interviewée.

Analyse des données

Les données collectées lors des enquêtes ont été saisies sous Excel et transférées dans le logiciel SPSS (SPSS, 2009) pour les analyses statistiques. Un tri à plat a été effectué pour sélectionner les variables à croiser en analyse de variance et pour rechercher des différences sur les moyennes. Les variables retenues ont été les villes et les catégories des acteurs. En ce qui concerne les données d'élevage, le taux d'exploitation a été calculé par le rapport des effectifs exploités (ventes et autoconsommation) sur les effectifs totaux recensés dans les élevages.

■ RESULTATS

Production

Caractéristiques des producteurs

Dans les deux villes, les éleveurs étaient relativement jeunes, mariés et scolarisés pour la plupart. Le pourcentage de producteurs instruits était de 81 % à Moundou et de 63 % à Pala. En moyenne ils étaient âgés de 42 ans, et leurs familles comportaient dix personnes, dont quatre à cinq étaient actives (tableau I). Globalement pour les deux villes, les hommes constituaient 64 % des chefs d'atelier porcin contre 36 % des femmes.

Pratiques de production

Plus de la moitié (51 %) des élevages ont été mis en place dans les années 2000, contre 34 % en 1990, 11 % en 1980 et seulement 4 % dans les années 1960 et 1970. Concernant les pratiques de conduite, la quasi-totalité des producteurs (99 %) disposait d'un abri que les animaux occupaient le plus souvent en saison de pluies.

La majorité des producteurs de Pala (85 %) et de Moundou (94 %) alimentaient les porcs toute l'année, avec une régularité plus observée

à Pala qu'à Moundou. Les aliments les plus souvent distribués étaient les drèches artisanales et les sons de céréales, complétés de temps en temps par les déchets de cuisines familiales et, dans une moindre mesure, les graines ou tourteaux de coton.

La propriété du troupeau était surtout individuelle (77 %) dans les deux villes. La plupart des producteurs (97 %) élevaient des porcs de race locale indigène. L'enquête a porté sur 1318 porcs dont 35 % étaient à Pala et 65 % à Moundou. Des différences significatives sur les effectifs moyens de porcs par élevage ont été observées ($p < 0,001$) entre les deux villes. Les femelles en âge de reproduction étaient au nombre de 354 dont 33 % à Pala et 67 % à Moundou. La moyenne des femelles en âge de reproduction par élevage a varié entre deux et quatre femelles. La moyenne de verrats par troupeau a été moins élevée à Pala (1 verroat) qu'à Moundou (2 verrats). Au total 252 porcelets sont morts avant sevrage, répartis pour 73 % à Moundou contre seulement 27 % à Pala. La productivité numérique moyenne annuelle par truie était de 11 porcelets. Elle était plus élevée ($p < 0,01$) à Pala qu'à Moundou. En revanche, les mortalités moyennes avant sevrage ont été plus élevées ($p < 0,05$) à Moundou qu'à Pala (tableau II).

Fonctions et relations

La production de porcs dans les deux villes générait des revenus issus de la vente, et des produits pour l'autoconsommation en vue d'améliorer le bien-être de la famille. Ces fonctions ont été largement exprimées par les différents acteurs. Les recettes de vente servaient surtout à l'achat des céréales. Certains producteurs ont pu réaliser des projets aux investissements relativement importants avec l'élevage porcin, par exemple la construction d'écoles privées, l'acquisition

Tableau I

Profil des producteurs de porcs à Pala et Moundou au sud-ouest du Tchad

Profil producteur	Pala (n = 46)	Moundou (n = 67)
Age moyen (années)	41,61 ± 12 ^a	42,91 ± 12,4 ^b
Homme (%)	50	73
Femme (%)	50	27
Nb. moyen de membres de la famille	10,33 ± 6,2 ^a	10,81 ± 5,8 ^a
Nb. moyen d'actifs	4,80 ± 6,2 ^a	4,12 ± 2,6 ^b
Marié (%)	89	84
Analphabète (%)	37	19
Instruit (%)	63	81

^{a,b} Les moyennes sur une même ligne suivies de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5 %.

Tableau II

Structure et paramètres de reproduction annuels des élevages porcins à Pala et Moundou au sud-ouest du Tchad

Structure et paramètre	Pala	Moundou
Effectif moyen	9,9 ± 6,7 ^a	12,9 ± 10,4 ^b
Nb. moyen de verrats	1,2 ± 0,40 ^a	1,7 ± 0,82 ^b
Femelles en reproduction	2,52 ± 1,80 ^a	3,55 ± 4,20 ^b
Nb. moyen de mises bas	1,91 ± 0,51 ^a	1,87 ± 0,34 ^a
Taille de la portée à la mise bas	7,2 ± 1,5 ^a	7,3 ± 1,8 ^a
Mortalités moyennes avant sevrage	2,76 ± 1,27 ^a	3,73 ± 2,22 ^b
Moyenne porcelets sevrés	12,41 ± 4,05 ^a	10,67 ± 3,57 ^b
Productivité moyenne	11,38 ± 3,85	

^{a,b} Les moyennes sur une même ligne suivies de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5 %, 1 % et 10 %.

de moyens de transport comme des motocyclettes, ou l'acquisition d'équipements agricoles. Évoqué aussi par les producteurs citadins, la production porcine contribuait également à la réalisation des travaux champêtres (labour, sarclage et récolte). En effet, ces travaux exécutés par des groupes de jeunes étaient rétribués par des porcs vifs. Les producteurs étaient souvent en relation avec les préparatrices de bières et d'alcool traditionnel pour la récupération des drèches artisanales moyennant la fourniture de deux porcelets par an, ou le paiement d'argent liquide après quelques mois.

Transformation

Caractéristiques des transformateurs

Les seize transformateurs enquêtés (en dehors du charcutier) étaient des hommes âgés en moyenne de 31 ans, sans différence significative entre les deux villes ($p > 0,05$). Chaque transformateur avait en moyenne deux assistants. L'ethnie Ngambaye était majoritaire (11/16), le reste était composé de Moundang (2), Kera (1), Laka (1) et Mouroum (1). La grande majorité (14/16) exerçait la transformation de la viande comme activité principale, les autres pour l'agriculture. Globalement, la plupart des transformateurs (75 %) avaient démarré leur activité dans les années 2000 (tous étaient de Moundou), contre 19 % dans les années 1990, et 6 % dans les années 1980. Sur l'ensemble, 94 % avaient été scolarisés dont 56 % au niveau du primaire seulement, et 38 % jusqu'au secondaire. Un seul transformateur analphabète a été identifié à Moundou.

Pratiques de transformation

En un an, 1256 carcasses ont été traitées à Pala et 1821 à Moundou. La moyenne globale par transformateur était de 192 ± 87 carcasses par an, avec 209 carcasses à Pala et 182 à Moundou. Les porcs étaient achetés dans les deux villes respectives ou dans leur périphérie. Les moyens de transport étaient surtout le pousse-pousse à bras (56 %), la conduite à pieds (31 %) et le vélo (13 %). Tous les transformateurs privilégiaient dans leur choix les porcs sans kyste de cysticerque, en pratiquant systématiquement le test de language dans les différents lieux d'achat. Les autres critères de choix des porcs étaient la conformation (44 % des transformateurs), l'embonpoint (38 %), l'état sanitaire général (13 %) et le poids (5 %). Les principaux produits transformés étaient par ordre d'importance la viande grillée, la viande frite et la soupe à la viande. A Pala, la viande et le lard grillés étaient découpés en lamelles et vendus dans les lieux de consommation. La tête était soit grillée, soit transformée en soupe pour être vendue.

Fonction sociale, flux et exploitation

La transformation de la viande porcine a contribué de manière appréciable dans les recettes journalières des acteurs. Elle a résorbé le chômage par la création d'emplois pour les 16 bouchers-transformateurs et leurs 32 assistants. Elle a contribué, avec les prix pratiqués et la diversité des produits transformés, à mettre à la disposition de la population consommatrice des protéines animales à moindre coût. La majorité des transformateurs (13/16) entretenaient des relations d'affaires (70 %), de parenté (15 %) ou d'amitié (15 %) avec les producteurs.

Concernant les 613 porcs vendus dans les deux villes entre janvier et décembre 2012, les bouchers-transformateurs ont été les principaux clients (457 têtes soit 75 %), suivis des particuliers (94 soit 15 %) et des revendeurs (62 soit 10 %). Les effectifs autoconsommés par an ont été de 199 porcs dont 66 % à Moundou et 44 % à Pala. Dans les lieux de transformation hors foyer, parmi les 3077 carcasses transformées annuellement, 46 % ont été traitées en saison sèche et 54 % en saison des pluies dont 41 % à Pala et 59 % à Moundou.

Le taux d'exploitation (vente et autoconsommation) a avoisiné 62 %. La majorité des acheteurs dans les deux villes étaient des bouchers-transformateurs qui pour la plupart payaient comptant (tableau III).

Selon les villes et les catégories de clients, les variations des prix moyens par type d'acheteurs ont été plus significatives ($p < 0,05$) à Pala où les revendeurs ont payé plus cher les porcs. Des variations significatives des prix par catégorie de client n'ont pas été observées à Moundou (tableau IV).

Consommation hors foyer

Caractéristiques des consommateurs

Au total, 87 consommateurs hors foyer – 57 % à Pala et 43 % à Moundou – étaient concernés. La moyenne d'âge était de 30 ans. Ceux de Pala étaient un peu plus âgés (31 ans) que ceux de Moundou (29 ans), sans différence significative. Les femmes étaient moins âgées que les hommes ($p < 0,05$). Pour l'ensemble des deux villes, les consommateurs étaient surtout des hommes mariés, scolarisés, fidèles à un lieu de consommation pour la qualité des produits transformés (tableau V).

Pratiques de consommation

La quasi-totalité (99 %) des produits transformés était consommée sur place. Dans les lieux de transformation et de consommation implantés pour l'essentiel autour des débits de boisson, la fréquence moyenne hebdomadaire de consommation a été significativement ($p < 0,05$) plus élevée à Moundou (cinq fois) qu'à Pala (quatre fois). Les produits transformés consommés en premier choix étaient la

Tableau III

Exploitation annuelle de la production porcine et mode de paiement à Pala et à Moundou au sud-ouest du Tchad (n = nombre d'élevages)

Exploitation	Pala (n = 46)	Moundou (n = 62)
Autoconsommation moyenne	2,03 ± 1,51	2,40 ± 2,51
Vente moyenne de porcs	6,37 ± 6,62	5,16 ± 5,47
Prix moyen (FCFA)	12 150 ± 4 680	11 435 ± 5 025
Age moyen (mois)	11,60 ± 4,68	11,92 ± 4,99
Acheteur (boucher-transformateur) (%)	87	71
Paiement comptant (%)	96	84

Tableau IV

Variation des effectifs, de l'âge et du prix moyen des porcs par catégorie de client à Pala et Moundou au sud-ouest du Tchad

Ville	Catégorie client	Nb. porcs	Age (mois)	Prix moyen (FCFA) *
Pala	Transformateur	257	11,9	11 725 ^a
	Particulier	22	9,5	12 500 ^b
	Revendeur	14	12	20 000 ^c
Moundou	Transformateur	200	11,6	10 900
	Particulier	72	13,8	13 360
	Revendeur	48	11	11 750

* Prix moyen du porc vif selon l'âge et le type de client ; ^{a,b,c} Les moyennes des prix par catégorie de client à Pala, suivies de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5 %.

viande frite et au four à Moundou, la viande grillée à Pala. Pour 23 consommateurs, les produits transformés consommés en deuxième choix étaient surtout la soupe de viande, suivie des côtelettes frites, de la tête et des oreilles (tableau VI).

Selon la profession des consommateurs, les salariés et les personnes exerçant des petits métiers avaient des fréquences de consommation

hebdomadaires plus élevées (cinq fois) que la moyenne. En revanche, les étudiants et les élèves avaient une fréquence hebdomadaire trois fois plus faible que la moyenne à Pala et six fois plus faible à Moundou. La plupart des consommateurs ont consommé ces produits en compagnie de trois personnes en moyenne.

Fonctions sociale et ventilation des prix

La consommation de porc, comme rapporté par tous les niveaux socioprofessionnels, a amélioré la ration alimentaire quotidienne. Elle a contribué, à travers le regroupement de personnes (84 % des cas), à renforcer les liens familiaux et d'amitié. Ces liens de parenté ou d'amitié avec le transformateur étaient faibles (12 %). Selon le morceau découpé, dans les deux villes, la viande grillée a coûté 100 FCFA, la viande frite 210 FCFA, la viande au four 250 FCFA et la soupe 200 FCFA le plat. Ces variations de prix moyen étaient significatives ($p < 0,01$). La marge moyenne brute des transformateurs a été de 2580 FCFA à Pala et de 2650 FCFA à Moundou, sans différence significative. En fonction des différents produits transformés, la soupe a procuré une marge brute de 2330 FCFA, la viande grillée de 2570 FCFA et la viande frite de 2800 FCFA.

Des variations significatives dans les dépenses selon le statut ou le niveau d'instruction des consommateurs ont été aussi observées (tableau VII). Les consommateurs salariés ont dépensé à chaque fois plus d'argent que les autres groupes ($p < 0,05$), et les consommateurs qui avaient un niveau d'instruction supérieur ont dépensé en moyenne plus d'argent que ceux de niveau inférieur et les analphabètes ($p < 0,01$).

Contraintes et innovations dans la filière

Contraintes

Dans la production, les contraintes se situaient au niveau de la conduite des élevages. La faiblesse notoire des reproducteurs et les pertes importantes des porcelets avant sevrage ont été rapportées dans les entretiens. La pratique systématique du language par les acheteurs pour détecter la présence de cysticerque suggérait une crainte réelle des opérateurs sur l'état d'infestation des animaux. Cette pratique systématique par les revendeurs et les collecteurs de porcs ne semblait pas connue des particuliers, ce qui contribuait à la dissémination de la cysticerose.

Tableau V

Profil des consommateurs hors foyer à Pala et Moundou au sud-ouest du Tchad

Paramètre		Valeur
Sexe (%)	Homme	92
	Femme	8
Age moyen (années)	Homme	30,89 ± 9,70 ^a
	Femme	22,29 ± 5,77 ^b
Statut (%)	Marié	56
	Célibataire	39
	Divorcé	5
Activité exercée (%)	Étudiant/élève	28
	Petit métier	26
	Salarié	25
	Agriculteur	21
Scolarisation (%)	Scolarisé	91
	Non scolarisé	9
Niveau d'instruction (%)	Primaire	32
	Secondaire	40
	Supérieur	19
Fidélisation à un lieu de consommation (%)	Fidèle	52
	Non fidèle	48
Raison de fidélisation à un lieu (%)	Qualité produits transformés	71
	Environnement / cadre agréable	13
	Lien de parenté ou d'amitié	12
	Prix pratiqué	4

Tableau VI

Pratiques des consommateurs de viande porcine à Pala et Moundou au sud-ouest du Tchad

Paramètre		Ensemble	Moundou (n = 37)	Pala (n = 50)
Implantation des lieux de consommation (%)	Autour des débits de boissons	98	–	–
	Eloigné	2	–	–
Type de débit de boisson (%)	Autour des cabarets	78	–	–
	Autour des bars	20	–	–
Fréquence consommation / semaine		4,36 ± 2,65	4,96 ± 2,73 ^a	3,92 ± 2,52 ^b
Produit consommé en 1 ^{er} choix (%)	Viande grillée	–	27	88
	Tête + oreille	–	–	08
	Brochette	–	–	04
	Viande frite	–	51	–
	Viande au four	–	22	–
Produit consommé en 2 ^e choix (n = 23) (%)	Soupe à la viande	56,5	–	–
	Côtelette frite	26,1	–	–
	Tête et oreille	17,4	–	–

^{a,b} Les moyennes sur cette ligne suivies de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5 %.

Tableau VII

Dépenses moyennes (FCFA) par jour pour la consommation de viande porcine selon la catégorie de client et le niveau d'instruction à Pala et Moundou au sud-ouest du Tchad

Dépense par catégorie de consommateur		Dépense par niveau d'instruction	
Catégorie	Moyenne	Niveau	Moyenne
Salarié (n = 22)	350,00 ± 319,60 ^a	Analphabète (n = 4)	262,50 ± 188,75 ^b
Producteur (n = 18)	186,11 ± 85,42 ^b	Alphabétisé (n = 4)	225,00 ± 50,00 ^b
Petit métier (n = 23)	221,74 ± 99,80 ^b	Primaire (n = 28)	182,14 ± 72,28 ^b
Etudiant + élève (n = 24)	247,92 ± 127,24 ^b	Secondaire (n = 35)	247,14 ± 157,15 ^b
		Supérieur (n = 16)	400,00 ± 325,06 ^a

^{a,b} Les colonnes suivies de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5 %.

Les pratiques de transformation et le cadre de consommation pré-sentaient dans l'ensemble des conditions peu sanitaires. Bien que le prix des produits transformés ait été à la portée des consommateurs, la présentation des produits et l'emplacement le plus souvent côte à côte des lieux de transformation et de consommation restreignaient la fréquentation de ces derniers. Les consommateurs privilégiaient la qualité des produits proposés, accordant moins d'importance aux conditions sanitaires des lieux.

Innovations

Les principales innovations apparues dans la production de porc à Pala ont concerné la restructuration des porcheries suite à la formation des porcculteurs membres des groupements et aux meilleures pratiques d'élevage. En outre, une porcherie améliorée à titre d'exemple et un abattoir privé de taille moyenne financés par le Projet d'appui aux services agricoles et aux organisations de producteurs (PSAOP) ont été réalisés en 2005. De fait, plus de 50 % des groupements ont été mis en place en 2004 et 2005 avec l'appui du PSAOP. Cette dynamique d'innovation se poursuit et vise à la fois à dynamiser la production et la commercialisation des porcs. A Moundou, l'innovation majeure dans la filière a été la constitution d'un groupement – la Société d'élevage et de commercialisation des viandes et de leurs sous-produits (Secov) – de 30 éleveurs de porcs avec un effectif d'environ 300 porcs pour la production et la vente. Une boucherie-charcuterie moderne ouverte par un opérateur tchadien pour la transformation et la formation a été notée. Elle a été mise en place avec l'appui des prestataires de service de la base pétrolière de Komé (Doba). A la demande de cette base, cette boucherie-charcuterie a formé neuf jeunes aux techniques de la transformation de la viande porcine. A la fin des années 1990 et au début des années 2000, certains transformateurs (notamment à Moundou) ont adopté de nouvelles pratiques de friture de la viande porcine très peu connues auparavant.

DISCUSSION

L'étude a caractérisé les différents segments de la filière porcine dans les deux villes des savanes du Tchad. Elle a permis de connaître et de comprendre la production, la transformation et la consommation de viande porcine. Elle a montré une filière en plein développement au regard de l'engouement des acteurs, des données socioéconomiques, des années de création des élevages, et des innovations réalisées. Néanmoins, ces éléments résultant d'une enquête ponctuelle demanderaient à être validés par une étude longitudinale.

Production

L'examen des profils des acteurs a montré qu'ils étaient relativement jeunes. Leur âge et niveau scolaire étaient très proches de ceux

mis en évidence chez les acteurs de la filière porcine de la zone de N'Djaména (Mopaté et al., 2008 ; 2007b). Ces éléments constituent des atouts pour d'éventuelles actions de développement de la filière porcine autour de ces deux villes. Concernant le genre dans la production, les résultats de la ville de Moundou ont été identiques à ceux de N'Djaména (Mopaté et al., 2007b). En revanche à Pala, les femmes ont été plus nombreuses. Cette observation a mis en évidence l'importance accordée à l'élevage porcin par les familles dans la région du Mayo-Kebbi en général et en particulier dans sa partie ouest. Cette région joue un rôle de premier plan dans la diffusion du porc en zone soudanienne du Tchad (Mopaté et al., 2006). D'ailleurs, la proportion des femmes dans la production porcine sur nos sites d'étude a été plus importante que celle rapportée dans d'autres contextes d'Afrique de l'Ouest ou du Centre. Dans la zone périurbaine de Cotonou, par exemple, les femmes sont très faiblement représentées (4 %) dans ce secteur (Youssao et al., 2008). L'implication des femmes dans la production de porcs tant en milieu urbain que rural montre la dynamique d'une production à même de pallier leurs difficultés. L'élevage porcin apparaît ainsi comme une activité très importante pour les familles. La propriété des élevages a été surtout individuelle sur les deux sites de l'étude, comme c'est le cas (84 %) à Cotonou. L'échange des porcelets contre la livraison de drêches artisanales a contribué à la création de nouveaux élevages porcins dans des zones où de telles pratiques existent. Les mêmes observations sont faites dans la zone de N'Djaména (Mopaté, 2008). Les acteurs dans la transformation dans les deux villes avaient globalement le même âge moyen (31 ans) que celui observé dans la zone urbaine de Bobo-Dioulasso au Burkina Faso (Kiendrébeogo et al., 2012).

Les effectifs moyens des troupeaux ont été moins importants que ceux observés en Casamance au Sénégal (Ossebi et al., 2019). Il en était de même pour la taille de la portée à la mise bas. La proportion des truies (3 à 4) et des verrats (1) dans les troupeaux a été proche de celle observée à Cotonou (Youssao et al., 2008) mais inférieure à celle de cinq reproductrices rapportée en Casamance (Ossebi et al., 2019). La productivité numérique annuelle au sevrage de 11 têtes a été identique aux résultats obtenus à Garoua (Cameroun), supérieure à 8 porcelets notés à Bangui (Centrafrique), inférieure à 12 têtes observées antérieurement à Pala (Mopaté et al., 2010) et à 12–14 porcelets rapportés dans le bassin arachidier sénégalais (Buldgen et al., 1994). En revanche, le nombre moyen annuel de mises bas par truie a été semblable à ceux de 2 et 1,9 observés respectivement à Bangui et à Pala dans une étude antérieure (Mopaté et al., 2010) et en Casamance (Ossebi et al., 2019). Les meilleures performances de reproduction à Pala s'expliquaient sans doute par des pratiques d'alimentation relativement bonnes. Ces différences se sont retrouvées aussi dans la moyenne des pertes au sevrage qui a été plus élevée à Moundou. Cela s'est répercuté sur la productivité numérique qui a été meilleure à Pala.

Transformation

Les produits transformés ont été dans l'ensemble les mêmes que ceux identifiés dans la zone de N'Djaména (viande grillée, viande frite, brochettes et soupe à la viande) (Mopaté et al., 2008), et dans d'autres villes comme Abidjan en Côte d'Ivoire, Ougadougou au Burkina Faso et Yaoundé au Cameroun (Mopaté et Kaboré-Zoungana, 2013). Les particularités notées au niveau des deux villes ont concerné les côtelettes, la tête et les oreilles. C'était probablement pour valoriser au mieux la carcasse. Les lieux de consommation étaient aussi pour la plupart des débits de boisson, notamment des cabarets pour les boissons traditionnelles et des bars pour les autres. Les mêmes observations sont rapportées par Mopaté et al. (2008), Mopaté et Matna (2012), et Kiendrébeogo et al. (2012), respectivement à N'Djaména, Moundou et Bobo-Dioulasso. Cela indique des pratiques semblables des acteurs de ce segment de la filière, destinées à exploiter les possibilités qu'offrent ces débits de boisson dans la commercialisation des différents produits porcins transformés. En effet, les lieux de transformation sont le plus souvent intégrés aux lieux de consommation.

Consommation

Les pratiques de consommation hors foyer de la viande porcine sont récentes (moins de trente ans) et ont été introduites surtout du Cameroun par certains jeunes qui y ont séjourné. Elles se sont développées avec l'accroissement de la demande. Cette viande était auparavant consommée à la maison lors de festivités, de réception d'un hôte ou de travaux en groupe (Mopaté et Koussou, 2003). Les pratiques identifiées dans les deux villes ont été dans l'ensemble les mêmes que celles mises en évidence dans les points de grillades et les rôtisseries de N'Djaména, d'Abidjan, de Ougadougou, de Yaoundé et de Bobo-Dioulasso (Mopaté et al., 2008 ; Mopaté et Kaboré-Zoungana, 2013 ; Robineau, 2018). On comprend également les stratégies d'adaptation des transformateurs à la demande à travers la diversité des produits transformés, comme les côtelettes, la tête, les oreilles et les brochettes, en plus des viandes frites ou grillées, et de la soupe à la viande. Les fonctionnaires, les étudiants et les personnes exerçant des petits métiers étaient largement majoritaires dans les différents lieux de restauration, contrairement aux élèves et aux agriculteurs. Le nombre de personnes dans les groupes de consommateurs fréquentant de manière collective ces lieux dans les deux villes (trois personnes) était sensiblement le même qu'à N'Djaména (Mopaté et al., 2008). Les dépenses moyennes pour la consommation des produits porcins transformés étaient cependant faibles.

Innovations

Les innovations ont été introduites à la faveur de deux événements : l'ouverture des marchés camerounais aux porcs du Tchad à la fin des années 1990 et au début des années 2000 (Koussou et Duteurtre, 2002), et l'exploitation pétrolière dans le bassin de Doba dans les années 2000. La production à Pala était surtout orientée vers les marchés camerounais, et celle de Moundou vers l'approvisionnement de la base pétrolière de la ville de Komé, suite à la hausse de la demande de cette dernière. Face à ces opportunités, les acteurs se sont organisés pour satisfaire la demande, soit de leur propre initiative soit avec l'appui des projets de développement. La hausse de la demande en lien avec l'urbanisation a créé des opportunités, et impose un changement et une organisation de la production et de la transformation (Lossouarn, 2003).

CONCLUSION

L'étude a permis de caractériser la filière porcine à Pala et à Moundou au sud-ouest du Tchad. Comme bien d'autres filières agroalimentaires en Afrique au sud du Sahara, la filière porcine dans ces deux centres urbains contribue à la sécurité alimentaire, à l'amélioration de

la nutrition à travers la consommation de protéines animales, à la lutte contre la pauvreté et à la diversification des activités génératrices de revenus. Une demande croissante en viande porcine entraîne des innovations dans la production et la transformation pour y faire face. La bonne prolificité reconnue aux porcs et la marge d'amélioration de sa production en font un animal de choix. La viande porcine est consommée par toutes les couches sociales pour lesquelles il n'y a pas d'interdit religieux. Les transformateurs développent des stratégies pour écouler rapidement leurs produits. La diversité des préparations et surtout les prix fixés les rendent accessibles à toutes les bourses. Pour la qualité de la production, une étude de détermination de l'impact des infestations de cysticerques sur la production doit être entreprise. Il en est de même des pratiques à risque de la conduite des élevages, de la transformation et de la consommation de cette viande. La transformation de la viande porcine génère des emplois, résorbant ainsi le chômage. Elle favorise également la vente des boissons à travers l'activité commerciale des cabarets et des bars. Les paramètres de production relativement faibles orientent les perspectives de recherche vers l'amélioration de la conduite de cet élevage. Une organisation socioprofessionnelle conséquente de cette activité est nécessaire pour une meilleure dynamique de la filière et une amélioration des revenus des acteurs.

Déclaration des contributions des auteurs

YML : conception et planification, analyse des données et rédaction de la première version ; MT et ABB : participation à l'élaboration du questionnaire et à la révision du manuscrit ; AN : participation à la planification de l'enquête de terrain et au recueil des données.

REFERENCES

- Bricas N., Seck P.A., 2004. L'alimentation des villes du Sud : les raisons de craindre et d'espérer. *Cah. Agric.*, **13** (1) : 10-14
- Buldgen A., Piraux M., Dieng A., Schmit G., Compère R., 1994. Les élevages de porcs traditionnels du bassin arachidier sénégalais. *Rev. Mond. Zootech.*, **80/81** (3-4) : 63-70
- Cirad-Emvt, 1999. Socio-économie de l'élevage ovin périurbain (Séconville). Cirad-Emvt, Montpellier, France, 102 p. (Rapport ; 99-020)
- Diao M.B., 2004. Situation et contraintes des systèmes urbains et périurbains de production horticole et animale dans la région de Dakar. *Cah. Agric.*, **13** (1) : 39-49
- Dongmo T., Gockowski J., Hernandez S., Awono L.D.K., Mbang à Moudon R., 2005. L'agriculture périurbaine à Yaoundé : ses rapports avec la réduction de la pauvreté, le développement économique, la conservation de la biodiversité et de l'environnement. *Tropicicultura*, **23** (3) : 130-135, doi : 10.7202/602155ar
- Fall A., Ba Diao M., Bastianelli D., Naniogo A. 2004. La gestion concertée et durable des filières animales urbaines. In : Développement durable de l'agriculture urbaine en Afrique francophone. Enjeux, concepts et méthode (éds Olanrewaju B., Moustier P., Mougeot L.J.A., Fall A.). Cirad, Montpellier, France, 96-122
- Guerin H., Faye B., 1999. Spécificité de la problématique périurbaine pour les systèmes d'élevage. In : Actes atelier Agriculture périurbaine en Afrique subsaharienne (éds Moustier P., Mbaye A., De Bon H., Guerin H., Pages J.), Cirad-Coraf, Montpellier, France, 20-24 avr. 1998, 43-49
- Kiendrébeogo T., Mopaté Logténé Y., Kondombo S.R., Kaboré-Zoungana C.Y., 2012. Approvisionnement en porcs vifs et viande porcine de la ville de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). *J. Agric. Environ. Int. Dev.*, **106** (2) : 105-122
- Koussou M.O., Duteurtre G., 2002. Les facteurs de compétitivité de la filière porcine dans le bassin du Logone. In : Colloq. Systèmes agro-alimentaires localisés, Syal, Cirad, Montpellier, France, oct. 2002
- Lossouarn J., 2003. Stratégies dans les filières animales. *Prod. Anim.*, **16** (5) : 317-324
- Mfoukou-Ntsakala A., Michel Bitémo M., Speybroeck N., Van Huylenbroeck G., Eric Thys E., 2006. Agriculture urbaine et subsistance des ménages dans une zone de post-conflit en Afrique centrale. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **10** (3) : 237-249

- Mopaté L.Y., 2008. Dynamique des élevages porcins et amélioration de la production en zones urbaine et périurbaine de la ville de N'Djaména (Tchad). Thèse Doct., Prod. Anim., Université polytechnique, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 245 p.
- Mopaté L.Y., Kaboré-Zougrana C.Y., 2013. Production, commerce et consommation de la viande porcine dans quelques villes d'Afrique de l'Ouest et du Centre. *Rev. Sci. Tchad*, **13** (2) : 34-44
- Mopaté L.Y., Kaboré-Zougrana C.Y., Gongnet P.G., 2007b. Dynamique des élevages porcins urbains : accroissement, caractéristiques des producteurs et des effectifs à N'Djaména (Tchad). *Ann. Univ. N'Djaména (Tchad), Sér. C, Sci. Exactes Appl. Santé*, **2** : 75-91
- Mopaté L.Y., Koussou M.O., 2003. L'élevage porcine, un élevage ignoré mais pourtant bien implanté dans les agrosystèmes ruraux et périurbains du Tchad. In : Actes Colloq. Savanes africaines : des espaces en mutations, des acteurs face à de nouveaux défis (éds Jamin J.Y., Seyni Boukar L., Floret C.), Garoua, Cameroun, 27-31 mai 2002, 9 p.
- Mopaté L.Y., Koussou M.O., Kaboré-Zougrana C.Y., 2006. L'élevage porcine au Tchad : bilan de l'introduction, de l'amélioration et de la diffusion des races exotiques. *Bull. Info. Ress. Génét. Anim.*, **38** : 37-48, doi : 10.1017/S101423390000208X
- Mopaté L.Y., Koussou M.O., Kaboré-Zougrana C.Y., 2007a. Dynamique de la production porcine à N'Djaména (Tchad) : évolution des abattages, des poids carcasses durant cinq décennies passées et prévisions actuelles. *Rev. Sci. Tchad*, **9** (2) : 60-70
- Mopaté L.Y., Koussou M.O., Kaboré-Zougrana C.Y., 2008. Consommateurs et consommation de la viande porcine en hors-foyer à N'Djaména (Tchad). In : Gouvernance et approvisionnement des villes, tome I (éds Parrot L., et al.). L'Harmattan, Paris, France, 199-208
- Mopaté L.Y., Koussou M.O., Nguertoum A.E., Ngo Tama A.C., Lakoueténé T., Awa N.D., Mal Mal H.E., 2010. Caractéristiques et performances des élevages porcins urbains et périurbains des savanes d'Afrique centrale : cas des villes de Garoua, Pala et Bangui. In : Actes Colloq. Savanes africaines en développement : innover pour durer (éds Seinyboukar L., Boumard P.), Garoua, Cameroun, 20-23 avril 2009. Prasad, N'Djaména, Tchad / Cirad, Montpellier, France, 9 p.
- Mopaté L.Y., Matna M.M., 2012. Approvisionnement, transformation et consommation hors-foyer de porcs dans la ville de Moundou (Tchad). *Rev. Sci. Tchad*, **11** (spécial) : 53-62
- Moustier P., Moubélé M., Huat J., 2004. La gestion concertée et durable des filières maraîchères urbaines. In : Développement durable de l'agriculture urbaine en Afrique francophone. Enjeux, concepts et méthode (éds Olanrewaju B., Moustier P., Mougeot L.J.A., Fall A.). Cirad, Montpellier, France, 66-95
- Ossebi W., Ayssiwede S.B., Nimbona F., Malou R., Djétiin A.E., Diop M., Missohou A., 2018. Obstacles to the development of the pig value chain in Casamance (Senegal): what do actors of the subsector say? *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **71** (1-2): 15-22, doi: 10.19182/remvt.31286
- Ossebi W., Ayssiwede S.B., Nimbona F., Malou R., Djétiin A.E., Diop M., Missohou A., 2019. Zootechnical and economic analysis of pig farming systems in Casamance (Senegal). *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **72** (1): 13-22, doi: 10.19182/remvt.31258
- Robineau O., 2018. Rearing pigs in a West African city: Arrangements between actors to manage the proximity between the city and livestock farming. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **71** (1-2): 23-31, doi: 10.19182/remvt.31288
- SPSS, 2009. Statistical package for social sciences, Vers. 17.0. SPSS, Chicago, IL, USA
- Temple L., Moustier P., 2004. Les fonctions et contraintes de l'agriculture périurbaine de quelques villes africaines (Yaoundé, Cotonou, Dakar). *Cah. Agric.*, **13** (1) : 15-22
- Touraille C., Monin G., 1984. Comparaison des qualités organoleptiques de la viande de porcs de trois races : large White, Landrace français, Landrace belge. In : 16^{es} Journées Recherche porcine, INERA-ITP, 1-3 fév. 1984, 75-80
- Touré G., Ouattara Z., 2001. Elevage urbain des ovins par les femmes à Bouaké, Côte d'Ivoire. *Cah. Agric.*, **10** (1) : 45-49
- Youssao A.K.I., Koutinhoun G.B., Kpodekon T.M., Bonou A.G., Adjakpa A., Dotcho C.D.G., Atodjinou F.T.R., 2008. Pig production and indigenous genetic resources in suburban areas of Cotonou and Abomey-Calavi in Benin. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **61** (3-4): 235-243, doi: 10.19182/remvt.9995

Summary

Mopaté Logténé Y., Tellah M., Bechir A.B., Nayo A. Characterization of the swine sector in the cities of Pala and Moundou in the savanna zone of Southwestern Chad

The study characterized the different segments of the swine sector in the cities of Pala and Moundou in the savanna zone of Chad. Cross-sectional and retrospective surveys, combined with direct observations, were applied to producers, processors and consumers in these cities. A total of 1318 pigs were counted, including 354 females of reproductive age. The average number of parturitions per year was 1.8 and the litter size 7.2 piglets. The annual numerical productivity per female was 11 piglets. Concerning the carcasses processed annually, more than half were processed in Moundou, the second-largest city in Chad. In Pala, consumers preferred grilled pork. In Moundou, preferences were divided between fried pork and baked or grilled pork. The results also showed that pig farming was aimed at improving family income through the sale of animals, and the production of self-consumed animals. Through the diversity of processed products, food processing and preparation activities, the actors in the sector provided the consumers with pork products at a relatively moderate cost. The major innovations observed in the sector were an improved pigsty, a private slaughterhouse, a breeding and pork marketing company, and a butchery's shop and delicatessen for processing and distribution. Production, processing and marketing of pork have generated employment and improved the income of the different actors in the sector.

Keywords: swine, food supply chain, animal production, consumer behaviour, Chad

Resumen

Mopaté Logténé Y., Tellah M., Bechir A.B., Nayo A. Caracterización del sector porcino en las ciudades de Pala y Moundou en la zona de las sabanas del sud oeste de Chad

El estudio caracterizó los diferentes segmentos del sector porcino de las ciudades de Pala y Moundou en la zona de las sabanas de Chad. Se llevaron a cabo encuestas transversales y retrospectivas, junto con observaciones directas, a productores, procesadores y consumidores distribuidos en esas dos ciudades. En total, se contaron 1318 cerdos, de los cuales 354 hembras en edad de reproducción. El número de partos promedio por año fue de 1,8 y el tamaño de la camada de 7,2 lechones. La productividad numérica anual por hembra fue de 11 lechones. Del total de carcasas procesadas anualmente, más de la mitad lo fue en Moundou, segunda ciudad de Chad. En Pala, los consumidores prefirieron la carne a la parrilla. En Moundou, las preferencias fueron compartidas entre la carne frita y la carne al horno o a la parrilla. Los resultados muestran también que el objetivo de la cría de cerdos era el de mejorar los ingresos de la familia gracias a la venta de animales y a la producción de animales para consumo propio. Mediante la diversidad de productos procesados, las actividades de transformación y de preparación alimenticias, los actores del sector pusieron a la disposición de los consumidores, alimentos cárnicos a un costo relativamente moderado. Las innovaciones mayores observadas en el sector fueron una porqueriza mejorada, un matadero privado, una sociedad de cría y de comercialización de carnes y una carnicería-charcutería para la transformación y la distribución. La producción, transformación y comercialización de la carne porcina generaron empleos y mejoraron los ingresos de los diferentes actores del sector.

Palabras clave: cerdo, cadena de suministro alimentario, producción animal, comportamiento del consumidor, Chad

Etat des lieux de l'élevage caprin en milieu paysan au Togo

Atouga Yembliman Djangba ^{1*} Bèdibètè Bonfoh ¹
Habré Bassowa ¹ Kodjo Aklikokou ² N'gonlbi Kanour ¹

Mot-clés

Caprins, chevreau, Djallonké, productivité, Togo

Submitted: 8 August 2018
Accepted: 13 November 2019
Published: 24 February 2020
DOI: 10.19182/remvt.31840

Résumé

Les caprins constituent au Togo la seconde espèce d'élevage après les volailles en terme d'effectif. La disponibilité de sa viande reste pourtant rare. L'Etat togolais, à travers des projets de développement, a initié la recapitalisation du cheptel national d'animaux à cycle court. L'objectif de l'étude était la connaissance des faiblesses des pratiques d'élevage des caprins au Togo en vue de proposer des axes de recherche pour son amélioration et son développement. Des enquêtes ont été menées auprès de 129 chefs de ménages des deux sexes. Les éleveurs étaient des paysans, des salariés ou des retraités. Les enquêtes ont couvert l'ensemble du pays, prenant en compte sa diversité pluviométrique et végétale. Des données sur les pratiques d'élevage, les soins vétérinaires, les maladies et les autres contraintes ont été recueillies. Les résultats ont montré que 69 % des éleveurs étaient instruits, 91 % étaient mariés, et 26 % des propriétaires étaient des femmes. La main d'œuvre familiale jouait un rôle important. Les activités liées à l'élevage étaient confiées aux femmes et aux enfants. La taille moyenne du cheptel par ménage était de 18 caprins. Les chèvres adultes constituaient 44 % de l'effectif contre 2 % de mâles adultes entiers. Le taux de productivité au sevrage était de 0,54 chevreau par mère. Les animaux disposaient d'un abri ; dans 85 % des élevages, ils recevaient périodiquement une complémentation alimentaire et dans 27 % d'entre eux un complément minéral à base de sel de cuisine. Les soins vétérinaires ont été observés dans 64 % des élevages. Cette étude a permis de révéler quelques faiblesses relatives aux soins vétérinaires, à l'utilisation de géniteurs améliorés et à la disponibilité d'abris. Des formations sur les itinéraires techniques de l'élevage des caprins sont nécessaires pour améliorer leurs performances.

■ Comment citer cet article: Djangba A.Y., Bonfoh B., Bassowa H., Aklikokou K., Kanour N., 2020. Assessment of goat rearing in the farming environment in Togo. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (1): 11-19, doi: 10.19182/remvt.31840

■ INTRODUCTION

Aujourd'hui, à travers le monde, l'élevage de chèvres occupe de plus en plus de place dans les économies nationales car il constitue un facteur de développement économique, notamment dans les zones rurales (Chetroui et al., 2013). Selon la FAO, la planète comptait 1 002 810 368 chèvres en 2016, le continent asiatique 556 019 726 (55,5 %), et le continent africain 387 667 193 (38,7 %) (Faostat, 2017). Par ailleurs, la population caprine, représentant 43,5 % des ruminants domestiques, a connu un croît annuel au cours de la dernière décennie de 3,4 %, contre 3,2 % chez les ovins et 4,2 % chez les bovins (Missonhou et al., 2016). Cette croissance montre que l'élevage des chèvres a

généralement une tendance ascendante, à la fois en termes de stocks et de niveau de production (Chetroui et al., 2013). Longtemps, l'élevage des caprins n'a pas bénéficié des appuis des programmes de développement du cheptel par rapport aux autres espèces (Monfort, 1990).

Au Togo, l'élevage des caprins est pratiqué sur tout le pays et, avec 3 401 512 têtes, cette espèce est la deuxième en effectif, derrière les volailles (29 159 000 têtes) (Faostat, 2017). Contrairement à d'autres régions du monde où la chèvre n'est pas élevée pour sa viande qui est peu appréciée (Vanwarbeck, 2008), la viande caprine est très appréciée et consommée par la majorité de la population en Afrique, en particulier celle du bouc Djallonké castré au sud du Togo, où elle est au menu des restaurants. Les caprins sont sacrifiés lors des funérailles, des mariages, des sacrifices, des fêtes de fin d'année ou des baptêmes, qualifiés de prélèvements sociaux (Gnanda et al., 2016 ; Barry, 1985 ; Okello, 1985 ; Tchouamo et al., 2005). Ils contribuent fortement à l'économie familiale, à la durabilité des moyens de subsistance et à la réduction de la pauvreté (Saidu et al., 2006 ; Yandia, 2012 ; Gnanda et al., 2016). Chez certains éleveurs, c'est le capital de départ pour la constitution d'un troupeau de

1. Institut togolais de recherche agronomique, BP 01 Anié, Togo.

2. Université de Lomé, Togo.

* Auteur pour la correspondance

Email : atouga16@yahoo.fr



bovins (Gnanda et al., 2016). Ils constituent une épargne et tiennent un rôle important dans la notoriété de l'éleveur (Zakara, 1985). Ils peuvent être élevés dans une gamme étendue de conditions agroenvironnementales et selon un large éventail de systèmes de production (Alexandre et al., 2012). Certains éleveurs partagent parfois l'abri avec les animaux. Ces derniers bénéficient rarement d'un apport de supplément alimentaire et de soins sanitaires en raison principalement de l'absence de personnel technique ou du coût des traitements (Barry, 1985). Les conditions climatiques, à l'instar d'autres facteurs comme les maladies, les conflits sociopolitiques, régissent les effectifs des animaux des différentes zones agroécologiques, éléments structurants des systèmes d'élevage en termes de répartition des espèces et des races, de capacité de charge, de pressions sanitaires et de productivité individuelle (Otte et Chilonda, 2002). La majorité des caprins élevés au Togo sont de la race Djallonké. En raison de sa trypanotolérance cette race est élevée dans toutes les régions du pays. Malgré cette importance, il existe peu d'éleveurs professionnels de caprins avec de grands effectifs, à l'instar des élevages de volailles, d'ovins ou de bovins au Togo. L'élément caractéristique principal de cet élevage est le manque d'une chaîne de valeur ou d'activités de transformation réelles qui permettraient d'augmenter les revenus des éleveurs à l'instar de celui des producteurs de lait dans d'autres pays. Plusieurs raisons sont souvent évoquées par les acteurs de la filière. Certaines contraintes, comme l'alimentation, la santé, la gestion du troupeau, le manque d'organisation structurelle et institutionnelle, sont désignées comme freinant le développement de la filière de l'élevage des petits ruminants (Wasso et al., 2018).

Le Togo, pays côtier de l'Afrique de l'Ouest, à l'instar de la Côte d'Ivoire, connaît depuis quelques décennies une diminution de la consommation de la viande de caprins au profit de celle de bovins. Cette situation peut être due à la préférence alimentaire, au coût, à l'adaptabilité du canal de distribution et surtout à la rareté des caprins en quantité et de bon format sur le marché (Montfort, 1990). Dans la politique nationale de développement de l'élevage par la recapitalisation du cheptel, le Gouvernement togolais avait décidé de relancer l'élevage des petits ruminants et des volailles par la diffusion de géniteurs améliorés. Le besoin estimé pour les petits ruminants était de 5000 géniteurs, dont au moins 2000 boucs. A la fin de trois années de campagne (2013-2015), les géniteurs diffusés étaient de 2341 béliers et 289 boucs. Le faible effectif de boucs était dû au manque de disponibilité chez les éleveurs et au niveau du centre de sélection.

Plusieurs projets d'appui au développement de l'élevage caprin ont été menés, mais les résultats sont restés en deçà des attentes des gouvernements et des organisations non gouvernementales (ONG). Cet élevage reste peu performant en termes de production, conduisant l'Etat, dans l'exécution du Projet d'appui au secteur agricole (PASA), à faire la recapitalisation du cheptel national par la diffusion de géniteurs améliorés. Les principales causes de ce manque de décollage sont la baisse de la motivation des éleveurs vers la fin des projets, l'absence de relève pour la continuité des activités à la suite de la disparition du bénéficiaire du projet, et aussi le manque d'organisation professionnelle dans cet élevage en vue des négociations et de la défense de leurs intérêts (Montfort, 1990).

Avec une bonne prolificité, atteignant 185 % (Missohou et al., 2016), reconnue pour la chèvre Djallonké, il est souvent signalé de fortes mortalités, d'où les faibles effectifs rencontrés chez les éleveurs. Le système d'élevage des caprins au Togo semble être orienté vers la production de viande. Défini comme un ensemble d'éléments en interaction, organisés par l'homme dans le cadre d'une activité d'élevage visant à obtenir des productions variées (par exemple lait, viande, cuirs et peaux, travail, fumure) ou à atteindre tout autre objectif (Landais et Bonnemaire, 1996), le système d'élevage caprin pratiqué au Togo est très diversifié selon les régions. Compte tenu de la nécessité de sortir le monde agricole de sa précarité, les politiques actuelles visent à transformer l'économie de subsistance dont l'élevage en un secteur pourvoyeur de ressources

et d'emplois. Ainsi, un état des lieux de l'élevage des caprins dans les différentes zones agroécologiques du pays a été fait afin de permettre aux éleveurs de connaître les faiblesses de leurs pratiques, aux chercheurs d'orienter les axes de recherche, et aux autorités de bien connaître les défis de cet élevage et de mettre les moyens pour les relever.

■ MATERIEL ET METHODES

Sites de l'étude

Cette enquête a couvert la majorité du territoire national à travers 18 préfectures. Les différentes zones agroécologiques (figure 1) sont caractérisées par la pluviométrie annuelle, la végétation et le relief. Les caractéristiques des différentes zones agroécologiques sont : a) la zone du littoral (région Maritime) caractérisée par un climat côtier frais et une végétation moins dense ; b) la zone de forêt mésophile (Plateaux Ouest), zone humide de l'Atakora caractérisée par des précipitations abondantes, une strate de sous-bois et des herbes à larges feuilles ; c) la zone de savane humide (Plateaux Est), abondamment arrosée, arborée, constituée de l'ensemble du Dahoméen dans le bassin du Mono ; d) la zone de l'Atakora (région Centrale) couvrant partiellement la zone des massifs de collines avec une strate herbacée composée de graminées en touffe (*Andropogon* sp., *Hyparrhenia* sp.) ; e) la zone des massifs de collines ou zone de forêt sèche (région Kara), strate herbacée composée de graminées en touffes ; et f) la zone soudanienne (région des Savanes), caractérisée par la présence du baobab (*Adansonia digitata*), d'arbres épineux et d'une strate herbacée constituée entre autres d'*Aristida* sp., de *Chloris* sp., et d'*Hyparrhenia* sp.

La forte pluviométrie et la densité de la végétation favorisent la pullulation des glossines (tsé-tsé) *Glossina morsitans morsitans*

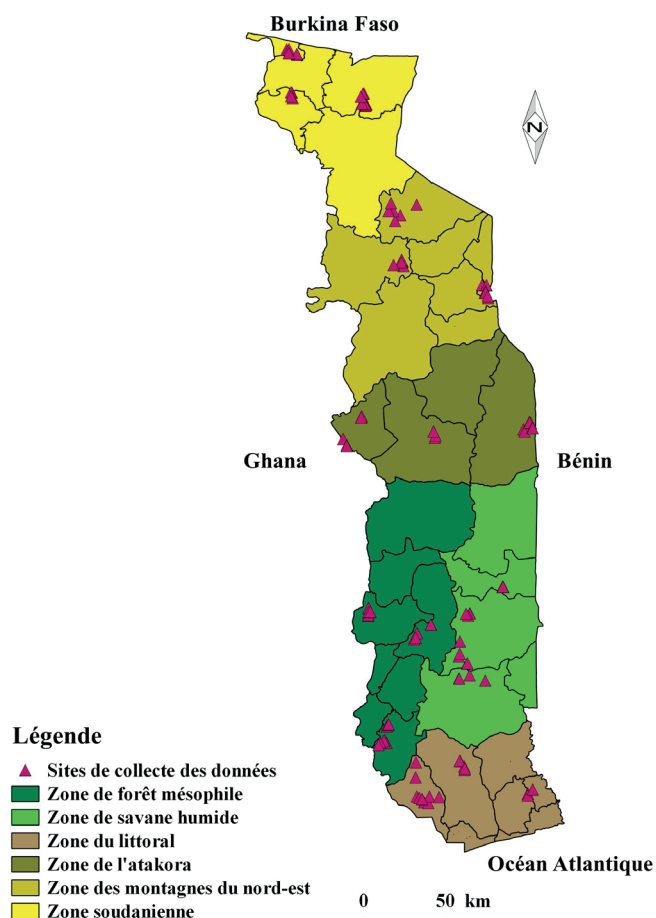


Figure 1 : carte du Togo montrant les zones écologiques et les sites d'élevage caprin de l'enquête.

(Wiedemann, 1850) et *G. palpalis gambiensis* (Vanderplank, 1911), dans certaines zones (Plateaux Ouest, Plateaux Est et région Centrale). L'élevage de toutes les espèces de ruminants, notamment des caprins non trypanotolérants, reste limité.

Echantillonnage et recueil des données

Des entretiens avec les chefs de ménage ou toute personne propriétaire de caprins, hommes ou femmes, ont été menés auprès de 129 ménages à travers toutes les régions du Togo, avec un accès aux animaux et aux infrastructures. Les éleveurs ont été sélectionnés avec l'appui des techniciens supérieurs d'élevage chargés de l'appui-conseil ou de certains auxiliaires villageois d'élevage (formés sur le tas par les vétérinaires), chargés des soins vétérinaires. La distance minimale entre deux ménages était d'un kilomètre.

Une fiche d'enquête a servi pour le recueil des données lors de l'entretien avec les éleveurs et pendant la visite des parcs et du milieu. Cette fiche était semi-ouverte ; les éleveurs fournissaient les données qualitatives ou quantitatives (entre autres système d'élevage, type de complément alimentaire, composition de la famille, situation civile et niveau d'instruction) alors que les données sur l'effectif du troupeau étaient collectées par observation. La constitution de chaque troupeau, l'état des abris ou du matériel d'élevage (abreuvoirs, mangeoires) étaient évalués par observation directe dans les parcs, sur les pâturages, et par la consultation des cahiers de soins vétérinaires. Des questions ouvertes ont permis de recueillir les informations dans les groupes de discussion (le plus souvent improvisés) organisés au niveau de certaines agences de vulgarisation, ou en tirant parti des réunions qui se tenaient chez des chefs de villages le jour de l'enquête.

Description de l'échantillon

Les éleveurs n'étaient pas exclusivement éleveurs de caprins, certains élevaient aussi d'autres espèces comme les volailles (poules ou pintades), les ovins, les porcs ou les bovins. Ils cultivaient du maïs, du mil, du sorgho, de l'igname, du manioc, de l'arachide, du soja, du niébé ou du coton. Aucun élevage caprin ne produisait de lait de chèvre, les animaux étaient destinés à la boucherie. Dans la majorité des cas les caprins étaient considérés comme une épargne qui permettait de satisfaire les besoins urgents (par exemple frais de santé, maladie, cérémonie, scolarisation, mariage) par la vente. La plupart des éleveurs n'avaient pas de compte d'épargne et donc n'avaient pas accès aux crédits (prêts) au niveau des microfinances. La main d'œuvre était familiale dans la plupart des foyers pour l'élevage et les travaux des champs. Le recours à la main d'œuvre temporaire consistait davantage en des travaux de métayage pour les labours et le sarclage des champs chez ceux qui en avaient les moyens (retraités, fonctionnaires ou commerçants). Les hommes étaient responsables du labour des champs, et les femmes et les enfants du sarclage. Les femmes étaient aussi chargées du semis, des travaux de ménage, et de veiller à l'alimentation des animaux avec l'appui des personnes âgées de la maison ou de leurs enfants. Les animaux étaient vendus soit aux commerçants soit à d'autres éleveurs, ou directement aux bouchers à la ferme ou au marché.

Analyses statistiques des données

Les données collectées ont été traitées sous tableur Excel version 2013. Les analyses en tableau de contingence ont été effectuées avec le logiciel SPSS version 20. Afin de déterminer les relations de dépendance et leur intensité entre a) les variables présence de parc, application des soins vétérinaires et disponibilité d'un bouc géniteur, et les régions, b) les variables distribution des compléments alimentaires et minéraux, et âge de l'éleveur, et c) la disponibilité d'un bouc géniteur, et l'effectif du troupeau, les tests du χ^2 et de V de Cramer ont été effectués avec le même logiciel. Les graphiques montrant les tendances (secteurs et histogrammes) de certains paramètres (répartition

des éleveurs, niveau d'étude, effectif des troupeaux, pratique de soins et distribution de compléments) ont été tracés avec Excel.

■ RESULTATS

Situation de famille et niveau d'étude des éleveurs

La majorité des éleveurs étaient mariés (117 sur 129 ; 91 %) et 7 % étaient veuves. La majorité des propriétaires déclarés des chèvres étaient des adultes et 34 (26 %) étaient des femmes.

Sur l'ensemble des régions, 32 % des éleveurs ont déclaré n'avoir pas été scolarisés, 12 % avoir fait des études supérieures (université ou formations professionnelles) et 56 % avoir un niveau d'instruction intermédiaire (niveau maximum le collège), certains d'entre eux ayant bénéficié du programme d'alphabétisation. Les éleveurs dans cet échantillon ayant fait des études supérieures étaient des retraités ou des fonctionnaires affectés. Le niveau d'instruction a varié selon les régions ; le taux d'éleveurs n'ayant pas été scolarisés était supérieur à 45 % dans les régions Savanes, Centrale et Plateaux Est. Par ailleurs les femmes étaient moins scolarisées que les hommes. Plus de 59 % d'entre elles n'étaient pas instruites contre 23 % des hommes, seulement 6 % d'entre elles avaient fait des études supérieures contre 14 % des hommes, et 35 % avaient un niveau d'instruction intermédiaire contre 63 % des hommes.

Taille du troupeau, sexe-ratio dans les élevages et gestion reproductive

La race dominante était la race Naine de l'Afrique de l'Ouest (West African Dwarf goat) (2350 têtes), communément appelée race Djallonké. Elle était présente dans tout le pays. La Sahélienne (29 têtes), la deuxième race la plus présente, était localisée dans la région des Savanes et dans les zones périurbaines. Enfin, la Rousse de Maradi (11 têtes) était surtout rencontrée dans les zones périurbaines.

La taille moyenne du troupeau dans les élevages était de 18 chèvres. Parmi les éleveurs, 25 % avaient un effectif caprin inférieur à 10 têtes, 62 % un effectif de 10 à moins 30 têtes, et 13 % au minimum 30 têtes.

Le tableau I montre que la majorité des effectifs était constituée de femelles : 44 % de chèvres adultes, 16 % de chevrettes sevrées (âgées de 5 à 10 mois) et 14 % de chevrettes sous la mère (moins de 4 mois). Pour les mâles, cette proportion était de moins de 2 % pour les mâles entiers adultes, 14 % pour les jeunes mâles sevrés de moins de 12 mois et 10 % pour les chevreaux mâles sous la mère. Au total, 83 % des élevages ne disposaient pas de boucs adultes entiers.

Le tableau I montre un effectif faible de chevreaux mâles et femelles sous la mère (562 chevreaux) par rapport à celui des chèvres mères (1041 mères). Le ratio était de 0,54 chevreau pour une chèvre mère. Les mouvements démographiques au sein des troupeaux n'ont pas

Tableau I

Répartition des animaux selon l'âge et le sexe dans les régions du Togo

Région	Chevrette	Jeune	Adulte	Chevreau	Jeune	Bouc
Maritime	55	36	136	34	53	8
Plateau Ouest	68	68	152	41	57	5
Plateau Est	58	78	189	35	61	9
Centrale	61	68	191	48	60	11
Kara	32	69	172	49	63	5
Savanes	46	55	201	35	35	6
Effectif	320	374	1041	242	329	44
% Total	13,6	15,9	44,3	10,3	14,0	1,9

été enregistrés. En effet, de fortes mortalités des chevreaux avant le sevrage ont été signalées verbalement par les éleveurs et les aides vétérinaires locaux. L'absence de cahier de bergerie n'a pas permis de voir les périodes de mise bas, de mortalités, d'achat, de vente ou de perte des animaux. L'identification individuelle des animaux n'a pas été constatée dans ces élevages.

Le problème des géniteurs dans les élevages a été constaté surtout chez les éleveurs possédant un petit effectif. Les résultats de l'analyse statistique ont montré une différence significative pour la présence de boucs selon les régions (tableau II) mais aussi selon l'effectif du troupeau (tableau III). L'exploitation précoce des boucs dans certaines régions par la castration ou la vente afin d'éviter le vol a été souvent signalée. De plus, la présence de boucs géniteurs distribués par le gouvernement a expliqué la présence de ces animaux dans certaines régions. Parmi les critères de sélection des éleveurs était la disponibilité de géniteur bouc adulte, les éleveurs ayant un effectif faible (< 10 têtes) ne disposaient pas de géniteurs boucs adultes. Ceux réservés comme géniteurs constituaient moins de 2 % de l'effectif total des animaux. Le sexe-ratio boucs adultes / chèvres mères était de 1:24. Pour l'ensemble des animaux enregistrés, le pourcentage des mâles (chevreaux sous la mère, jeunes mâles de moins d'un an, boucs castrés et boucs entiers de plus d'un an) était de 26,2 %. Les chèvres étaient saillies la plupart du temps après la période des cultures pendant la divagation par des boucs d'origine inconnue. La faible présence de géniteurs dans les élevages s'expliquait par le fait que les éleveurs ayant un petit effectif étaient souvent des éleveurs vulnérables : ils castraient les mâles nés dans leur élevage afin d'augmenter leur valeur marchande et d'éviter leur perte par vol. Certaines chèvres étaient saillies par des jeunes boucs (< 1 an d'âge) car dans ces élevages la castration des jeunes boucs se faisait selon les propriétaires deux à trois mois après le sevrage. D'autres éleveurs estimaient qu'avec la présence des jeunes boucs les accouplements des mères étaient assurés. Cette pratique a pour conséquence l'accouplement des chèvres avec leurs propres chevreaux ou avec des boucs d'origine inconnue lors de la divagation. Selon les éleveurs, le faible poids des chevreaux à la naissance était dû aux mises bas en saison pluvieuse et à la consanguinité liée à la monte des chèvres par leurs chevreaux.

Types d'abri des caprins

Chez 89 % des ménages visités, il existait un abri pour les animaux. Les abris étaient améliorés ou modernes chez 27 % d'entre eux (figure 2). Avec l'appui des projets, 7 % des éleveurs (surtout ceux ayant un effectif moyen) ont bénéficié de chèvres de type moderne. Cet abri était

constitué d'un mur de ciment, d'une cour entourée de grillage et était équipé de matériel de bergerie (abreuvoirs et mangeoires). Les éleveurs âgés disposaient de moins d'abris modernes pour les animaux que les jeunes. Concernant le type d'abri, la réparation ou reconstruction à chaque fin de saison des chèvreries ou des bergeries traditionnelles a été signalée par les éleveurs. Les principales causes étaient les intempéries (vent, pluie, attaque par les termites) en raison de la précarité des matériaux utilisés (terre battue et paille). Certains éleveurs ont pu installer des fosses fumières et y mettre les déchets des animaux après balayage afin d'épandre le fumier au début de la saison des pluies.

Il y avait une différence significative pour la présence de parc pour animaux selon la région (tableau III). Dans les régions Savanes et Plateaux Ouest, il existait des abris pour les caprins alors que son absence atteignait 30 % dans les régions Kara et Centrale (tableau I). La majorité des chèvreries étaient de type traditionnel, en terre battue couverte de paille, avec des palmes, de vieilles tôles ou des bâches en guise de toit. La plupart des chèvreries (80 %) étaient construites par les éleveurs eux-mêmes avec des matériaux locaux pour protéger les animaux contre la pluie ou les voleurs. Cependant, ces abris étaient très rarement balayés sauf au moment de faire l'évacuation des poudrettes à l'approche de la saison des cultures, favorisant la prolifération des puces notée par plusieurs éleveurs.

Les observations ont montré que plus l'éleveur avait un niveau d'étude élevé plus le type d'abri était amélioré (figure 2). Parmi

Tableau III

Analyses statistiques pour la présence de bouc améliorateur selon l'effectif du troupeau caprin au Togo

Effectif	Bouc améliorateur	
	Absent (%)	Présent (%)
Faible	100	0,0
Moyen	80,5	19,5
Grand	85,0	15,0
χ^2 de Pearson	7,2	
Probabilité	0,028	
V de Cramer	0,236	

Tableau II

Analyses statistiques selon les régions au Togo pour la présence de bouc améliorateur, d'un parc et l'application des soins

Région	Bouc améliorateur		Parc		Soin	
	Absent (%)	Présent (%)	Absent (%)	Présent (%)	Absent (%)	Présent (%)
Centrale	91,3	8,7	30,4	69,6	13,0	87,0
Kara	100	0,0	30,4	69,6	21,7	78,3
Maritime	65,0	35,0	10,0	90,0	70,0	30,0
Plateau Est	95,5	4,5	13,6	86,4	72,7	27,3
Plateau Ouest	66,7	33,3	0,0	100	19,0	81,0
Savanes	95,0	5,0	0,0	100	15,0	85,0
χ^2 de Pearson	21,2		16,5		37,1	
Probabilité	0,001		0,006		0,000	
V de Cramer	0,405		0,358		0,536	

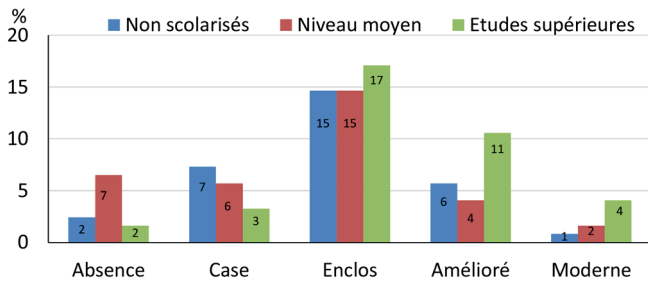


Figure 2 : type d'abri des caprins selon le niveau d'instruction des éleveurs (Togo).

28 % des abris de caprins améliorés ou modernes, plus de la moitié (53 %) se trouvaient chez les éleveurs ayant fait des études supérieures. Quelques éleveurs de niveau d'instruction moyen (retraités, enseignants d'école, commerçants et infirmiers dans les villages), mettaient aussi en place des abris améliorés pour les animaux. Ils se faisaient assister par des techniciens ou imitaient les plans des bergeries améliorées mises en place dans leur localité ou au niveau du centre de recherche. Dans ces cas, les bergeries étaient des enclos couverts de tôles avec des parcs de nuit dont les murs étaient construits en ciment avec une cour en bois pour servir le fourrage. Dans chaque ménage il n'existait qu'un abri pour l'ensemble des caprins.

Pratique des soins aux animaux

Sur le plan national, la majorité des éleveurs (64 %) ont affirmé que leurs animaux étaient suivis sur le plan sanitaire par un technicien supérieur d'élevage ou un aide vétérinaire présent dans la localité. L'analyse statistique (tableau II) a montré qu'il y avait une différence significative dans l'apport de soins aux caprins selon les régions. Certaines régions sont reconnues comme des zones d'élevage par excellence (Savanes, Kara et Centrale). Ces régions accueillent davantage de jeunes auxiliaires villageois d'élevage (AVE) formés par les vétérinaires privés et installés dans ces régions pour travailler avec

eux. Dans les campagnes des régions Plateaux Est et Maritime, plus de 70 % des élevages n'avaient pas d'accès facile aux services vétérinaires. Les AVE étaient rares et les vétérinaires privés travaillaient plutôt dans leurs cliniques où ils vendaient aussi les médicaments. Leurs déplacements dans les campagnes étaient rares et il a été signalé moins d'engouement des jeunes dans ces localités pour ce service que dans d'autres régions. Les soins étaient en général limités au déparasitage interne et à la vaccination lors des campagnes nationales organisées par le gouvernement. Plusieurs cas de kérato-conjonctivites, d'ecthyma et des diarrhées blanches ont été observés chez les chevreaux sous la mère. La gale, les maladies respiratoires (pneumopathies) ont été aussi notées et des foyers de peste des petits ruminants (PPR) signalés par les éleveurs et les vétérinaires lors des campagnes 2013-2015. Ces maladies ont été rencontrées dans toutes les zones agroécologiques mais à des fréquences différentes selon que l'éleveur était suivi ou non par un agent vétérinaire. Cependant, des éleveurs ne faisant pas vacciner leurs animaux ont déclaré avoir été victimes de mortalités d'animaux ou témoins de mortalités d'animaux vaccinés contre la PPR. Certains éleveurs et les chargés du suivi sanitaire des animaux reconnaissaient la régression du format adulte des animaux. Les principales causes de mortalités évoquées étaient la faiblesse de poids des chevreaux à la naissance pour cause de mise bas multiple, l'ecthyma, la kératoconjonctivite, et d'autres maladies banales mais très fréquentes comme les diarrhées (coccidiose ou diarrhées blanches). L'insalubrité des parcs a contribué aussi pour une part non négligeable aux mortalités car les parasites externes, surtout les puces, étaient présents dans plus de 90 % des parcs traditionnels.

Conduite alimentaire du troupeau

Les principaux modes de gardiennage étaient la claustration partielle (48 %) et l'attache au piquet (47 %) pendant la période des cultures (tableau IV). La différence de gardiennage selon les régions s'expliquait par les habitudes culturelles et la pression sur la terre. Plus de 85 % des éleveurs ont affirmé donner une complémentation alimentaire mais seulement 27 % donnaient une complémentation minérale à base de sel de cuisine aux caprins (figure 3).

Tableau IV

Répartition des éleveurs en fonction du mode de conduite alimentaire des caprins au Togo (% total)

Système d'élevage	Maritime	Plateau Est	Plateau Ouest	Centrale	Kara	Savanes	National
Divagation totale	0	3	0	0	0	0	2,3
Claustration partielle	16	17	17	12	0	0	48,1
Piquet hivernage	3	2	3	11	22	20	47,3
Conduite partielle	1	0	1	1	0	0	2,3

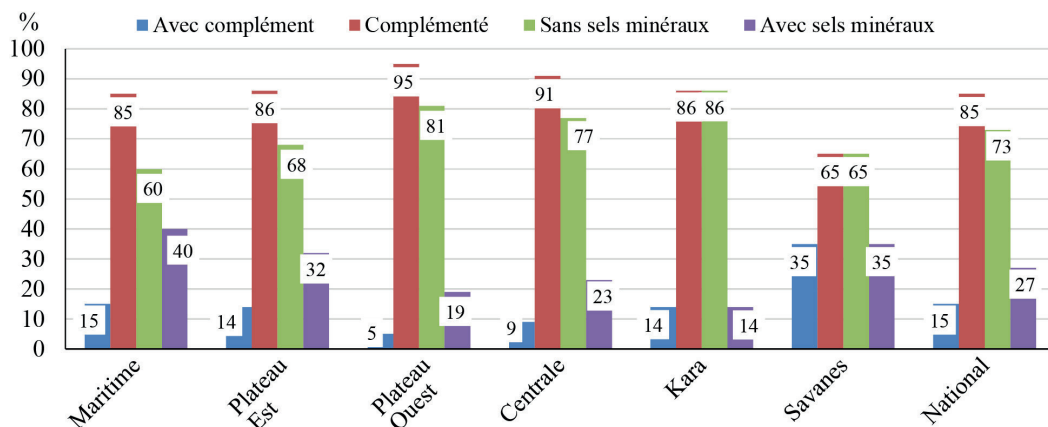


Figure 3 : répartition des éleveurs distribuant des compléments alimentaires et des sels minéraux selon les régions (Togo).

La conduite des caprins au pâturage à l'instar des ovins était rare ; elle a été observée chez 2 % des éleveurs (tableau IV). Dans ces élevages, les caprins Djallonké dormaient avec les caprins Sahéliens et/ou les ovins dans le même enclos. Dans la majorité des élevages, les caprins étaient soit mis au piquet (mode le plus pratiqué dans la partie nord du pays, figure 4), soit mis sous système d'affouragement pendant la saison des cultures (figure 5). Les enfants et les femmes se chargeaient de la cueillette des feuilles et des herbes, puis de l'abreuvement. Les caprins se nourrissaient d'herbe ou de feuilles mortes qu'ils trouvaient lors de la divagation. Pendant la saison des cultures, dans les élevages pratiquant la claustration, les caprins étaient nourris avec des branchages, des palmes et des graminées comme *Panicum maximum*, *Pennisetum* sp. Un faible niveau d'investissement dans l'alimentation de qualité des animaux (absence de bons compléments alimentaires, rareté de la complémentation minérale à base de pierre à lécher, c'était le sel de cuisine qui était souvent donné) a influencé la productivité. Les animaux recevaient souvent comme complément alimentaire des épluchures de manioc, du son de soja, de maïs ou de sorgho, ou du remoulage. Les déchets de récoltes (fanés d'arachide et de niébé) étaient souvent stockés et distribués aux animaux pendant la saison sèche, période au cours de laquelle le pâturage était maigre et où les caprins ne se contentaient plus des feuilles mortes et des écorces des arbres.

Les enfants allant encore à l'école amenaient les animaux en brousse pour les mettre au piquet le matin et les ramenaient le soir dans les abris. Les femmes âgées (les mères et les veuves surtout) jouaient



Figure 4 : mise au piquet d'une chèvre au nord du Togo.



Figure 5 : affouragement des caprins pendant la saison des cultures au Togo.

aussi un rôle important dans la surveillance des chèvres. Ces femmes, ménagères n'ayant pas d'activités génératrices de revenus spécifiques, étaient soit transformatrices de sorgho en bière locale, soit transformatrices de manioc en gari, soit de petites commerçantes qui disposaient aussi de petits champs de maïs, de riz, d'arachide ou de niébé. Elles s'occupaient de la mise au piquet des chèvres au cas où les enfants n'avaient pas pu le faire. Dans les situations de claustration, c'étaient toujours les enfants et leurs mères qui étaient chargés de l'affouragement, de l'abreuvement et du nettoyage des parcs. Dans les zones urbaines, les fourrages étaient soit coupés le long des rues ou des rivières, soit achetés au marché ou livrés par des revendeuses au niveau des maisons. Chez les éleveurs non mariés, les animaux étaient sous la surveillance de leur mère ou des jeunes frères et sœurs. La plupart des éleveurs considéraient les caprins comme une source de revenus rapides donc une épargne facilement accessible. Dans les régions des Savanes, l'eau est rare en saison sèche et la chaleur très élevée (pouvant atteindre 45°C à l'ombre). Les animaux en divagation pour la recherche de quelques feuilles mortes revenaient à la ferme afin de recevoir quelques fanés d'arachide ou de niébé et boire de l'eau souvent servie dans des bassines, des abreuvoirs de fortune à base de bidons coupés ou de canaris cassés laissés devant la maison. En effet, les chèvres n'avaient pour aliment que les herbes qui à certaines périodes de l'année étaient de mauvaise qualité, voire rares (la quantité d'aliments servis en complément était insuffisante, voire absente par moment).

La complémentation du troupeau a varié selon l'âge de l'éleveur : les personnes plus âgées (plus de 55 ans) donnaient moins de compléments alimentaires que les plus jeunes (χ^2 , $p = 0,04$; tableau V). En effet, les jeunes éleveurs ayant suivi des séances de formation théoriques et pratiques organisées par l'Etat ou les ONG sur les bonnes pratiques d'élevage donnaient quelques compléments aux animaux.

Tableau V

Analyses statistiques selon l'âge de l'éleveur pour la complémentation alimentaire des caprins au Togo

Age des éleveurs	Complémentation alimentaire	
	Absente (%)	Présente (%)
Adultes	9,3	90,7
> 55 ans	22,2	77,8
χ^2 de Pearson	4,153	
Probabilité	0,042	
V de Cramer	0,179	

La complémentation minérale était rare chez les éleveurs. La plupart de ceux qui ont déclaré donner des minéraux à leurs caprins le faisaient de façon irrégulière. Elle était donnée sous forme de sel de cuisine mélangé ou saupoudré sur les compléments alimentaires (son de tchouk ou gousses de niébé surtout). Les pierres à lécher étaient souvent servies dans les fermes des éleveurs disposant d'un peu de moyens financiers ou dans les élevages dans lesquels il y avait un nombre important d'ovins conduits au pâturage. Les principales raisons évoquées par les éleveurs pour la non-distribution de complément minéral étaient l'ignorance de l'effet bénéfique de la pierre à lécher pour la productivité des animaux, sa non-disponibilité et son coût élevé, surtout dans les localités éloignées des grandes villes.

■ DISCUSSION

Le taux de femmes propriétaires de caprins a été supérieur à celui de 18 % rapporté dans les régions Kara et Savanes au Togo (Guinguouain, 2017). L'alimentation, la conduite, l'abreuvement et la surveillance des caprins par les enfants, les ménagères et les personnes plus âgées étaient une pratique généralisée dans la plupart des pays africains (Killanga et Traoré, 1999 ; Najari et Gaddour, 2008 ; Tchouamo et al., 2005 ; Wasso et al., 2018).

Par rapport au niveau d'instruction, la plupart des éleveurs avaient un niveau moyen (niveau du secondaire). Le taux d'éleveurs n'ayant pas fait de longues études était élevé et a confirmé que les activités agricoles étaient pratiquées par la population qui avait un niveau d'instruction moindre (Guinguouain, 2017). Les taux d'éleveurs non scolarisés dans les différentes régions ont été inférieurs à celui de 70 % rapporté dans la commune rurale d'Aït Bazza au Maroc (Nassif et al., 2011) et de 62,9 % dans les Hauts-Plateaux de l'Ouest Cameroun (Manjeli et al., 1994). Cependant au Cameroun dans la région Ouest, Tchouamo et al. (2005) ont signalé un taux de 76 % d'éleveurs de caprins instruits. Les femmes propriétaires des caprins de cette étude étaient les moins scolarisées. Cette situation confirme le fait que depuis longtemps en milieu paysan, l'éducation des filles n'est pas une priorité pour les parents. Elles s'occupent bien des animaux pour la mise au piquet ou l'apport d'affouragement et de l'eau, mais elles ignorent l'importance d'une bonne complémentation alimentaire et minérale.

La taille moyenne des effectifs enregistrée dans les élevages a varié de 4 à 60 têtes avec une moyenne de 18 têtes pour l'ensemble des éleveurs. Elle était supérieure à la moyenne de sept chèvres par ménage observée dans les Hauts-Plateaux de l'Ouest Cameroun (Manjeli et al., 1994), et de six chèvres par ménage en République démocratique du Congo (Wasso et al., 2018). Cette taille était cependant inférieure à la moyenne de 55 chèvres par éleveur signalée dans la commune rurale d'Aït Bazza au Maroc (Nassif et al., 2011). Le pourcentage d'éleveurs ayant un effectif supérieur à 10 têtes de caprins a varié selon les régions. Seulement dans les régions Kara et Savanes, plus de 30 % des éleveurs avaient un effectif inférieur à 10 têtes. Cette variation d'effectif selon la zone d'élevage a été signalée au Burkina (Tamboura et Berte, 1994).

Le problème de vol d'animaux, surtout de boucs, est rapporté notamment par Guinguouain (2017) au Togo, et Wassao et al. (2018) en RDC. Très peu d'éleveurs de caprins ont bénéficié de l'appui des projets pour les boucs et équipements d'élevage. Ceux ayant un effectif supérieur à 10 têtes ont reçu des appuis avec des boucs améliorateurs donnés par l'Etat et les ONG. En effet, entre 2012 et 2015, l'Etat togolais à travers PASA a procédé à la distribution chez les éleveurs de 2341 béliers et seulement 289 boucs géniteurs. La proportion des chèvres mères enregistrée dans les élevages a été voisine de celle trouvée au Sénégal par Ba Diao et al. (1994). Le taux d'absence de boucs entiers adultes dans les élevages a été supérieur à celui trouvé dans la région Ouest Cameroun (82 %) (Tchouamo et al., 2005).

Le faible taux de productivité des chèvres dans les élevages a été comparable à celui signalé au Cameroun (Manjeli et al., 1994). Il a été inférieur à 0,85 chevreau/chèvre enregistré au Sénégal (Tourrand et Landais, 1996). L'insuffisance de pâturage et la rareté de la complémentation alimentaire des caprins ont constitué un facteur limitant de l'élevage. Cette contrainte est aussi signalée pour les systèmes d'élevage au Sénégal (Tourrand et Landais, 1996). Le faible apport d'aliments complémentaires par les éleveurs a fait dire à certains auteurs que les caprins sont les « parents pauvres » en matière de complément alimentaire et de suivi sanitaire par rapport aux ovins et aux volailles, surtout dans les ménages où l'élevage des bovins n'est pas pratiqué (Gnanda et al., 2016).

La proportion des ménages disposant d'un abri pour les caprins dans notre étude a été plus élevée que celle de 66 % signalée au Burkina (Tamboura et Berté, 1994). Dans certains élevages, les caprins ont partagé l'abri le soir avec les ovins ou les bovins utilisés pour la culture attelée. Cette pratique a été observée lors des enquêtes dans la majorité des ménages de la région nord du pays. Le même abri était partagé dans le cas où les effectifs des différentes espèces étaient faibles, généralement moins de dix têtes par espèce. Cette pratique est aussi signalée en Sardaigne (Ligios et al., 2004). Dans certains cas, les chèvres étaient attachées au piquet au niveau du paturon ou du cou la nuit dans l'enclos, ou sous des arbres devant la ferme.

Dans les élevages où les chèvres sont modernes, les animaux sont bien abrités, l'entretien de ces parcs est plus ou moins régulier et les dépenses en fin de chaque campagne sont faibles pour leur entretien (Carl et Van den Burg, 2004). Ceci confirme les situations observées chez des éleveurs à Kolda (96,2 %) et à Fouta Djallon (100 %) qui ont construit des chèvres sur pilotis afin de faciliter la collecte du fumier et donc d'assurer une intégration agriculture et élevage (Missohou et al., 2000).

Pour certains éleveurs le rare recours aux interventions sanitaires a été semblable à celui signalé au Cameroun (Manjeli et al., 1994). Les principales raisons évoquées étaient la cherté des produits et des traitements, ainsi que la difficulté d'accès aux services vétérinaires, ou à l'insuffisance de compétences de certains aides vétérinaires, formés sur le tas par les vétérinaires installés dans les grandes villes, pour assurer les soins dans les milieux reculés. La PPR est aussi une contrainte au développement de l'élevage en RDC (Wasso et al., 2018). Les maladies rencontrées dans les élevages sont aussi enregistrées en station (Djagba et al., 2017). Le doute de l'efficacité de la vaccination pose le problème de la conservation du vaccin (la chaîne du froid) lors du transport du vaccin jusqu'au lieu de la vaccination. L'impact de la PPR comme l'une des principales causes de mortalités des caprins a été signalé en Afrique de l'Ouest par plusieurs auteurs (Traoré, 1985).

La complémentation alimentaire a été observée dans la majorité des élevages avec des sous-produits de récoltes et de transformation de ces récoltes (fanés d'arachides, drêche de boisson locale, déchets de cuisine). Cette pratique est rapportée par d'autres auteurs au Togo comme au Burkina (Guinguouain, 2017 ; Gnanda et al., 2016). Au Nigeria, le faible apport d'aliment ou de fourrage aux caprins a été signalé par Lawal-Adebawale (2012). Certains éleveurs argumentent que les chèvres sont capables de vivre sur des espaces avec un pâturage rare, car elles peuvent profiter des pâturages aériens ou des débris végétaux (Zakara, 1985). D'autres disent que les caprins ne mangent pas beaucoup ou qu'ils sont moins sensibles au déficit alimentaire que les ovins (Missohou et al., 2016). Le niveau de complément alimentaire enregistré a été supérieur à celui signalé au Cameroun par Manjeli et al. (1994). Les aliments utilisés étaient aussi ceux utilisés au Burkina Faso (Tamboura et Berte, 1994). Aucune complément alimentaire à base de provende ou de graines de coton n'a été rapportée dans ces élevages contrairement au 7 % des animaux qui bénéficient de l'apport de provende au Cameroun (Tchouamo et al., 2005) et aux caprins de la station de recherche de Kolokopé au Togo complémentés avec des graines de coton (Djagba et al., 2017). Au Sénégal, l'effet positif de la complément alimentaire sur les paramètres de productivité des troupeaux est documenté (Tourrand et Landais, 1996). La rareté de distribution des pierres à lécher est signalée au Nord Togo aussi par Guinguouain (2017). Ce taux est plus élevé que celui de 2,8 % signalé au Burkina (Tamboura et Berte, 1994).

Dans la majorité des élevages visités, les animaux étaient sous surveillance pendant la saison des cultures (avril à novembre). La clausuration a surtout été observée dans le sud du pays. Les animaux enfermés dans des enclos le plus souvent de fortune étaient nourris de

feuilles, de branchages et de déchets de cuisine (Guingouain, 2017). Dans certains élevages, ils étaient libérés tôt le matin ou tard le soir pour pâturer autour des terrains d'école ou des maisons sur les terres laissées en jachère, et enfermés au retour à la ferme. Ce système a aussi été signalé au Nigeria (Lawal-Adebowale, 2012 ; Guingouain, 2017). L'attache au piquet est une méthode très pratiquée dans le nord du pays et dans le sud par certains éleveurs, immigrés des zones nord, à la recherche de terres pour les cultures. Cette observation a été faite aussi au nord du pays (Guingouain, 2017).

Les éleveurs expliquaient la non-conduite des caprins au pâturage, d'une part, par leur effectif faible dans les ménages et, d'autre part, par leur caractère difficile à conduire en groupe (préjugé sur la race Djallonké). Il a été constaté que dans certaines localités rurales dans la région des Plateaux, les animaux étaient en divagation totale. Dans ces villages, la communauté interdisait les cultures dans les cours des maisons afin de faciliter l'élevage des petits ruminants et des porcs.

Dans l'ensemble des élevages, en fin de saison des cultures, les caprins étaient en divagation et valorisaient ainsi les résidus de culture, les feuilles mortes des arbres et les repousses après les feux de brousse. Cette pratique est aussi signalée par Killanga et Traoré (1999) au Burkina Faso, et Guingouain (2017) au Nord Togo. La divagation totale des caprins est rapportée dans plus de 5 % des élevages au Cameroun (Manjeli et al., 1994). La conduite des chèvres Sahéliennes au pâturage en groupe est une pratique courante (Ba Diao, 1991), et leur présence au sein d'un troupeau permet l'adaptation rapide des chèvres Djallonké présentes.

■ CONCLUSION

L'élevage des caprins au Togo est basé sur la production de viande. La croissance démographique avec la réduction des jachères et le caractère grégaire de la chèvre Djallonké expliquent l'absence d'éleveurs entrepreneurs pour les caprins au Togo. Le non-entretien des abris des animaux, l'apport faible de compléments alimentaires et minéraux de qualité, le manque de soins vétérinaires appropriés et aussi le manque de boucs améliorateurs dans la plupart des élevages enquêtés sont les contraintes pour l'amélioration de la productivité de ces élevages. Aussi, le manque d'enregistrement des données (naissances, mortalités, ventes, pertes, dépenses pour soins ou achats d'intrants) ne permet pas le calcul de la productivité et/ou de la rentabilité.

La forte implication des jeunes et le taux élevé d'éleveurs instruits indiquent que l'élevage des caprins a de l'avenir au Togo. Il est donc nécessaire de procéder à une vaste campagne de sensibilisation et surtout de formation sur les bonnes pratiques d'élevage selon des itinéraires techniques adaptés aux conditions socioéconomiques et d'élevage des différentes régions. La détermination du calendrier de prophylaxie (surtout la lutte contre les parasites internes et externes) adapté aux différentes zones agroécologiques du pays est nécessaire. La promotion de la formation des associations d'éleveurs ou de plateforme élevage de caprins permettra de réduire certains frais de soins ou d'intrants alimentaires pour les animaux. Une mesure politique fixant un prix favorable du kilogramme de poids vif de l'animal à la vente est une piste en vue de la relance de la filière caprine.

Remerciements

Nous remercions le Programme de productivité agricole de l'Afrique de l'Ouest pour le Togo pour son soutien qui nous a permis de faire les enquêtes sur le terrain. Nos remerciements vont aussi au Dr Akan-tetou, directeur du Centre de recherche agronomique des savanes humides pour toutes les facilités qu'il nous a accordées lors de nos déplacements sur le terrain. Nous remercions également Z. Koffi, chercheur au Programme national coton, S. Boma, chercheur à

l'Institut togolais de recherche agronomique, M. Gamado, technicien au Programme national ovins-caprins, et les éleveurs et conseillers agricoles qui nous ont accompagnés pendant cette étude.

Déclaration des contributions des auteurs

AYD : conception, collecte des données, analyse et interprétation des données, et rédaction de la première version du manuscrit ; BB et AK : planification, révision critique du manuscrit et accord final de la version à publier ; HB : planification, interprétation des résultats et révision critique du manuscrit ; KN : collecte des données, analyse et interprétation des données.

REFERENCES

- Alexandre G., Arquet R., Fleury J., Troupé W., Boval M., Archimède H., Mahieu M., et al., 2012. Systèmes d'élevage caprins en zone tropicale : analyse des fonctions et des performances. In : *Elevage caprin* (eds Baumont R., Sauvant D.). *Prod. Anim.*, **25** : 305-316
- Ba Diao M., 1991. Les systèmes d'élevage dans la zone des Niayes au Sénégal. ISRA, Dakar, Sénégal (Etudes et documents ; 4)
- Ba Diao M., Gueye A., Seck M., 1996. Facteurs de variation de la production laitière des caprins en milieu Peul. In: Proc. 3rd Biennial Conf. African Small Ruminant Research Network (Eds Lebbie S.H., Kagwini E.), Kampala, Uganda, 5-9 Dec. 1994. ILRI, Nairobi, Kenya, 117-129
- Barry M.B., 1985. Le rôle des petits ruminants dans la stratégie d'intensification des systèmes de production en Côte d'Ivoire. In: Proc. Conf. Small Ruminants in African Agriculture (Eds. Wilson R.T., Bourzat D.), Addis Ababa, Ethiopia, 30 Sept.-4 Oct. 1985. ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, 199-206
- Carl J., Van den Burg K., 2004. L'élevage de chèvres dans les zones tropicales. Digigrafi, Wageningen, Pays-Bas, 103 p.
- Chetroui R., Călin I., Niculescu G.C., 2013. Worldwide trends and orientations of raising goats. Munich Personal RePEc Archive Online, Germany (MPRA Paper 53460)
- Djagba A.Y., Bonfoh B., Aklikokou K., Bassowa H., Koffi K.Z., 2017. Facteurs agissant sur la mortalité des chevreaux Djallonké et croisés Djallonké et Sahélien à la station de Kolokopé. *Tropicicultura*, **35** (4) : 325-336
- FAOstat, 2017. Statistical database, www.fao.org (consulté 25 mars 2018)
- Gnanda B.I., Wereme N'Diaye A., Sanon H.O., Somda J., Nianogo J.A., 2016. Rôle et place des caprins dans les ménages au Sahel. *Tropicicultura*, **34** (1) : 10-25
- Guingouain C.H.G.L.N., 2017. L'élevage des petits ruminants en milieu paysan dans les régions de la Kara et des Savanes au Togo : Diagnostic technico-économique. Thèse Doct. Vét., Ecole nationale vétérinaire, Maisons-Alfort, France, 209 p.
- Killanga S., Traore A., 1999. Influence de la gestion et du statut socio-économique de l'agropasteur sur la productivité des ovins et des caprins au Mali Central. *Tropicicultura* (16-17) : 180-183
- Landais E., Bonnemaire J., 1996. La zootechnie, art ou science ? Entre nature et société, l'histoire exemplaire d'une discipline finalisée. *Courrier Environ.* INRA, **27** : 23-44
- Lawal-Adebowale O.A., 2012. Dynamics of ruminant livestock management in the context of the Nigerian agricultural system. In: *Livestock Production*. IntechOpen, London, UK, 61-80, doi: 10.5772/52923
- Ligios S., Carta A., Bitti P.L., Tuveri I., 2004. Description des systèmes d'élevage caprin en Sardaigne et évaluation des stratégies d'amélioration génétique. In : L'évolution des systèmes de production ovine et caprine : avenir des systèmes extensifs face aux changements de la société (ed. Dubeuf J.-P.). *Options Méditer. Sér. A*, (61) : 97-104
- Manjeli Y., Tegua A., Njwe R.M. ; Tchoumboue J., Ayong E.E., 1994. Enquête sur l'élevage caprin dans les hauts plateaux de l'Ouest du Cameroun. In: Proc. 3rd Biennial Conf. African Small Ruminant Research Network (Eds Lebbie S.H., Kagwini E.), Kampala, Uganda, 5-9 Dec. 1994. ILRI, Nairobi, Kenya, 99-103
- Missohou A., Ba A.C., Dieye P.N., Bah H., LO A., Gueye S., 2000. Ressources génétiques caprines d'Afrique de l'Ouest : systèmes d'élevage et caractères ethniques. In : XIIe Conf. int. sur la chèvre, Tours, France, 20-24 mai 2000

- Missohou A., Nahimana G., Ayssiwede S.B., Sembène M., 2016. Goat breeding in West Africa: A review. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **69** (1) : 3-18, doi : 10.19182/remvt.31167
- Montfort A., 1990. Connaissance de la chèvre naine guinéenne et de son élevage : proposition d'amélioration en Côte d'Ivoire à partir des données disponibles pour les pays côtiers des zones humides et subhumides d'Afrique de l'Ouest. Mém. DAA, Institut national agronomique, Paris-Grignon, France, 58 p.
- Najari S., Gaddour A., 2008. Principaux systèmes d'élevage caprin et ovin des régions arides tunisiennes. *Rech. Ruminants*, **15** : 185
- Nassif F., El Amiri B., Cohen N., 2011. L'élevage caprin à viande au Maroc : opportunités et perspectives (cas du caprin d'Ait Bazza). *Bull. Transfert Technol. Agric.* (193)
- Okello K.L., 1985. A survey of the productivity and functions of goats in Uganda. In: Proc. Conf. Small ruminants in African agriculture (Eds. Wilson R.T., Bourzat D.), Addis Ababa, Ethiopia, 30 Sept. - 4 Oct. 1985. ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, 208-217
- Otte M.J., Chilonda P., 2002. Cattle and small ruminant production systems in sub-Saharan Africa - a systematic review. FAO, Rome, Italy, 98 p.
- République togolaise, 2018. Plan national de développement 2018-2022, www.republiquetogolaise.com/pnd, 158 p
- Saidou O., Babafunso S., Galman O., Alaba A., Ishola M., 2006. West African Dwarf goat production under village conditions: 1. Characterisation and the establishment of breed standards. In: Conf. Int. Agric. Res. Dev., Bonn, Germany, 11-13 Oct. 2006
- Tamboura H., Berte D., 1994. Système d'élevage traditionnel caprin sur le Plateau Central du Burkina Faso In: Proc. 3rd Biennial Conf. African Small Ruminant Research Network (Eds Lebbie S.H., Kagwini E.), Kampala, Uganda, 5-9 Dec. 1994. ILRI, Nairobi, Kenya, 93-97
- Tchouamo I.R., Tchoumboue J., Lise T., 2005. Caractéristiques socio-économiques et techniques de l'élevage de petits ruminants dans la province de l'ouest du Cameroun. *Tropicicultura*, **23** (4) : 201-211
- Tourrand J.F., Landais E., 1996. Goat productivity in farming production systems of the Senegal River Delta. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **49** (2) : 168-173, doi : 10.19182/remvt.9535
- Traoré A., 1985. Causes de mortalités avant sevrage chez les ovins et caprins du système agropastoral du Mali central. In: Small Ruminants in Africa Agriculture (Ed. Wilson R.T., Bourzat D.). ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, 119-128
- Vanwarbeck O., 2008. Caractérisation technico-économique des élevages des chèvres laitières en Région de Wallonne. Bachelier Agronomie, option techniques et gestion agricoles, Haute Ecole de la Province de Liège, Belgique, 118 p.
- Wasso D.S., Akilimali J.I., Patrick B., Bajope J.B., 2018. Elevage caprin : Situation actuelle, défis et impact socioéconomique sur la population du territoire de Walungu, République Démocratique du Congo. *J. Appl. Biosci.*, 129 : 13050-13060, doi : 10.4314/jab.v129i1.8
- Yandia M.C., 2012. Analyse du système de commercialisation des caprins dans la ville de Bangui (Centrafrique). Mém. Master Prod. Anim. Dév. Durable, Université Cheikh Anta Diop, Ecole inter-Etats des sciences et de médecine, Dakar, Sénégal, 32 p.
- Zakara O., 1985. Les petits ruminants en République en Niger. In: Proc. Conf. Small ruminants in African agriculture (Eds. Wilson R.T., Bourzat D.), Addis Ababa, Ethiopia, 30 Sept. - 4 Oct. 1985. ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, 236-242

Summary

Djagba A.Y., Bonfoh B., Bassowa H., Aklidikou K., Kanour N. Assessment of goat rearing in a farming environment in Togo

Goats are the second most important livestock species after poultry in Togo. The availability of its meat is however rare. The Togolese State, through development projects, has initiated the recapitalization of the national short-cycle livestock. The objective of the study was to understand the weaknesses of goat-rearing practices in Togo with a view to proposing lines of research for its improvement and development. Surveys were thus conducted among 129 heads of households of both sexes. The breeders were farmers, employees or retired people. The surveys covered the entire country, taking into account its rainfall and plant diversity. Data on livestock practices, veterinary care, diseases and other constraints were collected. The results showed that 69% of the farmers were educated, 91% were married, and 26% of the owners were women. Family labor played an important role. Livestock activities were entrusted to women and children. The average household size was 18 goats. Adult goats made up 44% of the herd, compared to 2% of whole adult males. The weaning productivity rate was 0.54 kid per mother. The animals were provided with a shelter; in 85% of the farms they received periodic feed supplementation and in 27% of them a mineral supplement based on cooking salt. Veterinary care was observed in 64% of the farms. This study revealed some weaknesses in veterinary care, the use of improved sires and shelter availability. Training on technical itineraries for goat rearing is necessary to improve performance.

Keywords: goats, kids, West African Dwarf, productivity, Togo

Resumen

Djagba A.Y., Bonfoh B., Bassowa H., Aklidikou K., Kanour N. Evaluación de la situación de la cría de cabras en un medio campesino en Togo

En términos cuantitativos, las cabras constituyen la segunda especie de ganado en Togo después de las aves de corral. La disponibilidad de su carne sigue siendo rara. El Estado de Togo, a través de proyectos de desarrollo, ha iniciado el acrecentamiento del rebaño nacional de animales de ciclo corto. El objetivo del presente estudio fue conocer los puntos frágiles de las prácticas de cría de cabras en Togo, con el fin de proponer vías de investigación para su mejora y desarrollo. Se realizaron encuestas a 129 jefes de familia de ambos sexos. Los criadores eran campesinos, empleados o jubilados. Las encuestas se extendieron a todo el país, teniendo en cuenta la pluviosidad y la diversidad de plantas. Se recopilaron datos sobre prácticas de cría, atención veterinaria, enfermedades y otras limitaciones. Los resultados mostraron que el 69% de los criadores tenían educación, el 91% estaban casados y el 26% de los propietarios eran mujeres. El trabajo familiar jugó un papel importante. Las actividades relacionadas con la cría de animales se confiaron a mujeres y niños. El tamaño promedio del rebaño por hogar fue de 18 cabras. Las cabras adultas constituyeron el 44% del hato, contra 2% de machos adultos enteros. La tasa de productividad al destete fue de 0,54 cabrito por hembra. Los animales tenían refugio; en el 85% de las fincas recibieron periódicamente un suplemento alimenticio y en el 27% de estas un suplemento mineral a base de sal de cocina. Se observó cuidado veterinario en el 64% de las fincas. Este estudio reveló algunas debilidades en la atención veterinaria, el uso de reproductores mejorados y la disponibilidad de refugio. La capacitación con protocolos técnicos de la cría de cabras es necesaria para mejorar su rendimiento.

Palabras clave: caprinos, cabrito, Djallonke, productividad, Togo

Quality characteristics of the carcass of Beni-Guil sheep, a Protected Geographical Indication certified product of Eastern Morocco: Preliminary study

Kamal Belhaj^{1,3,*} Farid Mansouri^{1,2} Aziz Tikent^{1,3}
Abdellah Ouchatbi³ Mohamed Boukharta⁴
Caid Hana Serghini¹ Ahmed Elamrani¹

Keywords

Beni-Guil sheep, carcasses, meat quality, designation of origin, Morocco

Submitted: 21 December 2018
Accepted: 27 October 2019
Published: 24 February 2020
DOI: 10.19182/remvt.31843

Summary

The objective of the study was to evaluate, for the first time, the qualitative, objective and subjective characteristics of the carcass and meat of the Beni-Guil sheep breed, originating in Eastern Morocco. The study was conducted with 105 ewes and ewe lambs with a mean age of 21.5 months (8–36 months), and a mean weight of 32.55 kg. pH measurements were taken one hour and 24 hours after slaughter. The mean values obtained were 6.76 and 5.78, respectively. The mean hot (HCW) and cold (CCW) carcass weights and corresponding yields were 15.82 kg (48.6%) and 15.52 kg (47.7%), respectively. Shrinkage loss was 1.9%. Linear measurements showed that the Beni-Guil had a mean carcass length (K) and width (G) of 63.7 and 17.3 cm, respectively, with a carcass compactness index 1 (G/K) and 2 (CCW/K) of 0.27 and 243.60 g/cm, respectively. Finally, according to the EUROP sheep carcass classification grid, the carcasses examined showed conformations between fairly good (O) and good (R), a bright red color, a firm white fat cover, and a fatness score of 3.42. The results highlighted the characteristics of the Beni-Guil ewe carcass, which are sought by professionals and consumers.

■ How to quote this article: Belhaj K., Mansouri F., Tikent A., Ouchatbi A., Boukharta M., Serghini C. H., Elamrani A., 2020. Quality characteristics of the carcass of Beni-Guil sheep, a Protected Geographical Indication certified product of Eastern Morocco: Preliminary study. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (1): 21-26, doi: 10.19182/remvt.31843

■ INTRODUCTION

In Morocco, the livestock sector is an essential asset in terms of agricultural turnover. It plays a very important role in rural socioeconomic development including food supply, employment, soil fertilization, and crop production. Livestock production systems range from intensive to

extensive and mainly involve sheep and goats. The Moroccan national sheep flock is estimated at 29 million head (HCP, 2017) among which 99% depends essentially on pastures and fallows (Boujenane, 2005). Sheep livestock is generally destined for meat production where the majority of the males are intended for the feast of the sacrifice, and about 25% of female lambs are reserved to replace the elderly ewes. The rest are fattened and intended for slaughter to supply the red meat markets throughout the year. Sheep meat production is estimated at 130,000 tons/year, representing 11% of the total national meat production (HCP, 2017). The highlands of Eastern Morocco are covered with a steppe ecosystem. In this region, sheep breeding represents the main agricultural activity that accounts for more than 17% of the Moroccan ruminant population (Boulanouar and Paquay, 2006). The production system is chiefly a semi-extensive to extensive system, based on pastoralism with transhumance practice, grazing sites being typically lowlands in winter and highlands in summer.

The Beni-Guil breed is a medium size sheep with phenotypic characteristics including a white fleece, glabrous and brown limbs, head and belly (Figure 1). This breed prevails in Eastern Morocco with around

1. Department of Biology, Faculty of Sciences, University Mohammed First, BP 717, 60 000 Oujda, Morocco.

2. Laboratory of Biochemistry, National Agency of Medicinal and Aromatic plants, Taounate, Morocco.

3. Veterinary Service, National Office for Food Safety, Oujda, Morocco.

4. Institute of Agricultural Industries, High School of Charlemagne, Huy, Belgium.

* Corresponding author

Tel.: +212 707 789 094; Fax: +212 536 500 603

Email: belhaj.kamal90@gmail.com



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



Figure 1: Beni-Guil ewe (18 months old) with its lamb in Eastern Morocco. © K. Belhaj

two million head (ANOC, 2018). The Beni-Guil has been integrated in the national program of genetic improvement since 1980. The aims are the preservation of local breeds, genetic improvement, and increase in red meat production (Boulanour and Paquay, 2006). This program is operated by the National Association for Sheep and Goat breeders (ANOC), which currently includes 1719 breeders of Beni-Guil sheep located in the main grazing areas of Northeastern Morocco.

The Green Morocco Plan, led by the Ministry of Agriculture since 2008, enabled local agricultural products to benefit from labeling such as the Protected Geographical Indication (PGI) and the Protected Designation of Origin (PDO or organic farming) in order to preserve and promote rural agriculture breeding systems. The PGI certificate refers to agricultural products and foodstuffs whose characteristics are linked to the geographical areas where at least their production and/or processing took place. Beni-Guil sheep meat is one of the most popular ovine meat in Morocco. Since 2011, it has the PGI label because of its organoleptic and nutritional qualities (Belhaj et al., 2018). There are many studies about this breed, but they mainly investigate husbandry practices such as mating, lambing, and weaning (Guessous et al., 1989; Boujenane et al., 1998; Boujenane, 2005). On the other hand, apart from consumers' appreciation, there is little data on Beni-Guil carcass and meat quality. In meat markets, it is known that the meat color, carcass fat cover color and muscles development are the main quality parameters perceived by professionals and consumers for meat purchase.

Despite PGI labeling, additional research-based data is needed to promote scientifically this breed, which was the goal of this study. The study was thus carried out to determine the subjective and objective characteristics of carcasses of Beni-Guil ewes and lambs.

■ MATERIALS AND METHODS

Animal material

Animals in Eastern Morocco are mainly reared on natural highlands in an arid to semi-arid environment. The lambing season mainly occurs from September to December. The average lambing rate is 98% and the mortality rate from birth to weaning is 2%. Apart from natural pastures, ewes' diet is supplemented with 150–250 g per day of alfalfa hay and barley during droughts, connecting periods, and at physiological stages such as at the time of preparation for breeding (flushing) and lambing (steaming). Four weeks before parturition, ewes receive barley supplementation to avoid abortions, as well as to improve milk production and quality. Fifteen days after lambing, the

lambs are vaccinated against enterotoxemia. In the first two months of age, they stay in the sheepfold during the day and receive a supplement based on barley and alfalfa hay *ad libitum*. In the third month of age, they are reared with their mothers until weaning at the age of three months. They graze on natural grassland pastures with additional feed based on barley (100–120 g/day) and hay. Before slaughter, the lambs undergo a finishing phase of 45 days based on barley (1–1.5 kg/day). They have free access to water and mineral supplement in the form of lick blocks.

One hundred and five carcasses of Beni-Guil ewes and ewe lambs were examined. They had been randomly selected from two slaughterhouses between February and June, 62 in Oujda and 43 in Jerrada, in Eastern Morocco (Figure 2). Sheep belonged to ANOC members (nine farms randomly chosen) and their mean age was about 21.5 months (8–36 months). The animals underwent a resting period under a water diet for 16–24 h before slaughter using the Halal method. In the first hour postmortem, the hot carcass weight (HCW) was recorded. Carcasses were kept in the slaughterhouse at ambient temperature for 3 to 4 h. They were then transferred into a cold storage room at 6°C for 20 h. The cold carcass weight (CCW) was recorded 24 h postmortem.

Objective carcass measurements

The live weight (LW), HCW and CCW were used to calculate the hot and cold carcass yields (HCY and CCY, or hot and cold dressings, respectively), using the following formulas: $HCY = (HCW/LW) \times 100$ and $CCY = (CCW/LW) \times 100$. The hot dressing is the economic yield and the cold dressing is the commercial yield.

The percentage of shrinkage loss was calculated thus: $(HCW - CCW) \times 100 / HCW$ according to Carrasco et al. (2009). pH measurements were taken one hour (pH1) and 24 hours postmortem (pH24) in the *longissimus lumborum* muscle between ribs 12 and 13, by a portable pH meter (pH/Cond 340i WTW, Weilheim, Germany) equipped with a penetration electrode.

The meat color was measured 24 hours postmortem on the carcass fresh surface, precisely on the *longissimus lumborum* (between ribs 11 and 13) with three readings for each carcass using coordinate indices: L* (lightness) a* (redness) and b* (yellowness). These coordinates were determined by a Chromameter (Konica Minolta CR400). To determine the myoglobin concentration and chemical status chromaticity ($C^* = a^{*2} + b^{*2}$)^{0.5} and hue angle ($\arctan [b^*/a^*]$) were calculated according to Calnan et al. (2016).

Carcass linear measurements (Figure 3) were taken 24 hours postmortem according to Colomer-Rocher et al. (1988). Length (K) and width (G) of carcasses were measured as well as leg length (F). According to Colomer-Rocher et al. (1988) and Alexandre et al. (2008), the carcass and the leg compactness indexes (CCI1, LCI), were expressed as the G/K and G/F ratios, respectively. A second method based on the cold carcass weight and carcass length was used to determine the carcass compactness index (CCI2), as follows: $CCI2 = CCW/K$ (Cezar and Sousa, 2007).

Subjective carcass measurements

Sheep carcasses were subjectively scored by a trained assessor under the supervision of a veterinarian, according to notation scales: i) the fatness scale (1 = very low, 2 = low, 3 = average, 4 = high, 5 = very high) (Colomer-Rocher et al., 1988; D'Alessandro et al., 2013); ii) the conformation scale from 1 (poor) to 5 (excellent) according to EUROP classification (E = excellent, U = very good, R = good, O = fair, P = poor) (Colomer-Rocher et al., 1988; D'Alessandro et al., 2013); iii) the carcass color according to European Union photographic standards (1 = very light red, 2 = light red, 3 = bright red, 4 = dark red) (Moëvi, 2006); iv) the cover fat quality according to

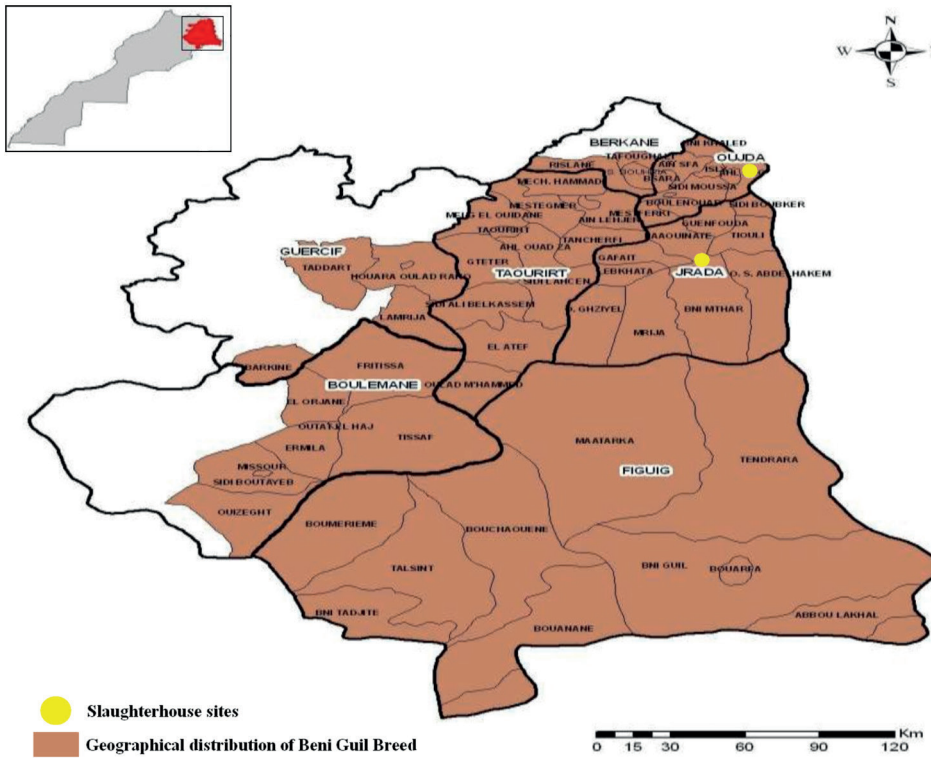


Figure 2: Eastern Morocco (in red and enlarged) showing the distribution of the Beni-Guil sheep breed and the localization of the slaughterhouses of the study area. © Adapted by K. Belhaj

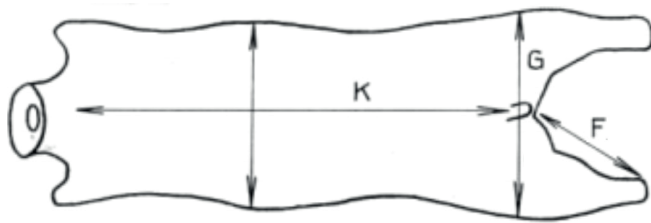


Figure 3: Zoometric linear measurements of the Beni-Guil ewe carcass. K (length): 63.7 cm; G (width): 17.3 cm; F (leg length): 30.59 cm. © Colomer Rocher et al., 1988

the European scales established by the Centre interrégional d'information et de recherche en production ovine (color: 1 = very white, 2 = slightly colored, 3 = partially colored, 4 = strongly colored; firmness: 1 = hard, 2 = firm, 3 = soft, 4 = very soft and oily) (Carrasco et al., 2009; Sagot and Pottier, 2011a; Sagot and Pottier, 2011b). The results were the means and standard deviations of the subjective and objective measurements recorded for carcasses and meat quality parameters (pH, temperature, meat color). Meat quality parameters were carried out in triplicates.

RESULTS

Objective carcass characteristics

Table I shows the mean values of the live sheep, and hot and cold carcass weights (32.55 kg, 15.82 kg, and 15.52 kg, respectively), and the percentage of hot and cold dressings, and shrinkage loss (1,9%). Table II shows the mean values of carcass measurements and indexes.

Subjective carcass characteristics

Professionals of the meat market seek well-muscled carcasses with an elevated percentage of lean meat and a medium degree of fatness. In

Table I

Weight characteristics of sheep carcasses of Beni-Guil sheep (n = 105), Eastern Morocco

Parameter	Mean ± SD	Min.	Max.
Live weight (kg)	32.55 ± 9.33	17.35	48.58
Hot carcass weight (kg)	15.82 ± 4.8	7.91	25.31
Cold carcass weight (kg)	15.52 ± 4.7	7.77	24.1
Hot dressing (%)	48.60 ± 0.01	43.1	51.03
Cold dressing (%)	47.68 ± 0.01	41.89	49.96
Shrinkage loss (%)	1.90 ± 0.8	0.66	2.91

SD: standard deviation; Min.: minimum; Max.: maximum

Table II

Mean values of carcass measurements and calculated carcass indexes of Beni-Guil sheep (n = 105), Eastern Morocco

Parameter	Mean ± SD	Min.	Max.
Carcass width (G) (cm)	17.28 ± 2.56	13	23
Carcass length (K) (cm)	63.70 ± 6.34	56	75
Leg length (F) (cm)	30.59 ± 2.39	26	35
Leg compactness index (G/F)	0.56 ± 0.10	0.47	0.63
Carcass compactness index1 (G/K)	0.27 ± 0.20	0.17	0.32
Carcass compactness index2 (CCW/K) (g/cm)	243.6 ± 52.76	138.75	277.75

SD: standard deviation; Min.: minimum; Max.: maximum; CCW: cold carcass weight

our study, as indicated in the methods, a trained assessor had been in charge of subjective carcass evaluation (fatness state, conformation, color, and cover fat). Table III shows the observed subjective traits of Beni-Guil carcasses. According to EUROP fatness scale, the carcass fatness ranged from average to high (mean of 3.42), the conformation was fair to good (mean of 2.39), and the cover fat was white and firm.

Meat quality assessment

Table IV shows the pH and color-parameter mean values obtained for Beni-Guil sheep meat.

Table III

Subjective traits of Beni-Guil sheep carcasses (n = 105), Eastern Morocco

Parameter	Mean ± SD	Min.	Max.
EUROP conformation score ¹	2.39 ± 0.49	2	3
EUROP fatness score ²	3.42 ± 0.52	2	4
Fat color	White	–	–
Fat firmness	Firm cover fat	–	–
Carcass color ³	3.41 ± 0.48	2	4

SD: standard deviation; Min.: minimum; Max.: maximum

¹ E = 5, U = 4, R = 3, O = 2, P = 1; ² 1 = very low; 2 = low; 3 average; 4 = high; 5 = very high; ³ 1 = very light red, 2 = light red, 3 = bright red, 4 = dark red

Table IV

Mean values of physical parameters of Beni-Guil sheep carcasses (n = 105), Eastern Morocco

Parameter	Mean ± SD	Min.	Max.
Temperature (°C)	34.89 ± 1.10	31.70	36.70
pH1	6.76 ± 0.70	6.67	6.91
pH24	5.78 ± 0.10	5.63	5.89
L* (lightness) ¹	41.54 ± 0.41	40.04	42.02
a* (redness) ¹	21.09 ± 0.47	19.28	22.27
b*(yellowness) ¹	7.66 ± 0.47	5.96	8.77
Chromaticity ²	22.44 ± 0.49	20.18	23.45
Hue angle ³	19.93 ± 1.23	17.17	22.55
a*/b*	2.77 ± 0.19	2.41	3.23

SD: standard deviation; Min.: minimum; Max.: maximum

¹ Scales; a* and b*: –60 to 60; L*: 0 to 100; ² Chromaticity: 0–60; ³ Hue: 0°–360°

DISCUSSION

In this preliminary study, which aimed to obtain the average data on the objective and subjective quality characteristics of the Beni-Guil sheep carcass, no consideration was given to differences in rearing conditions, slaughter age or slaughter period. Therefore, the collected data represented a general average, without taking into account the possible variations according to the above-mentioned criteria.

The average values of live weight at slaughter, and hot and cold carcass weights showed that the carcass size was small to medium. This carcass type is often sought after in local markets and by consumers in Eastern Morocco. In livestock destined for slaughter, the dressing is a valuable criterion for the quality assessment of sheep carcasses.

Farmers ought to know the importance of carcass yield and chilling loss. In addition, the dressing percentage gives professionals information on potential commercial transactions and profitability. Slaughterhouse traders and butcher retailers often pay for carcass yield.

The 47.7% cold dressing value was similar to that of 46.5% recorded in Kivircik sheep, a Turkish breed (Ekiz et al., 2013), and of 49.4% in Spanish Florida sheep (Peña et al., 2007). Carcass postmortem chilling losses are a major problem in the meat industry. It is caused by drip loss and water evaporation. From an economic point of view, the assessment and mastering of this critical parameter are very important. In this study, the average rate of shrinkage loss was 1.9% with a minimum of 0.66% and a maximum of 2.91%. Thus it was low for the Beni-Guil compared to those of 4.92% for the Chilote Chilean (Ramírez-Retamal et al., 2013), 3.24% for the Kivircik Turkish (Ekiz et al., 2013), and 2.35% for the Leccese Italian breeds (D'Alessandro et al., 2013). The low shrinkage loss for the Beni-Guil can be explained by the cover fat quality of carcasses and fatness state, which are related to the breed as an endogenous factor, and to many exogenous factors such as late weaning, animal feeding (grazing contributes to the cover fat hardness), cooling room management, and carcass chilling.

The conformation score is an important parameter for carcass quality assessment (Flamant and Bocard, 1966). In our study the average value of 2.39, with 28.1% in R-conformation and 71.9% in O-conformation, reflected a fair to good muscle development. Linear and weight measurements enabled calculating the compactness indexes which confirmed the subjective conformation observed. Furthermore these results showed that Beni-Guil carcasses exhibited good compactness indexes (LCI and CCI2) compared to those reported by Mebirouk-Boudechiche et al. (2008) for the Berber Algerian breed. Nevertheless, LCI, CCI1 and CCI2 values for Beni-Guil sheep were lower than those reported by Alexandre et al. (2008) for the Martinik French breed.

The meat industry requests well-muscled carcasses with a high proportion of lean meat and some degree of fatness to prevent weight loss during cold storage (Peña et al., 2007). The mean fatness score of Beni-Guil carcass was 3.42 according to EUROP fatness scale, with rates of 1.5% in class 2, 54.7% in class 3, and 43.8% in class 4. The cover fat showed that Beni-Guil carcass had a high fat quality (white and firm), a characteristic well appreciated by professionals and consumers. These results were comparable to those reported by Carrasco et al. (2009) for the Churra Spanish PGI breed.

Meat pH is a determinant factor for its quality. It affects meat organoleptic properties (color, juiciness, tenderness, and flavor). The mean values of pH1 (6.76) and pH24 (5.78) showed normal postmortem glycolysis of Beni-Guil sheep meat, and reflected normal (stressless) slaughter conditions in Eastern Moroccan slaughterhouses. These results are comparable to values reported by other authors (Žgur et al., 2003; Mazzette et al., 2005; Sen et al., 2011). Similarly, color is the best indicator for meat quality and freshness (Clinquart et al., 2000; Coibion, 2008). Consumers often use it as a quality index as it varies depending on the muscle pH evolution. The ultimate pH (pH24) is closely related with meat color, because it has a direct influence on muscle protein weft (superficial state of the meat) and consequently on light penetration into muscle. A pH24 close to the pHi (isoelectric) of meat protein allows a good light reflection, thus the bright red meat color sought after by meat markets.

In this study, the subjective results obtained for the carcass meat color matched the objective measurements. There was a predominance of the red color (a*/b* ratio), oxymyoglobin richness (hue angle), and optimal meat color (chromaticity) (Salifou et al., 2013). Our results for meat color agreed with those of Moëvi (2006) who reported values of 28–30 for dark red meat and 50–55 for very light red meat.

The halal slaughtering method can partially explain this result as it enables blood evacuation and thus decreases muscle pigment concentration. Calnan et al. (2016) observed that an increase in myoglobin concentration increases the red color intensity.

■ CONCLUSION

These results constitute a preliminary study on carcass and meat characterization of Beni-Guil sheep reared and slaughtered in Eastern Morocco. This breed has an average conformation, a medium to high fatness state and a high quality of carcass cover fat. Protected by the PGI label, it is well adapted to sheep transhumance and constitutes the main source of food and income for rural farmers in the area, particularly for local people who continue to live in a very traditional way as nomadic breeders.

Acknowledgments

We are grateful to Wallonie Bruxelles International for the financial support (WBI-Project I-6, 2015-2017). Our thanks are also due to the Office national de sécurité sanitaire des produits alimentaires, Eastern area, and slaughterhouse staffs for facilitating access to facilities, supervision of this work, and practical assistance. Equal thanks go to ANOC for their collaboration.

Conflicts of interest

The authors declare that there are no conflicts of interest associated with this study.

Author contributions statement

KB and AE conceived and designed the work; KB, AT and AO collected the data; KB and FM analyzed and/or interpreted the data; KB and AE drafted the article; CHS and MB critically revised the article.

REFERENCES

- Alexandre G., Bocage B., Coppy O., Weisbecker J.L., Mahieu M., Archimède H., 2008. Parameters of carcass cuts and measurements of Martinik lambs managed under intensive conditions. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **61** (2): 121-126, doi: 10.19182/remvt.9998
- ANOC, 2018. Beni Guil « Daghma ». Association nationale ovine et caprine, www.anoc.ma/les-races/races-ovines/beni-guil/ (accessed 7 Jul. 2018)
- Belhaj K., Mansouri F., Ben Moumen A., Fauconnier M.-L., Boukharta M., Caid H.S., Sindic M., et al., 2018. Physicochemical and nutritional characteristics of Beni Guil lamb meat raised in eastern Morocco. *Mediterr. J. Nutri. Metab.*, **11**: 175-185, doi: 10.3233/MNM-17195
- Boujenane I., 2005. Small ruminant breeds of Morocco. In: Characterization of small ruminant breeds in West Asia and North Africa (Ed. Iniguez L.). Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, Morocco, 454-497
- Boujenane I., Berrada D., Mihi S., Jamaï M., 1998. Reproductive performance of ewes and preweaning growth of lambs from three native Moroccan breeds mated to rams from Moroccan and improved breeds. *Small Rumin. Res.*, **27** (3): 203-208, doi: 10.1016/S0921-4488(97)00052-7
- Boulanour B., Paquay R., 2006. L'élevage du mouton et ses systèmes de production au Maroc. Institut national de la recherche agronomique, Rabat, Morocco, 348 p.
- Calnan H., Jacob R.H., Pethick D.W., Gardner G.E., 2016. Production factors influence fresh lamb *longissimus* colour more than muscle traits such as myoglobin concentration and pH. *Meat Sci.*, **119**: 41-50, doi: 10.1016/j.meatsci.2016.04.009

- Carrasco S., Ripoll G., Sanz A., Alvarez-Rodríguez J., Panea B., Revilla R., Joy M., 2009. Effect of feeding system on growth and carcass characteristics of Churra Tensina light lambs. *Livest. Sci.*, **121** (1): 56-63, doi: 10.1016/j.livsci.2008.05.017
- Cezar M.F., Sousa W.H., 2007. Carcaças ovinas e caprinas: obtenção, avaliação e classificação. *Agropecuária Tropical*, Uberaba, Brazil, 231 p.
- Clinquart A., Leroy B., Dottrepe O., Hornick J.L., Dufrasne I., Istasse L., 2000. Les facteurs de production qui influencent la qualité de la viande des bovins Blanc Bleu Belge. In : Journée Cesam L'élevage du Blanc Bleu Belge, 26 mai 2000. Cesam, Paris, France, 19 p.
- Coibion L., 2008. Acquisition des qualités organoleptiques de la viande bovine : adaptation à la demande du consommateur. Thèse Doct., Ecole nationale vétérinaire, Toulouse, France, 97 p.
- Colomer-Rocher F., Morand-Fehr P., Kirton A.H., Delfa R., Sierra Alfranca I., 1988. Métodos normalizados para el estudio de los caracteres cuantitativos y cualitativos de las canales caprinas y ovinas. *Cuadernos INIA*, **17**: 9-41
- D'Alessandro A.G., Maiorano G., Ragni M., Casamassima D., Marsico G., Martemucci G., 2013. Effects of age and season of slaughter on meat production of light lambs: Carcass characteristics and meat quality of Lecce breed. *Small Rumin. Res.*, **114** (1): 97-104, doi: 10.1016/j.smallrumres.2013.05.006
- Ekiz B., Demirel G., Yilmaz A., Ozcan M., Yalcintan H., Kocak O., Altinel A., 2013. Slaughter characteristics, carcass quality and fatty acid composition of lambs under four different production systems. *Small Rumin. Res.*, **114** (1): 26-34, doi: 10.1016/j.smallrumres.2013.05.011
- Flamant J.-C., Boccard R., 1966. Estimation de la qualité de la carcasse des agneaux de boucherie. *Ann. Zootech.*, **15** (1) : 89-113, doi : 10.1051/animes:19660106
- Guessous F., Boujenane I., Bourfia M., Narjisse H., Khaldi G., Aboul-Naga A.N., 1989. Small ruminants in the Near East. FAO, Rome, Italy, 147 p.
- HCP (Haut-Commissariat au Plan), 2017. Le Maroc en chiffres. www.hcp.ma/file/198609/ (accessed 16 June 2018)
- Mazzette R., Meloni D., De Santis E.P.L., Santercole V., Scarano C., Cosseddu A.M., 2005. Characterization of Sarda sheep carcasses used in the processing of meat products. *Vet. Res. Commun.*, **29** (2): 335-338, doi: 10.1007/s11259-005-0075-4
- Mebirouk-Boudechiche L., Araba A., Ouzrout R., 2008. Influence of the type of energy supplementation (date stones vs barley) on fattening performances and carcass characteristics of fattening Berber Lambs. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **61** (3-4): 209-214, doi: 10.19182/remvt.9991
- Moëvi I., 2006. Le point sur la couleur de la viande bovine. Interbev, Institut de l'élevage, Paris, France, 113 p.
- Peña F., Perea J., García A., Acero R., 2007. Effects of weight at slaughter and sex on the carcass characteristics of Florida suckling kids. *Meat Sci.*, **75** (3): 543-550, doi: 10.1016/j.meatsci.2006.09.004
- Ramírez-Retamal J., Morales R., Martínez M.E., de la Barra R., 2013. Effect of breed and feeding on the carcass characteristics of the Chilote breed lamb. *Chil. J. Agr. Res.*, **73** (1): 48-54, doi: 10.4067/S0718-58392013000100007
- Sagot L., Pottier E., 2011a. La grille de notation de la fermeté du gras des carcasses. <http://idele.fr/rss/publication/idelesolr/recommends/la-grille-de-notation-de-la-fermete-du-gras-des-carcasses.html> (accessed 22 Oct. 2018)
- Sagot L., Pottier E., 2011b. La grille de notation de la couleur du gras des carcasses. Idem 2011a
- Salifou C.F.A., Youssao A.K.I., Ahounou S.G., Tougan P.U., Farougou S., Mensah G.A., Clinquart A., 2013. Critères d'appréciation et facteurs de variation des caractéristiques de la carcasse et de qualité de la viande bovine. *Ann. Méd. Vét.*, **157** : 27-44
- Sen U., Sirin E., Ulutas Z., Kuran M., 2011. Fattening performance, slaughter, carcass and meat quality traits of Karayaka lambs. *Trop. Anim. Health Prod.*, **43** (2): 409-416, doi: 10.1007/s11250-010-9707-y
- Žgur S., Cividini A., Kompan D., Birtič D., 2003. The effect of live weight at slaughter and sex on lambs carcass traits and meat characteristics. *Agric. Conspec. Sci.*, **68** (3): 155-159

Résumé

Belhaj K., Mansouri F., Tikent A., Ouchatbi A., Boukharta M., Serghini C.H., Elamrani A. Caractéristiques qualitatives de la carcasse de mouton Beni-Guil, produit certifié Indication géographique protégée de l'est du Maroc : étude préliminaire

L'objectif de l'étude a été d'évaluer pour la première fois les caractéristiques qualitatives, objectives et subjectives de la carcasse et de la viande de la race ovine Beni-Guil, originaire de l'est du Maroc. L'étude a été réalisée avec 105 agnelles et brebis âgées en moyenne de 21,5 mois (8-36 mois) et d'un poids moyen de 32,55 kg. Les mesures du pH ont été prises une heure et 24 heures après l'abattage. Les valeurs moyennes obtenues ont été respectivement de 6,76 et 5,78. Les poids moyens de la carcasse chaude (PCC) et froide (PCF), et les rendements correspondants ont été respectivement de 15,82 kg (48,6 %) et 15,52 kg (47,7 %). La perte de poids au refroidissement a été de 1,9 %. Les mesures linéaires ont montré que la Beni-Guil avait en moyenne une longueur (K) et une largeur (G) de carcasse respectivement de 63,7 et 17,3 cm, avec des indices de compacité de carcasse 1 (G/K) et 2 (PCF/K) respectivement de 0,27 et 243,60 g/cm. Enfin, selon la grille de classification des carcasses ovines EUROP, les carcasses examinées ont présenté des conformations les situant entre les classes assez bonne (O) et bonne (R), une couleur rouge vif, un gras de couverture blanc et ferme, et une note d'engraissement de 3,42. Les résultats ont révélé les caractéristiques de la carcasse de la brebis Beni-Guil, lesquelles sont recherchées par les professionnels et les consommateurs.

Mots-clés : ovin Beni-Guil, carcasse, qualité de la viande, appellation d'origine, Maroc

Resumen

Belhaj K., Mansouri F., Tikent A., Ouchatbi A., Boukharta M., Serghini C.H., Elamrani A. Características de calidad de las carcasas de ovejas Beni-Guil, producto de Indicación Geográfica Protegida certificada del este de Marruecos: estudio preliminar

El objetivo del estudio fue evaluar, por la primera vez, las características objetivas y subjetivas de la calidad de la carcasa y la carne de la raza de ovejas Beni-Guil, originaria del este de Marruecos. El estudio se condujo con 105 ovejas y corderos hembras con una edad promedio de 21,5 meses (8-36 meses), y con un peso medio de 32,55 kg. Se tomaron medidas de pH una hora y 24 horas después del sacrificio. Los valores promedio obtenidos fueron 6,76 y 5,78 respectivamente. Los pesos medios de las carcasas calientes (PCC) y frías (PCF) y correspondientes rendimientos fueron 15,82 kg (48,6%) y 15,52 (47,7%) respectivamente. La pérdida por contracción fue de 1,9%. Las medidas lineares mostraron que las Beni-Guil presentaron una longitud media de la carcasa (K) y un ancho (G) de 63,7 y 17,3 cm respectivamente, con un índice de compactibilidad de 1 (G/K) y 2 (PCF/K) de 0,27 y 243,60 g/cm respectivamente. Finalmente, según la tabla de clasificación EUROP, las carcasas examinadas mostraron conformaciones entre bastante buena (O) y buena (R), un color rojo vivo, una capa de grasa blanca firme y un índice graso de 3,42. Los resultados subrayan las características de las carcasas de ovejas Beni-Guil, apreciadas por profesionales y consumidores.

Palabras clave: ovino Beni-Guil, canal animal, calidad del aire, denominación de origen, Marruecos

Coconception, installation et évaluation de banques fourragères arbustives pour l'alimentation des vaches laitières dans l'ouest du Burkina Faso

Olo Sib^{1,2,3,4} * Eliel González-García^{3,4}

Valérie M.C. Bougouma-Yameogo²

Mélanie Blanchard^{3,4} Eric Vall^{1,3,4}

Mots-clés

Bovin laitier, fourrage, plante d'abroustissement, expérimentation au champ, alimentation des ruminants, Burkina Faso

Submitted: 21 August 2018
Accepted: 11 September 2019
Published: 24 February 2020
DOI: 10.19182/remvt.31841

Résumé

Dans les élevages laitiers de l'ouest du Burkina Faso, la production de lait est limitée par un déficit fourrager en saison sèche. Cette étude visait à évaluer la faisabilité et la potentialité des banques fourragères arbustives (BFA) pour compléter l'alimentation des vaches laitières en saison sèche avec un fourrage de bonne valeur nutritionnelle. Un travail de coconception, d'installation et d'exploitation de BFA, composées de *Leucaena leucocephala* et de *Morus alba*, a été réalisé dans trois élevages de bovins laitiers de l'ouest du Burkina Faso. Les trois BFA ont été plantées à haute densité, avec 20 000 plants.ha⁻¹, en juillet 2016. La croissance a été rapide durant les sept premiers mois (saison des pluies et début de saison sèche). Au jour de plantation (jp) plus sept mois, *L. leucocephala* mesurait 145 ± 11 cm et *M. alba* 143 ± 72 cm. Puis, durant la saison sèche, la croissance s'est ralentie. Les caractéristiques du sol, le manque de pluies et la faible profondeur des lits de plantation expliquaient les différences de croissance observées selon les sites expérimentaux. Les attaques de termites (BFA3) et le passage du feu (BFA1) ont affecté le développement des BFA concernées sans les anéantir. La production de biomasse sur BFA2 et BFA3, cumulée sur les trois coupes d'exploitation (jp+13, jp+15 et jp+17-18 mois), a été plus élevée avec *L. leucocephala* (8,2 ± 2,6 t MS.ha⁻¹) qu'avec *M. alba* (1,8 ± 2,3 t MS.ha⁻¹). Le coût d'installation et d'exploitation de 625 m² de BFA a été de 896 188 FCFA (environ 1350 €). Des solutions sont à trouver pour les rendre financièrement plus accessibles aux éleveurs.

■ Comment citer cet article : Sib O., González-García E., Bougouma-Yameogo V.M.C., Blanchard M., Vall E., 2020. Codevelopment, establishment and assessment of shrub fodder banks for dairy cow feeding in Western Burkina Faso. Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop., 73 (1): 27-35, doi: 10.19182/remvt.31841

■ INTRODUCTION

Au Burkina Faso, pour nourrir les vaches en lactation, les éleveurs ont recours aux pâturages naturels, aux résidus de cultures pâturés au champ, aux pailles et fanes stockées sur l'exploitation et aux aliments concentrés (sons de céréales, graines et tourteaux de coton). Certains

éleveurs innovent avec la production de cultures fourragères, comme le mucuna (*Mucuna deeringiana*) et le niébé (*Vigna unguiculata*). Malgré cette diversité de ressources et ces innovations, la couverture des besoins alimentaires des vaches n'est pas assurée toute l'année avec un déficit fourrager en saison sèche (Sib et al., 2017). Avec le développement des minilaiteries et la croissance de la demande en lait, certains éleveurs souhaitent accroître leur production laitière (Corniaux et al., 2014). Ils expriment une demande d'innovation pour produire, à coût limité, des fourrages de bonne valeur nutritionnelle en plus grande quantité durant la saison sèche.

Pour produire un fourrage vert durant la saison sèche, en agriculture pluviale et sous un climat soudano-sahélien, les cultures fourragères herbacées ne sont pas la solution adaptée (Klein et al., 2014). En revanche, les ligneux fourragers cultivés présentent de nombreux avantages. En Afrique, l'importance des ligneux fourragers spontanés pour nourrir le bétail en saison sèche est bien documentée (Klein et al., 2014) de même que leur impact sur la production de lait (Franzel

1. Centre international de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide (Cirades), UR Systèmes de production agro-pastoraux et environnement (USPAE), 01 BP 454, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso.

2. Université Nazi Boni, Institut de développement rural, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

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

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

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +226 62771937 ; email : sibollo84@yahoo.fr



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

et al., 2014). Cependant, les tentatives d'introduction de plantations d'arbres à vocations fourragères en Afrique restent rares. Les arbres fourragers sont parfois retrouvés dans des dispositifs de haies de délimitation des parcelles et/ou pour fertiliser les sols, mais rarement pour alimenter les animaux (Franzel et al., 2014 ; Bationo et al., 2012).

Or, dans certaines régions tropicales d'Amérique latine, des Caraïbes et d'Asie du Sud, des systèmes fourragers agroforestiers basés sur des banques fourragères arbustives (BFA), plantations à haute densité d'arbres fourragers exploités pour l'affouragement à l'auge, ont été développés et bien adoptés par les éleveurs (Datta, 2000 ; González-García et al., 2009 ; González-García et Martín-Martín, 2016). Les BFA présentent des avantages économiques et environnementaux dans un large éventail de situations des tropiques subhumides (Franzel et al., 2014).

Dans le contexte plus sec du Burkina Faso, nous avons émis l'hypothèse que la BFA peut trouver une place dans le système fourrager pour améliorer l'alimentation des vaches en lactation durant la saison sèche, mais aussi pendant le pic de lactation (entre juillet et août). La BFA pourrait compléter les ressources disponibles, à condition de trouver des réponses aux contraintes que sont le manque de connaissances des éleveurs sur les itinéraires techniques, le stockage et l'utilisation des fourrages, le manque de disponibilité en semences fourragères, le manque de main-d'œuvre et d'espace disponible, et l'absence de matériel de fauche et de bâtiments de stockage dans les élevages (Klein et al., 2014). Dans le cas de la BFA, le droit coutumier de planter des arbres, reconnu aux seuls propriétaires terriens, la divagation des troupeaux en saison sèche et les feux de brousse sont des contraintes supplémentaires.

Pour prendre en compte ces multiples contraintes techniques et socio-économiques inhérentes à l'introduction d'une BFA dans le système fourrager, et pour accompagner les éleveurs dans l'apprentissage de cette innovation, nous avons mis en place un dispositif de recherche en partenariat. La présente étude porte sur cette recherche d'accompagnement qui s'est basée sur une démarche de coconception, d'expérimentation et d'évaluation de la BFA chez l'éleveur (Vall et al., 2016).

■ MATERIEL ET METHODES

Etape de coconception des BFA

Choix des sites et des volontaires pour la mise en place des BFA

Trois sites ont été sélectionnés dans la région des Hauts-Bassins à l'ouest du Burkina Faso pour la mise en place des BFA. Le site de Sagassiamasso (BFA1 ; 11° 20' N, 4° 13' W ; 386 m d'altitude), le site de Koumbia (BFA2 ; 11° 18' N, 3° 45' W ; 309 m d'altitude), dans la province du Tuy, et le site de Nasso (BFA3 ; 11° 14' N, 4° 27' W ; 386 m d'altitude). Dans ces trois sites, la saison des pluies s'étend de juin à octobre, avec un régime de précipitations variant entre 800 et 1000 mm par an. Les températures moyennes se situent entre 23 et 35 °C et l'humidité relative entre 27 % et 80 %.

Ces trois sites sont concernés par le développement de la production laitière, mais avec des contraintes qui diffèrent légèrement d'un site à l'autre. Les éleveurs de Sagassiamasso bénéficient de la proximité du marché urbain, mais leurs vaches laitières ont peu accès au pâturage et aux fourrages de qualité. A Koumbia, l'accès au pâturage est un problème observé pendant toutes les saisons. A Nasso, près de la forêt classée de Dinderesso, le pâturage n'est disponible qu'en saison des pluies.

Sur chaque site, des ateliers impliquant les éleveurs expérimentateurs et leurs voisins, les techniciens de l'élevage, les chefs coutumiers, les élus, et les représentants des laiteries ont été tenus en mars 2016 pour restituer les résultats du diagnostic initial, identifier des éleveurs

expérimentateurs volontaires, ajuster la technologie des BFA et préparer leur installation, puis en mars 2017 pour présenter les résultats de l'installation des BFA et préparer l'étape de leur exploitation.

L'expérimentation des BFA s'est appuyée sur des éleveurs volontaires ayant un noyau de vaches laitières et disposant d'une parcelle à cultiver. Les volontaires s'engageaient à préparer le sol avant la plantation, désherber et créer un pare-feu, suivre, fertiliser, et exploiter la BFA, en accord avec les recommandations discutées avec les chercheurs lors des ateliers. Les chercheurs s'engageaient de leur côté à apporter un appui technique pour l'implantation, le suivi et l'exploitation des BFA, à fournir les plants et à construire les clôtures. Trois éleveurs répondants aux critères établis ont été sélectionnés et accompagnés dans la mise en place d'une BFA, soit un sur chacun des trois sites.

Choix des espèces fourragères et dispositifs expérimentaux

Deux espèces à usages multiples ont été choisies : *Leucaena leucocephala* (Wencomo et Ortiz, 2009 ; González et al., 2009) et *Morus alba* (Pentón et al., 2007 ; González-García et Martín-Martín, 2016), reconnues pour leur valeur nutritionnelle, leur aptitude à croître rapidement, leur productivité élevée, leur résistance à la sécheresse et à la coupe, et leur capacité d'adaptation dans divers milieux. Pour la haie vive, *Gliricidia sepium*, *Albizia lebbek* et *Samanea saman* ont été retenues. Les graines ont été acquises à la station expérimentale Indio Hatuey à Cuba (*M. alba*, *L. leucocephala* et *G. sepium*), au Centre national de semence forestière (CNSF), et à l'Association pour la promotion des arbres fertilisateurs, de l'agroforesterie et la foresterie (APAF) à Ouagadougou, Burkina Faso (*A. lebbek* et *S. saman*).

Le schéma d'implantation des BFA a été discuté avec les éleveurs, en ayant à l'esprit qu'il s'agissait de dispositifs expérimentaux pilotes qui ne pouvaient donc pas être d'emblée dimensionnés à la hauteur des besoins réels des éleveurs expérimentateurs (figure 1). Les parcelles ont été limitées à 625 m². Une densité de plantation de 25 000 plants. ha⁻¹ (1 m entre les lignes et 0,4 m entre les plants) a été proposée pour optimiser la croissance des plants en hauteur (Noda et Martín, 2008). Une disposition des deux espèces (*L. leucocephala* et *M. alba*) en

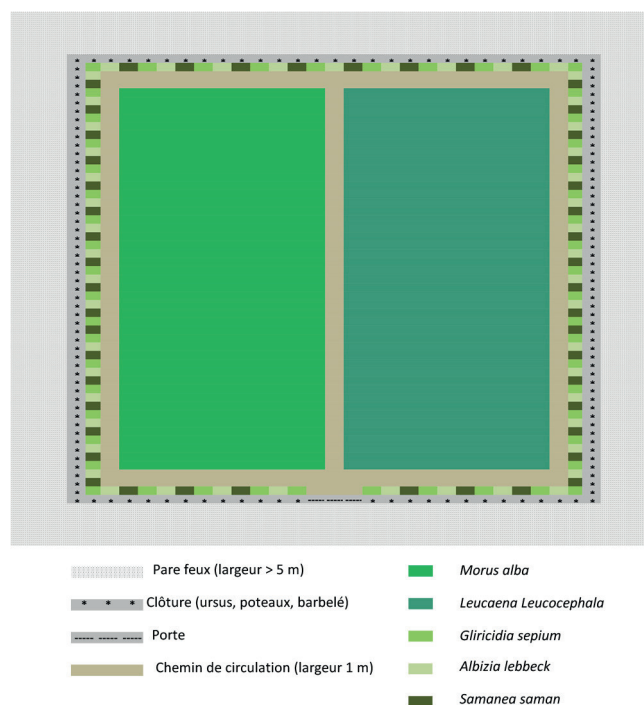


Figure 1 : schéma d'implantation d'une banque fourragère arbustive dans l'ouest du Burkina Faso.

deux blocs distincts a été retenue afin de suivre séparément le comportement des deux espèces et de minimiser les risques en cas de maladie. Pour la protection des BFA, l'installation d'une clôture en grillage Ursus a été installée pour éviter l'intrusion d'animaux divagants dès la première année. Il a été convenu de compléter cette clôture par une haie vive de *G. sepium*, *A. lebeck* et *S. saman*, plantés en alternance avec un écartement de 50 cm, destinés à assurer la protection de la BFA à moyen terme pendant la durée de son exploitation.

L'emplacement des BFA a été choisi en fonction des critères de proximité a) des parcs à bétail pour réduire la durée des opérations d'affouragement à l'auge et b) d'un point d'eau pour faciliter l'arrosage des plants en cas d'une importante sécheresse. Il a été tenu compte de la proximité du domicile familial pour surveiller l'intrusion d'animaux en divagation. Les sols devaient être bien drainés pour assurer une bonne installation des plants. Des échantillons composites de sols ont été prélevés sur les horizons 0–20 et 20–40 cm des parcelles, et analysés au laboratoire de l'Institut national de l'environnement et de recherches agricoles (Inera) Farako-Ba à Bobo-Dioulasso, Burkina Faso (tableau I).

Gestion prévisionnelle de l'étape d'installation des BFA

Pour l'installation des BFA, l'itinéraire technique utilisé par González-García et Martín-Martín (2016) a été suivi avec deux étapes : a) la production des pépinières (de décembre 2015 à juin 2016), puis b) l'installation proprement dite des BFA chez les éleveurs (de juillet 2016 à juin 2017).

Production des plants en pépinière

La production des plants a été confiée à un pépiniériste professionnel à Bobo-Dioulasso, parce que les éleveurs ne maîtrisaient pas encore cette technique. Toutes les graines utilisées ont bien germé sauf celles de *M. alba* due à la qualité moyenne des graines. Au total, 1820 plants de *L. leucocephala* de 47 ± 25 cm de hauteur et 1620 plants de *M. alba* de 38 ± 18 cm de hauteur ont été produits. Ainsi, 1200, 1100 et 1140 plants des deux espèces ont été plantés, respectivement sur les BFA1, BFA2 et BFA3.

Plantation et suivi de l'installation des BFA

Pour préparer l'installation, il a été convenu avec les éleveurs de réaliser un épandage de fumier de parc bovin à une dose de 2,5 tonnes de matière sèche (MS) par hectare. Deux labours croisés en traction attelée ont été réalisés, le premier au moment des premières pluies et le deuxième quelques jours avant la plantation. Des sillons de 30 cm

de profondeur et de 20 cm de diamètre ont été prévus pour recevoir les jeunes plants. Les BFA ont été plantées au début de la saison des pluies, entre fin juin et début juillet.

Globalement, les dispositions retenues lors des réunions de préparation avec les éleveurs et précisées dans les cahiers des charges ont été respectées. Le faible taux de germination des graines de *M. alba* a entraîné un ajustement de la densité de plantation à la quantité de plants disponibles, soit 20 000 plants.ha⁻¹ au lieu de 25 000, comme initialement prévu.

Suivi de l'installation des BFA et analyses statistiques

Dans chacune des BFA, 10 % de plants de *L. leucocephala* et 10 % de plants de *M. alba* ont été suivis une fois par mois pendant l'étape d'installation (de juillet 2016 à juin 2017). Les mesures ont porté sur la hauteur des plants (cm), la longueur des branches (cm), le nombre de branches et le diamètre de la tige (mm). Les mortalités, attaques des termites, maladies et autres événements (feux, etc.) ont été enregistrés à chaque passage. Les données mesurées ont été transcrites dans une base de données sous Excel 2010. Dans cet article, seuls les résultats concernant la hauteur des plants (en cm), bien corrélée à la biomasse disponible (Chave et al., 2015), sont présentés.

Des analyses de variance (Anova) à deux facteurs ont été réalisées à la fin de chaque étape durant la période d'installation : à la fin de la saison des pluies (octobre, jour de plantation [jp]+4 mois) et à la fin de la saison sèche froide (janvier, jp+7 mois), afin de comparer les performances de croissance des BFA. Dans l'Anova les variables explicatives (effets fixes) étaient le site d'implantation de la BFA et la saison (mesurée en mois de l'année) ; la variable à expliquer était la hauteur des plants. L'équation de l'Anova (XLSTAT 2018.1.49131 ; www.xlstat.com/fr) a été définie comme suit :

$$Y_{ijk} = \mu + \text{Site } i + \text{Date } j + (\text{Site} \times \text{Date})_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

où Y_{ijk} est la variable mesurée à la date j sur le site i , μ la moyenne globale, Site i l'effet fixe du site expérimental ($i = 1-3$), Date j l'effet fixe de la date de la saison de mesure ($j = 1-12$), (Site \times Date) ij l'effet fixe de l'interaction entre l'effet du site expérimental i et l'effet de la date des saisons de mesure j , et ϵ_{ijk} l'erreur résiduelle ou erreur expérimentale.

Gestion prévisionnelle de l'étape d'exploitation des BFA

L'étude de la production de biomasse fourragère n'a concerné que les BFA2 et BFA3, car la BFA1 a été dévastée par un incendie à jp+8 mois. En théorie, la fin de l'étape d'installation de la BFA devait

Tableau I

Caractéristiques des sols des parcelles d'implantation des banques fourragères arbustives (BFA) dans trois localités de l'ouest du Burkina Faso

Site	Horizon (cm)	Paramètre chimique					Texture (%)			
		pH	MO (%)	C (%)	N (%)	C/N	P* (mg/kg sol)	Argile	Limon	Sable
BFA1	0–20	6,3	0,5	0,3	0,03	11	7,2	7,9	8,2	83,8
	20–40	5,7	0,3	0,2	0,02	12	2,0	14,8	7,2	77,8
BFA2	0–20	6,1	0,6	0,3	0,03	12	6,6	6,9	12,2	80,8
	20–40	6,7	0,3	0,2	0,02	10	1,9	11,8	11,2	76,8
BFA3	0–20	5,3	0,7	0,4	0,03	13	3,8	21,5	23,5	54,9
	20–40	5,1	0,4	0,2	0,03	9	2,0	27,4	19,6	52,9

MO : matière organique ; C : carbone ; N : azote ; P* : phosphore assimilable

Intervenir 12 mois après la plantation. Pour l'étape d'exploitation, une coupe d'uniformisation à 50 cm de hauteur suivie de deux récoltes de fourrages avait été décidée. Cependant, les observations à 12 mois ont montré que les plants n'étaient pas encore aptes à supporter une coupe trop basse. Ainsi, la coupe d'uniformisation a été réalisée à la hauteur de 120 cm sur la totalité des plants à jp+13 mois. Une deuxième coupe a été faite à jp+15 mois sur tous les plants en une fois, à la hauteur de 50 cm. Entre jp+17 et jp+18 mois, la troisième coupe a été réalisée quotidiennement et destinée à compléter des vaches à la traite en affouragement à l'auge. Elle a été réalisée sur 17 pieds par jour de *L. leucocephala* et 14 pieds par jour de *M. alba* dans la BFA2, et sur 14 pieds par jour de *L. leucocephala* et six pieds par jour de *M. alba* dans la BFA3. Pour que les BFA soient exploitables après la coupe d'uniformisation, la condition était que les rejets des plants aient une longueur supérieure ou égale à 50 cm.

La biomasse récoltée à chaque coupe était pesée puis un échantillon était mis à l'étuve (60 °C pendant 48 heures) pour déterminer le taux de matière sèche. Les rendements moyens étaient alors calculés comme suit :

rendement MS.plant⁻¹ = (poids fourrage frais / nb. de pieds coupés) × % MS

rendement MS.bloc⁻¹ = poids fourrage frais d'un bloc × % MS

rendement MS.ha⁻¹ = rendement MS.bloc⁻¹ × nb. de blocs.ha⁻¹

Après détermination de la MS du fourrage frais, la composition chimique des fourrages récoltés a été prédite par spectroscopie dans le proche infrarouge (SPIR) au laboratoire d'analyse des aliments fourragers du Cirad à Montpellier. Les composants prédits étaient : la MS, la matière minérale (MM), les matières azotées totales (MAT), les constituants pariétaux selon la méthode de Van Soest (NDF, ADF) et la lignine (ADL), la cellulose brute (CB), la solubilité de la matière sèche (SMS), et la solubilité de la matière organique (SMO). Pour comparer les rendements et les principaux constituants chimiques (MAT, NDF, ADF) des deux BFA (BFA2 et BFA3) entre les deux

espèces et entre les sites, le test de Kruskal-Wallis et la comparaison multiple par paire suivant la procédure de Steel-Dwass-Critchlow-Fligner ont également été réalisés sur XLSTAT 2018.

■ RESULTATS

Résultats de l'étape d'installation

Ajustement de l'installation des BFA

La période de plantation idéale a coïncidé avec la période de mise en place des autres cultures dans les exploitations (maïs, coton, etc.) durant laquelle les éleveurs renforçaient le gardiennage des animaux pour éviter tout dommage sur les cultures fraîchement semées. Ceci explique pourquoi les éleveurs expérimentateurs n'ont pas été disponibles pour l'installation des BFA avant la fin du mois de juin. L'écart maximum d'une semaine prévu entre l'implantation des trois BFA a été respecté à peu de jours près entre la BFA1 implantée le 24 juin, la BFA2 le 3 juillet et la BFA3 le 10 juillet (tableau II).

Dans les trois BFA, les lits de plantation ont été ajustés avec des profondeurs parfois inférieures aux 30 cm initialement prévus en raison du manque de main-d'œuvre chez certains expérimentateurs (BFA1, 30 cm ; BFA2, 20 cm ; BFA3, 20 cm). La fumure organique (FO) a été initialement apportée à la dose de 2,5 t MS.ha⁻¹ par BFA. Dans les BFA1 et BFA2, la dose de paillage a été de 5,0 t MS.ha⁻¹ au lieu de 10,0 t MS.ha⁻¹ prévues, et dans la BFA3 le paillage prévu a été abandonné, faute de main-d'œuvre.

Performance de croissance des ligneux

Les plants ont suivi un développement soutenu jusqu'à la fin de la saison des pluies à jp+4 mois. Durant la saison sèche froide, de jp+5 à jp+7 mois, la croissance des BFA s'est poursuivie à un rythme moins rapide.

Au terme des deux premières étapes de croissance des plants, à jp+4 et à jp+7 mois, l'analyse statistique a montré des différences

Tableau II

Itinéraire technique et suivi des performances des banques fourragères arbustives (BFA) dans trois localités de l'ouest du Burkina Faso

	<i>Leucaena leucocephala</i>			<i>Morus alba</i>		
	BFA1	BFA2	BFA3	BFA1	BFA2	BFA3
Etape de plantation						
Date de plantation	24 juin	3 juillet	10 juillet	24 juin	3 juillet	10 juillet
Densité de plantation (plants.ha ⁻¹)	20 000					
Dose de fumure organique (t MS.ha ⁻¹)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Dose de paillage (t MS.ha ⁻¹)	5,0	5,0	0,0	5,0	5,0	0,0
Etape d'installation						
Hauteur à jp (cm)	50 ± 24	43 ± 26	50 ± 25	31 ± 17	42 ± 19	33 ± 17
Hauteur à jp+4 mois fin sdp (cm)	146 ± 59 ^a	145 ± 42 ^a	93 ± 32 ^b	156 ± 52 ^a	121 ± 32 ^b	113 ± 38 ^b
Hauteur à jp+7 mois fin ssf (cm)	165 ± 60 ^a	160 ± 40 ^a	109 ± 33 ^b	175 ± 47 ^a	127 ± 33 ^b	128 ± 37 ^b
Mortalité termites (%)	6	5	25	3	19	64
Etape d'exploitation						
Rendement CU à jp+13 mois (t MS.ha ⁻¹)	AbsD	2,4 ^a	2,2 ^a	AbsD	0,4 ^b	0,06 ^c
Rendement C2 à jp+15 mois (t MS.ha ⁻¹)	AbsD	5,7 ^a	3,7 ^a	AbsD	2 ^b	0,3 ^c
Rendement C3 à jp+18 mois (t MS.ha ⁻¹)	AbsD	1,4 ^a	1,0 ^a	AbsD	0,6 ^b	0,3 ^b
Rendement cumulé (t.MS.ha ⁻¹)	AbsD	9,5	6,9	AbsD	3,0	0,7

jp : jour de plantation ; CU : coupe d'uniformisation ; C2, C3 : coupes 2 et 3 ; sdp : saison des pluies ; ssf : saison sèche froide ; ssc : saison sèche chaude ; AbsD : absence de données ; ^{a,b,c} Les valeurs suivies de la même lettre sur la même ligne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

significatives ($p < 0,0001$) des hauteurs dans les trois BFA. A jp+4 mois, *L. leucocephala* a présenté des plants de hauteur similaire dans les BFA1 et BFA2, et de hauteur inférieure dans la BFA3 ; *M. alba* a présenté des plants de hauteur similaire dans les BFA2 et BFA3, et de hauteur supérieure dans la BFA1. Ce constat a été le même à jp+7 mois au niveau des deux espèces dans les trois BFA.

Durant la saison sèche chaude, de jp+8 à jp+10 mois, la croissance a ralenti et s'est quasi arrêtée, ce qui s'est traduit par un plateau de la courbe de croissance dans les BFA2 et BFA3. Avec le retour des pluies, à partir de jp+11 mois, la croissance des ligneux est repartie (figure 2).

Facteurs limitants

Un premier facteur limitant a concerné la pauvreté des sols en matière organique (0,5–0,7 % et 0,3–0,4 %, respectivement sur les horizons 0–20 cm et 20–40 cm) et en phosphore assimilable (3,8–7,2 mg.kg⁻¹ de sol et 1,9–2 mg.kg⁻¹ de sol, respectivement sur les horizons 0–20 cm et 20–40 cm). De plus, le sol de la BFA3 avait un pH plus acide (5,3 sur l'horizon 0–20 cm). Les sols étaient en majorité à dominance sableuse avec un pourcentage de limon et d'argile plus élevé dans la BFA3 (tableau I).

Les BFA n'ont pas subi d'intrusion d'animaux ruminants car les dispositifs de protection ont fonctionné. Par contre, elles ont souffert d'attaques de termites qui ont constitué le deuxième facteur limitant. Les premières attaques de termites sont survenues au stade juvénile des BFA durant la saison des pluies, puis se sont répétées durant la saison sèche chaude. Au cours de la saison des pluies, les attaques de termites ont eu peu d'effets sur la mortalité des jeunes plants grâce à l'usage de l'insecticide carbofuran (C12H15NO3). Les attaques les plus destructrices ont eu lieu à partir de jp+8 mois, au début de la saison sèche chaude. La BFA2 qui était paillée a subi des attaques de termites moins fortes (4,5 % et 19 %) que la BFA3 non paillée (25 % et 64 %), respectivement de mortalités de *L. leucocephala* et de *M. alba* (figure 2).

Un dernier facteur limitant était le risque d'incendie du paillage des BFA. Malgré le pare-feu installé autour de la BFA1, un feu de brousse a enflammé le paillis de la BFA1 à jp+8 mois affectant fortement les plants. Néanmoins, le passage du feu n'a pas anéanti la BFA. Un

dispositif d'irrigation hebdomadaire a été mis en place et un paillage systématique de la BFA a été réalisé pour assurer la régénération des plants. La régénération des plants a été suivie mensuellement jusqu'à la saison des pluies à jp+13 mois. Ce suivi a montré une régénération de 50 % des plants de *M. alba* à jp+13 mois, un regain plus élevé que pour les plants de *L. leucocephala* (20 % de régénération à la même date). Les repousses de *L. leucocephala* ont également subi une attaque de termites à jp+12 mois, ce qui a entraîné des mortalités supplémentaires et a expliqué une régénération plus faible. A jp+13 mois, la BFA1 comptait 300 plants de *M. alba* régénérés et 300 autres replantés, et 120 plants de *L. leucocephala* régénérés et 480 jeunes plants replantés. A cette date, la BFA1 n'était donc pas exploitable. Les résultats de l'étape d'exploitation des BFA n'ont ainsi porté que sur les BFA2 et BFA3.

Résultats de l'étape d'exploitation des BFA

Ajustements de l'exploitation des BFA

Une coupe d'uniformisation a été réalisée sur les BFA2 et BFA3 à jp+13 mois à la hauteur de 120 cm au lieu de 50 cm comme initialement prévu. Elle avait pour but de rajeunir les plants et de les forcer à produire de nouveaux rejets.

Une deuxième coupe correspondant à une coupe d'uniformisation a été réalisée à jp+15 mois à la hauteur de 50 cm. Elle avait pour but de rajeunir une fois de plus la BFA, et de préparer les plants à supporter les coupes quotidiennes à venir pour nourrir les animaux.

La troisième coupe (première récolte proprement dite) a été réalisée de jp+17 à jp+18 mois. Une période de 30 jours avait été programmée afin de simuler une exploitation réelle de la BFA en vue de la complémentation de vaches en lactation et pour étudier la qualité du fourrage pendant la période de récolte.

Production de biomasse et composition chimique du fourrage

Les rendements moyens cumulés calculés sur les BFA2 et BFA3 sur les trois périodes de coupes (jp+13, jp+15 et jp+17-18 mois) étaient de $8,2 \pm 2,6$ t MS.ha⁻¹ pour *L. leucocephala*, et de $1,8 \pm 2,3$ t MS.ha⁻¹ pour *M. alba*, soit environ 5 t MS.ha⁻¹ par BFA. La production de biomasse a augmenté de jp+13 à jp+15 mois et a régressé à jp+17-18 mois (tableau II).

Le rendement de *L. leucocephala* a été plus élevé que celui de *M. alba* aux trois périodes de coupes. Entre les sites, le rendement de *M. alba* de la BFA2 a été significativement plus élevé que celui de la BFA3 ($p = 0,05$). En revanche, il n'y a pas eu de différence significative entre les rendements de *L. leucocephala* sur les deux BFA.

L. leucocephala avait à jp+13 et jp+15 mois des teneurs plus élevées en constituants pariétaux (NDF et ADF) et en MAT que *M. alba*. Cependant, à jp+17 et jp+18 mois les compositions chimiques des deux espèces dans les deux sites ont été similaires. La teneur en MAT a évolué inversement à la teneur en NDF et ADF en fonction des périodes de coupes (tableau III). La distribution des fourrages verts aux vaches a montré une rapide adaptation de celles-ci aux fourrages des BFA.

Coût d'installation et d'exploitation d'une BFA

Dans les conditions expérimentales de cette étude, le coût d'installation et d'exploitation d'une BFA de 625 m² a été évalué à 896 188 FCFA (environ 1350 €) (tableau IV). Les coûts d'installation de la clôture, de la production des plants, du transport des plants et de la main-d'œuvre pour la plantation ont été élevés parce que nous avons fait appel à des prestataires extérieurs (entrepreneur en bâtiments, pépiniériste, main-d'œuvre non familiale) auxquels il a fallu payer les services, mais qui ont garanti un travail de qualité, ce qui

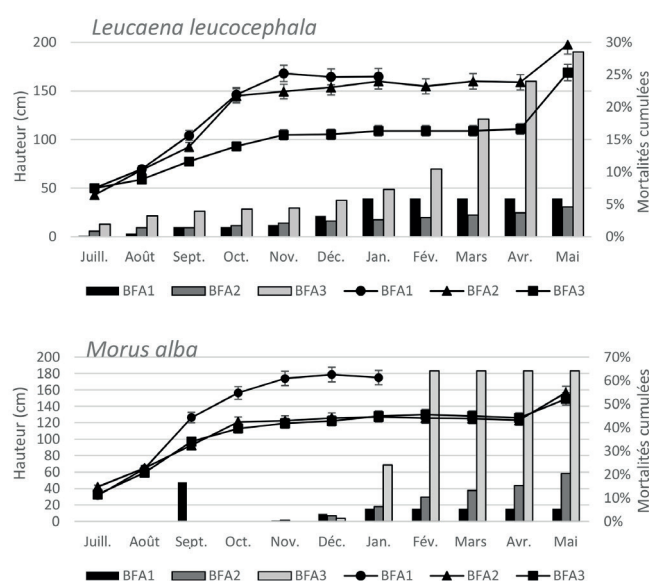


Figure 2 : évolution de la hauteur des plants (courbes) et de la mortalité mensuelle cumulée (histogrammes) de *Leucaena leucocephala* et de *Morus alba* sur des banques fourragères arbustives (BFA) dans l'ouest du Burkina Faso de juillet 2016 à mai 2017.

a permis d'optimiser les chances de réussite de cette expérimentation. L'éleveur a apporté le terrain, en a assuré sa préparation (labour, buttage, apport de paille et de fumure), a réalisé l'entretien des BFA (désherbage, fourniture de fumure organique, etc.) et a effectué les coupes de fourrages pour les animaux, conformément aux cahiers des charges.

Ainsi, si nous considérons une durée d'exploitation de la BFA de 10 années et une production moyenne de 5 t MS.ha⁻¹ par BFA (*Leucocephala* et *M. alba*), le coût de production d'un kilogramme de

MS de fourrage d'une BFA s'élève à environ 287 FCFA.kg MS⁻¹ (soit 0,43 €). Ce coût est bien supérieur au prix des aliments bétail locaux, donc trop élevé et non économiquement viable. Mais, il s'agit ici des conditions d'expérimentation, nous verrons dans la discussion que les économies d'échelle permise par une BFA de plus grande dimension (1 ha) cumulée aux économies possibles avec une BFA réalisée par l'éleveur lui-même abaissent fortement ce coût de production, notamment si les rendements de production de la BFA dépassent 5 t MS.ha⁻¹, ce qui est un objectif tout à fait envisageable.

Tableau III

Valeur nutritionnelle à différentes périodes de *Leucaena leucocephala* et *Morus alba* dans les banques fourragères arbustives (BFA) de deux localités de l'ouest du Burkina Faso

BFA	Période	<i>Leucaena leucocephala</i>			<i>Morus alba</i>		
		MAT	NDF	ADF	MAT	NDF	ADF
BFA2	Juil. (jp+13 mois)	28,14	41,33	22,12	19,09	35,13	28,72
	Sept. (jp+15 mois)	21,94	39,46	26,73	14,12	33,01	21,78
	Nov. (jp+17 mois)	12,21 ^a	43,21 ^a	28,96 ^a	11,52 ^a	38,73 ^a	24,44 ^a
	Déc. (jp+18 mois)	11,30 ^a	41,03 ^a	26,89 ^a	10,35 ^a	41,73 ^a	27,75 ^a
BFA3	Juil. (jp+13 mois)	AbsD	AbsD	AbsD	AbsD	AbsD	AbsD
	Sept. (jp+15 mois)	AbsD	AbsD	AbsD	AbsD	AbsD	AbsD
	Nov. (jp+17 mois)	12,23 ^a	45,08 ^a	30,95 ^a	9,34 ^a	36,95 ^a	24,33 ^a
	Déc. (jp+18 mois)	10,54 ^a	44,84 ^a	31,11 ^a	9,17 ^a	46,50 ^a	32,61 ^a

MAT : matière azotée totale ; NDF : fibres insolubles dans les détergents neutres ; ADF : fibres insolubles dans les détergents acides ; AbsD : absence de données ; jp : jour de plantation ; ^a Les valeurs suivies de la même lettre sur la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

Tableau IV

Coût d'installation (FCFA) d'une banque fourragère arbustive (BFA) à l'ouest du Burkina Faso

	BFA réalisée dans les conditions de l'étude				BFA « faite maison »	
	Prix unité	625 m ² (25x25)		1 ha (100x100 m ²)		1 ha
		Quantité	Total	Quantité	Total	
Installation clôture en grillage Ursus renforcée de poteaux en bois (m)	5 000	100 *	500 000	400 *	2 000 000	1 750 000
Achat des graines (kg)	22 500	0,4	9 000	6,4	144 000	120 000
Production des plants chez un pépiniériste (plants)	130	1975	256 750	31 600	4 108 000	100 000
Transport des plants (forfait)	50 000	1	50 000	16	800 000	0
Labour ou buttage (ha)	15 000	0,0625	938	1	15 000	15 000
Désherbage (jours)	1 500	3	4 500	48	72 000	50 000
Plantation/main-d'œuvre (forfait)	30 000	1	30 000	16	480 000	250 000
Coût total d'installation			851 188		7 619 000	2 285 000
Coût annuel d'entretien et d'exploitation (coupe)	1 500	3	4 500		71 885	50 000
Coût total (1) pendant 10 ans			896 188		8 337 885	2 785 000
Coût total / ha			14 339 000		8 337 850	2 785 000
Coût total / ha / an			1 433 900		833 785	278 500
Coût total / ha / an / kg MS (2)			287		167	56

1€ = 655,956 FCFA ; (1) Installation + entretien + exploitation ; (2) Pour un rendement théorique moyen de la BFA de 5 t MS/ha/an

* Le périmètre d'une parcelle de 650 m² est de 100 m. Le périmètre d'un hectare est de 400 mètres. Les autres postes sont proportionnels à la surface.

■ DISCUSSION

Comportement des BFA face aux contraintes pédoclimatiques, aux attaques de termites et au feu**Influence de la qualité du sol sur le développement des BFA**

Les faibles teneurs en MO et en phosphore assimilable des sols des BFA pourraient expliquer la faible performance de croissance et de production des plants de *L. leucocephala* et *M. alba* par rapport aux résultats rapportés à Cuba (González-García et Martín-Martín, 2016 ; González-García et al., 2009). De plus, l'acidité du sol de la BFA3 (pH = 5,3), par rapport au sol de la BFA2 (pH = 6,1), expliquerait en partie la faible croissance des plants sur la BFA3, surtout celle de *L. leucocephala* qui supporterait mal les sols à pH acide (Bertrand, 2009).

Effet du stress hydrique sur le développement des BFA

À jp+7 mois, le développement des BFA a été similaire, voire supérieur à ceux rapportés à Cuba (Wencomo et Ortiz, 2009 ; Pentón et al., 2007 ; Noda et Martín, 2008). Cependant, à partir de jp+5 jusqu'à jp+7 mois, en l'absence des pluies, les plants ont été soumis à un stress hydrique important ; cela s'est traduit par le ralentissement de leur développement qui s'est quasi arrêté en saison sèche chaude. Le stress hydrique a également provoqué le fanage des tiges tendres ou des bourgeons apicaux des plants des deux espèces, mais avec un effet plus marqué sur *M. alba*, sans pour autant entraîner des mortalités.

Effet de l'attaque de termites sur les BFA

L'effet combiné des facteurs sol et stress hydrique ont entraîné une fragilisation de l'état des plantes en les rendant vulnérables aux termites en saison sèche (Jouquet et al., 2018). Très peu d'espèces de termites s'attaquent aux cultures en bonne santé (Loupe et Zaremski, 2016). Les termites préfèrent du matériel végétal desséché. Or dans la BFA3, en l'absence de paillis pour fournir de la matière organique aux termites, ceux-ci se sont rabattus sur les plants de *M. alba* qui étaient déjà stressés par un arrêt précoce des pluies sur ce site. Selon la méthode dite « alimentaire », décrite par Han et Ndiaye (1996), qui consiste à fournir aux termites du bois mort pour les détourner des plantes cultivées, le paillis aurait pu jouer un rôle de leurre. D'autres méthodes biologiques et mécaniques de lutte existent comme l'utilisation de champignons entomopathogènes, la stimulation des prédateurs naturels tels que les fourmis (Jouquet et al., 2018), l'application d'extraits d'*Azadirachta indica* (Tahiri et al., 2011), la destruction des nids.

Capacité de régénération des BFA après le passage du feu

L. leucocephala et *M. alba* sont caractérisées par un système racinaire pivotant et traçant, capable d'explorer des profondeurs de plus de deux mètres (Datta, 2000 ; CTA, 1987). Cette aptitude des plants, combinée à l'arrosage des plants à l'arrosoir durant les quatre semaines qui ont suivi le feu, ont expliqué la forte régénération des plants de la BFA1 à jp+13 mois. La BFA1 a, à ce jour, récupéré à 100 % grâce à quelques replantations mais accuse toujours un retard par rapport aux BFA2 et BFA3.

Performances de production prometteuses sur les plans quantitatif et qualitatif, et saisonnalité des BFA

Les rendements moyens présentés dans cette étude ont été obtenus alors que les BFA étaient encore à l'état juvénile dans leur première année de production. Nous estimons que, comme d'autres études l'ont montré, ces rendements vont augmenter les années suivantes avec la maturité des BFA (Dandin et Sengupta, 1988 ; Tewari et al., 2004),

ce qui laisse espérer des rendements optimaux en troisième ou quatrième année d'exploitation.

En revanche, la production des BFA en saison sèche a été faible et n'a représenté que 20 % de la production annuelle de biomasse en saison sèche froide, et 10 % en saison sèche chaude. Produire du fourrage vert de bonne valeur nutritionnelle et en quantité pendant la saison sèche n'est donc pas un objectif facile à atteindre, même avec des fourrages ligneux. Des travaux restent à mener pour identifier des fourrages ligneux plus productifs en saison sèche ou pour rechercher des moyens pour augmenter la production en saison sèche sans augmenter considérablement le coût de production. Sur le plan de la composition chimique, les résultats obtenus (tableau III) sont conformes à ceux de González-García et al. (2009), et de González-García et Martín-Martín (2016) à Cuba, confirmant la bonne qualité nutritionnelle des BFA.

Ajustement du coût de production des BFA à la hauteur des possibilités des éleveurs

La mise en place d'une BFA par un producteur exige un foncier sécurisé, ce qui n'est pas à la portée de tous les éleveurs. Dans les conditions de l'étude, le coût d'installation et d'exploitation d'une BFA d'un hectare a été de 8 337 850 FCFA (environ 12 700 €) (tableau IV), ce qui est très élevé. Toutefois, l'augmentation de la dimension d'une BFA permet de réaliser une importante économie d'échelle par rapport à une BFA de 625 m², parce que le coût de la clôture (qui est proportionnel au mètre linéaire) augmente moins vite que les autres coûts (qui sont proportionnels au mètre carré). De plus, si la BFA est réalisée par l'éleveur lui-même, alors d'importantes économies peuvent être réalisées sur plusieurs postes et faire baisser de manière significative son coût d'installation et d'exploitation. En nous basant sur les coûts réels pratiqués par les éleveurs et la qualité du matériel qu'ils utilisent habituellement, nous pouvons estimer le coût d'un hectare de BFA à environ 2 785 000 FCFA (environ 4250 €) (tableau IV). Il faut arriver à ce que les BFA puissent être une ressource fourragère compétitive par rapport aux principaux compléments disponibles : tourteau de coton 150 à 250 FCFA.kg⁻¹ (0,23 à 0,38 €), et fane de mucuna 50 FCFA.kg⁻¹ (0,08 €).

Autres propositions techniques pour adapter les BFA aux besoins et possibilités des éleveurs

Le choix des espèces à installer doit tenir compte de plusieurs facteurs : croissance rapide, rendement élevé, bonne valeur nutritionnelle, et capacité à résister à la sécheresse et à tolérer des sols pauvres. Dans le contexte pédoclimatique de cette étude, il paraît raisonnable d'envisager des BFA avec des espèces introduites ou locales qui semblent plus adaptées (*L. leucocephala*, *G. sepium*, *A. lebeck*, *Pterocarpus erinaceus*, *Faidherbia albida*, entre autres).

Il peut être proposé des ajustements de l'itinéraire technique pour améliorer l'étape d'installation par l'approfondissement des lits de plantation (au minimum 30 cm × 30 cm) comme recommandé par Datta (2000), un amendement de fond à l'implantation et à chaque coupe, à raison de 2,5 t MS.ha⁻¹ de fumier, un désherbage régulier, un paillage précoce après l'arrêt des pluies à raison de 10 t MS.ha⁻¹, précédé d'un apport de fumure et d'un buttage, et l'installation de pare-feu bien entretenus.

Diverses alternatives d'associations des arbres fourragers dans les exploitations existent (Bationo et al., 2012). Toutefois, le choix des BFA à haute densité répond au besoin de produire du fourrage en quantité sur des surfaces restreintes. De plus, des études montrent que dans la limite de 40 000 plants.ha⁻¹, une densité de plantation élevée est corrélée positivement avec un rendement fourrager élevé, optimum à 20 000–25 000 plant.ha⁻¹ (Noda et Martín, 2008). Cette

technique de production se justifie au Burkina Faso notamment en raison du manque de terres disponibles pour la production fourragère.

Par ailleurs, nous proposons une adaptation du mode d'exploitation des BFA avec deux coupes à 90 jours d'intervalle (première coupe le 15 août et deuxième coupe le 15 novembre) en lieu et place du rythme de récolte de 60-90-120 jours proposé pour les BFA à Cuba par González-García et Martín-Martín (2016). En fonction des besoins, le fourrage coupé en saison des pluies sera utilisé en vert ou stocké par séchage permettant d'augmenter les stocks de réserves fourragères pour la saison sèche.

Coconception : une démarche d'apprentissage et d'adaptation de l'innovation aux besoins de l'éleveur

Cette étude est née de la volonté des éleveurs d'améliorer l'affouragement de leurs animaux et de la volonté des chercheurs d'accompagner les éleveurs dans la conception d'une innovation dans le système fourrager local. Un partenariat a été matérialisé par l'implication des chercheurs, des éleveurs et des acteurs de développement des différents sites d'études, à travers des ateliers participatifs qui ont permis d'apprendre les principes théoriques de la BFA et d'adapter la technologie de production des BFA au contexte local. Avec la démarche de coconception, les chercheurs ont réalisé un diagnostic des systèmes de production chez des éleveurs laitiers (Sib et al., 2017). Ce diagnostic a permis aux chercheurs et aux éleveurs d'identifier des solutions possibles à expérimenter, et d'élaborer des cahiers des charges pour définir les engagements de chaque partie (Vall et al., 2016).

La coconception a permis d'adapter les pratiques de plantation, de gestion et d'exploitation dans le contexte des fermes laitières agropastorales du Burkina Faso. Elle a montré que le choix d'espèces ligneuses exotiques comme *M. alba*, exigeant en fertilisants et en eau, n'est pas adapté au contexte des exploitations agropastorales locales caractérisées par des sols pauvres en matière organique et en phosphore.

La coconception a permis, en outre, d'adapter le schéma d'implantation d'une BFA en fonction des contraintes des éleveurs. Ainsi, le choix du terrain en fonction du plan parcellaire et du système cultural de l'éleveur a facilité un suivi rapproché des BFA. La densité a été réajustée par rapport au taux de germination des graines mises en pépinière. En l'absence d'une traction motorisée dans les exploitations, le sillonnage a été réalisé par un attelage bovin, ce qui expliquait des labours et des lits de plantation peu profonds dans certains cas. Ces lits de plantation ont été parfois approfondis manuellement avant les implantations.

Les dispositifs de protection pour faire face à la divagation des bovins, des ovins et des caprins, et pour sécuriser les parcelles expérimentales devaient être adaptés ; les clôtures en grillage ont été renforcées par des poteaux en bois. Les haies vives de *G. sepium*, d'*A. lebbeck* et de *S. saman* ont été renforcées par des plants d'*Acacia nilotica*, bien connus pour constituer des haies vives défensives efficaces (Bationo et al., 2012). Pour protéger les plants des feux de brousse récurrents, des pare-feu ont été créés autour des BFA mais le manque d'entretien a entraîné le feu dans la BFA1. Le paillage a eu pour objectif premier de protéger les racines des plantes contre la sécheresse ; il s'est toutefois révélé efficace dans la lutte contre les termites dans la BFA2.

Les techniques de mise en place d'une BFA ont été adaptées progressivement pendant l'étape d'installation. En première année d'expérimentation (2016), les éleveurs n'étaient pas familiarisés aux techniques de production de plants en pépinières, ce qui nous a amenés à utiliser les services d'un pépiniériste professionnel à Bobo-Dioulasso. En 2017, les éleveurs ont été formés à la production des plants en pépinière dans leur exploitation, ce qui a permis de réduire le coût d'installation. L'implantation des deux espèces en deux blocs répondait au

besoin de suivre séparément les deux espèces sur la même parcelle afin de collecter des références en cultures pures. D'après les cahiers des charges élaborés avec les chercheurs, les éleveurs expérimentateurs ont apporté du fumier des parcs pour la fertilisation des parcelles et désherbé régulièrement les BFA pour éviter la compétition avec les mauvaises herbes.

Enfin la démarche de coconception a permis de proposer des plans d'exploitation compatibles avec une exploitation durable de la BFA au regard des conditions pédoclimatiques. En effet, la saison des pluies dure au plus cinq mois, de juin à octobre, pour une gestion durable il faudra éviter de stresser les plantes pendant la période sèche afin de leur permettre de réaliser leur photosynthèse en attendant la saison des pluies prochaine. De même, les éleveurs ont reçu à la demande une formation sur les méthodes de conservation des fourrages récoltés en saison des pluies, ce qui a permis de limiter le gaspillage du fourrage vert.

■ CONCLUSION

Ce travail a montré la capacité des banques fourragères arbustives à haute densité à s'installer dans les conditions de l'ouest du Burkina Faso pour compléter l'alimentation du bétail. *Leucaena leucocephala* et dans une moindre mesure *Morus alba* ont affiché une bonne adaptation à l'environnement local, caractérisé par des sols pauvres et des conditions climatiques fluctuantes et par la présence de termites ravageurs.

Pour parvenir à une bonne installation et augmenter les rendements des BFA, le choix des espèces ligneuses et l'optimisation des pratiques agronomiques sont indispensables pour réduire les effets de la pauvreté des sols et de la variabilité climatique. La BFA pourrait être utilisée en substitution partielle aux aliments concentrés en saison sèche avec conservation de la coupe de saison des pluies et l'affouragement à l'auge pour la coupe de saison sèche. Des efforts devront se poursuivre afin de trouver des solutions pour réduire le coût d'installation et d'exploitation des BFA afin de rendre accessible l'innovation à un plus grand nombre d'éleveurs.

Déclaration des contributions des auteurs

OS, EV, EGG, MB et VMCBY ont participé à la conception et à la planification de l'étude ; OS a recueilli les données ; OS et EV ont analysé, interprété les données et rédigé la première version du manuscrit ; OS, EV, EGG ont participé à la révision du manuscrit.

Conflits d'intérêt

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflit d'intérêts.

REFERENCES

- Bationo B.A., Kalinganire A., Bayala J., 2012. Potentialités des ligneux dans la pratique de l'agriculture de conservation dans les zones arides et semi-arides de l'Afrique de l'Ouest : aperçu de quelques systèmes candidats. World Agroforestry (ICRAF) Nairobi, Kenya (Technical Manual; 17)
- Bertrand G., 2009. Caractérisation des réponses adaptatives à la contrainte hydrique dans le sud-est de l'Amazonie chez trois espèces fourragères cultivées en monoculture et en association : *Brachiaria brizantha*, *Leucaena leucocephala* et *Arachis pintoi*. Thèse Doct., Université Paris-Est, France
- Chave J., Rejou-Mechain M., Burquez A., Chidumayo E., Colgan M.S., Delitti W.B.C., Duque A., et al., 2015. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biol.*, **20**: 3177-3190, doi: 10.1111/gcb.12629
- Corniaux C., Duteurtre G., Broutin C., 2014. Filières laitières et développement de l'élevage en Afrique de l'Ouest. L'essor des minilaiteries. Karthala, Paris, France, 252 p. (Coll. Homme et sociétés)

- CTA, 1987. *Leucaena*, l'arbre champion toutes catégories. *Spore* (8)
- Dandin S.B., Sengupta K., 1988. Mulberry cultivation as high bush and small trees in hilly regions. Central Sericultural Research and Training Institute, Srirampura, Mysore, India, 24 p.
- Datta R.K., 2000. Mulberry cultivation and utilization in India. In: FAO E-Conf. Mulberry for animal production (*Morus-L*). FAO, Rome, Italy
- Franzel S., Carsan S., Lukuyu B., Sinja J., Wambugu C., 2014. Fodder trees for improving livestock productivity and smallholder livelihoods in Africa. *Curr. Opin. Environ. Sustain.*, **6**: 98-103
- González-García E., Cáceres O., Archimède H., Santana H., 2009. Nutritive value of edible forage from two *Leucaena leucocephala* cultivars with different growth habits and morphology. *Agrofor. Syst.*, **77**: 131-141, doi: 10.1007/s10457-008-9188-4
- González-García E., Martín-Martín G., 2016. Biomass yield and nutrient content of a tropical mulberry forage bank: effects of season, harvest frequency and fertilization rate. *Grass Forage Sci.*, **72**: 248-260, doi: 10.1111/gfs.12227
- Han S.H., Ndiaye A.B., 1996. Dégâts causés par les termites (*Isoptera*) sur les arbres fruitiers dans la région de Dakar (Sénégal). *Actes Collect. Insectes Soc.*, **10**: 111-117
- Jouquet P., Chaudhary E., Kumar A.R.V., 2018. Sustainable use of termite activity in agro-ecosystems with reference to earthworms. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, **38**: 3, doi: 10.1007/s13593-017-0483-1
- Klein H.-D., Rippstein G., Huguenin J., Toutain B., Guerin H., Louppe D., 2014. Les cultures fourragères. Quae, Versailles, France (Coll. Agricultures tropicales en poche ; 12), doi : 10.35690/978-2-7592-2169-1
- Noda Y., Martín G., 2008. Efecto de la densidad de siembra en el establecimiento de morera para su inclusión en sistemas ganaderos. *Zootec. Trop.*, **26** (3): 339-341
- Louppe D., Zaremski A., 2016. Les termites. In : Les rendez-vous de la science, Muséum d'histoire naturelle, Nantes, France, 18 p. <https://agritrop.cirad.fr/580482/9/580482.pdf>
- Pentón G., Martín G., Pérez A., Noda Y., 2007. Comportamiento morfoagronómico de variedades de morera (*Morus alba* L.) durante el establecimiento. Morphoagronomic performance of mulberry (*Morus alba* L.) varieties during the establishment. *Pastos Forrajes*, **30** (3): 315-325
- 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
- Tahiri A., Amissa Adima A., Adje A.F., Amusan N., 2011. Effet pesticide et screening des extraits de *Azadirachta indica* (A.) Juss., sur le termite *Macrotermes bellicosus* Rambur. *Bois For. Trop.*, **310**, 79-88, doi : 10.19182/bft2011.310.a20461
- Tewari S.K., Katiyar R.S., Balak Ram, Misra P.N., 2004. Effect of age and season of harvesting on the growth, coppicing characteristics and biomass productivity of *Leucaena leucocephala* and *Vitex negundo*. *Bioenergy*, **26**: 229-234, doi: 10.1016/S0961-9534(03)00118-1
- Vall E., Chia E., Andrieu N., Blanchard M., Koutou M., Coulibaly K., 2016. La co-conception en partenariat de systèmes agricoles innovants. *Cah. Agric.*, **25**, 15001, doi : 10.1051/cagri/2016001
- Wencomo H.B., Ortiz R., 2009. Comportamiento de 23 accesiones de *Leucaena* spp. en condiciones de establecimiento. *Pastos Forrajes*, **33** (3)

Summary

Sib O., González-García E., Bougouma-Yameogo V.M.C., Blanchard M., Vall E. Codevelopment, establishment and assessment of shrub fodder banks for dairy cow feeding in Western Burkina Faso

On dairy farms in Western Burkina Faso, milk production is limited by a fodder shortage in the dry season. This study aimed to assess the feasibility and potential of shrub fodder banks (SFB) to supplement the dry-season feed of dairy cows with fodder of good nutritional value. A work on the code-sign, establishment and harvesting of SFB planted with *Leucaena leucocephala* and *Morus alba* was carried out in three dairy cattle farms in Western Burkina Faso. The three SFB were planted at high density, with 20,000 plants.ha⁻¹, in July 2016. Growth was rapid during the first seven months (rainy season and early dry season). At planting day (pd) plus seven months, *L. leucocephala* measured 145 ± 11 cm and *M. alba* 143 ± 72 cm. Then, during the dry season growth slowed down. Soil characteristics, lack of rainfall and shallow planting beds explained the differences in growth observed between experimental sites. Termite attacks (SFB3) and fire (SFB1) affected the development of the SFB concerned without destroying them. The cumulative biomass production on SFB2 and SFB3 over the three harvest cuttings (pd+13, pd+15, and pd+17-18 months) was higher with *L. leucocephala* (8.2 ± 2.6 t dry matter.ha⁻¹) than with *M. alba* (1.8 ± 2.3 t dry matter.ha⁻¹). Establishing and operating 625 square meters of SFB cost 896,188 FCFA (about 1350 €). Solutions need to be found to make them financially more accessible to farmers.

Keywords: dairy cattle, forage, browse plants, field experimentation, ruminant feeding, Burkina Faso

Resumen

Sib O., González-García E., Bougouma-Yameogo V.M.C., Blanchard M., Vall E. Co-concepción, instalación y evaluación de bancos de forrajeras arbustivas para la alimentación de vacas lecheras en el oeste de Burkina Faso

En las fincas lecheras del oeste de Burkina Faso, la producción de leche está limitada por un déficit forrajero durante la estación seca. Este estudio pretendió evaluar la factibilidad y la potencialidad de los bancos de forrajeras arbustivas (BFA) para complementar la alimentación de las vacas lecheras durante la estación seca con un forraje de buen valor nutricional. Se llevó a cabo un trabajo de co-concepción, de instalación y explotación de BFA compuestos por *Leucaena leucocephala* y de *Morus alba*, en tres fincas de bovinos de leche del oeste de Burkina Faso. Los tres BFA se plantaron con densidad alta, con 20 000 plantas.ha⁻¹, en julio 2016. El crecimiento fue rápido, durante los siete primeros meses (estación de lluvias e inicio de la estación seca). Al día de plantación (dp) más siete meses, *L. leucocephala* midió 145 ± 11 cm y *M. alba* 143 ± 72 cm. Seguidamente, durante la estación seca, el crecimiento disminuyó. Las características del suelo, la falta de lluvias y la poca profundidad de los lechos de cultivo explicaron las diferencias de crecimiento observadas según los sitios experimentales. Los ataques de termitas (BFA3) y el paso del fuego (BFA1) afectaron el desarrollo de los BFA concernidos sin aniquilarlos. La producción de biomasa en BFA2 y BFA3, acumulada en las tres podas de explotación (dp+13, dp+15 y dp+17-18 meses), fue más elevada para *L. leucocephala* (8,2 ± 2,6 t MS.ha⁻¹) que para *M. alba* (1,8 ± 2,3 t MS.ha⁻¹). El costo de instalación y explotación de 625 m² de BFA fue de 896 188 FCFA (aproximadamente 1350 €). Deben encontrarse soluciones para hacerlas financieramente más accesibles a los productores.

Palabras clave: ganado de leche, forrajes, plantas de ramoneo, experimentación en campo, alimentación de rumiantes, Burkina Faso

Composition and seasonality of *Culicoides* in three host environments in Rabat region (Morocco)

Maria Bourquia^{1,2,3*} Claire Garros^{2,3,4} Ignace Rakotoarivony^{2,3}
Intissar Boukhari¹ Moad Chakrani⁵ Karine Huber^{2,3}
Laëtitia Gardès^{2,3,6} William Wint⁷ Thierry Baldet^{2,3}
Khalid Khallaayoune¹ Thomas Balenghien^{2,3,5*}

Keywords

Livestock, horses, *Culicoides*, blue-tongue virus, meteorological factors, environmental factors, Morocco

Submitted: 4 September 2019
Accepted: 23 September 2019
Published: 24 February 2020
DOI: 10.19182/remvt.31838

Summary

Morocco has suffered several outbreaks of *Culicoides*-borne viruses in recent decades and most studies have focused on *Culicoides imicola*, considered for a long time as the only important vector. The change in bluetongue (BT) epidemiology in the Mediterranean Basin and Europe over the past two decades has highlighted the role of other *Culicoides* species in BT virus transmission. The objective of this study was to provide new insights on the *Culicoides* species composition and seasonality in three different host environments (a horse-riding center, a goat farm and a cattle farm) around Rabat, the capital of Morocco, where BT has been endemic since 2004. Light / suction trap collections were carried out on two consecutive nights at fortnight intervals from May 2016 to May 2017. *Culicoides* were identified morphologically at the species level when possible. Multivariate analyses were used to compare the impact of the site / vertebrate species, and the collection month on the species communities. In addition, statistical modeling was used to identify environmental drivers of the *Culicoides* seasonality. A total of 12,460 *Culicoides* individuals belonging to at least 15 different species were collected during the survey. *Culicoides imicola* was by far the most abundant species (71.4% of total catches). The site location, and thus the vertebrate species, did not influence the species composition, which was mainly impacted by the month of collection. Surprisingly, the atmospheric pressure was the environmental parameter the most frequently selected in seasonal models. The potential impact of this meteorological parameter along with the other selected variables is discussed. Identifying the environmental parameters driving *Culicoides* seasonal abundance is the first step to implementing robust *Culicoides* dynamic models that could later be used in transmission risk modeling.

■ How to quote this article: Bourquia M., Garros C., Rakotoarivony I., Boukhari I., Chakrani M., Huber K., Gardès L., Wint W., Baldet T., Khallaayoune K., Balenghien T., 2020. Composition and seasonality of *Culicoides* in three host environments in Rabat region (Morocco). *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (1): 37-46, doi: 10.19182/remvt.31838

1. Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Unité parasitologie et maladies parasitaires, 10100 Rabat, Maroc.

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

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

4. Cirad, UMR ASTRE, Ste Clotilde, La Réunion, France.

5. Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Unité microbiologie, immunologie et maladies contagieuses, Rabat, Maroc.

6. Cirad, UMR ASTRE, Petit-Bourg, Guadeloupe, France.

7. Environmental Research Group Oxford (ERGO), Department of Zoology, Oxford, UK.

* Corresponding authors

Tel.: +212 661 291 044

Email: m.bourquia@iav.ac.ma ; thomas.balenghien@cirad.fr



■ INTRODUCTION

The *Culicoides* Latreille biting midges (Diptera: Ceratopogonidae) are small hematophagous insects, which are biological vectors of viruses responsible for major livestock diseases, such as bluetongue (BT), African horse sickness (AHS), epizootic hemorrhagic disease (EHD) or Schmallenberg disease (SB) (Purse et al., 2015). Several incursions of AHS and EHD have occurred in recent decades in the Mediterranean region, though outbreaks were limited geographically and lasted only a few years. In contrast, after sporadic incursions, the Mediterranean BT epidemiology changed radically in the last two decades. What happened in Morocco illustrates this epidemiological drift in the BT situation compared to other *Culicoides*-borne viruses.

Morocco experienced AHS outbreaks in the 1960s (serotype 9) and in the late 1980s (serotype 4) (Mellor and Hamblin, 2004), and EHD outbreaks (serotype 6) in 2006 (Savini et al., 2011). During the 1980s AHS outbreak, observed circulation of AHS virus (AHSV) was reported for five years before returning to an absence of transmission (Mellor and Hamblin, 2004). No EHD clinical cases were reported after 2006. Bluetongue (serotype 10, BTV-10) was described for the first time in Morocco in 1956. The virus spread was controlled thanks to the implementation of a vaccination campaign and a temperature drop in the fall (Lhor, 2016). Meanwhile, other BTV serotypes were extensively transmitted in the Mediterranean Basin from 1998, but the disease had apparently remained absent in Morocco until BTV-4 emergence in 2004 (Lhor, 2016). In 2006, BTV-1 was reported in Algeria, then it spread to Morocco in 2006–2007 (Lhor, 2016). In 2008, sanitary policies implemented by veterinary services stopped these outbreaks, but the disease reappeared in 2009, with BTV-1 and BTV-4 co-circulating during *Culicoides* activity periods in both northern and southern parts of the country (Lhor, 2016). The last census reported 305 BT outbreaks across the country with 1456 cases leading to 449 livestock deaths in 2017. The BT endemic situation is weighing on the sheep industry, which increased from 1.6 billion to 2.4 billion euros between 2008 and 2017. The national herd is currently estimated at 20.6 million head, including 2.5 million of the Sardi breed, which are reared for the Eid al-Adha sacrifice fest. The economic impacts of BT include i) direct losses due to mortality, weight loss, abortion, reduction in the fertility rate, and decreased meat production efficiency, and ii) indirect costs due to vaccination, monitoring, surveillance measures, and trade restrictions limiting the access to higher-value markets (Garros and Balenghien, 2017).

A total of 54 *Culicoides* species have been recorded in Morocco. This list has been mainly established in the 1970s after the 1965–1967 AHS outbreaks and has been comprehensively reviewed and updated recently (Bourquia et al., 2019).

Culicoides distributions were investigated in Morocco in 1994–1995 after the 1989–1991 AHS outbreaks (Baylis et al., 1997), and in 2000–2003 just before the 2004 BT emergence (Lhor, 2016). These studies mainly focused on *Culicoides imicola* Kieffer, as a proven AHSV and BTV vector, which was, at that time, considered the only significant vector in the Mediterranean region. The rest of the individuals have been identified at group level, mainly *Obsoletus* and *Pulicaris* groups (Bourquia et al., 2019). *C. imicola* abundance (i.e. the annually-averaged mean daily trap catch) has been found to be positively correlated with the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), and negatively with the wind speed (Baylis et al., 1998). NDVI was suggested to be related to soil moisture and thus to the suitability for *C. imicola* breeding sites (Baylis et al., 1998). Wind speed is suggested to affect the abundance of *C. imicola* by increasing adult mortality rates through desiccation or, more likely according to authors, through the loss of adults due to wind dispersal (Baylis et al., 1998). The seasonal pattern of *C. imicola* populations was described in Morocco during the 1994–1995 and 2009–2010 surveys (Baylis et al., 1997; Lhor, 2016) but was not analyzed to identify climatic drivers. *C. imicola* dynamic is described as mainly unimodal, and the catch of *C. imicola* peaks in general in late summer and fall, with a smaller peak in spring. In Senegal and South Africa, this species is associated with rainfall, NDVI, temperature, wind speed and percentage cover of water bodies (Diarra et al., 2015). Other studies including environmental parameters (related to land use, landscape and climate) conducted in the Mediterranean Basin suggest that these parameters improve the prediction of habitat suitability occupied by *C. imicola* as well as the accuracy of abundance estimates at local scale (Ippoliti et al., 2013).

The species composition and seasonality of *Culicoides* in Rabat region were thus investigated to provide new insights on the role of

Culicoides in BTV transmission by highlighting the environmental drivers of the seasonality.

■ MATERIALS AND METHODS

Study sites and entomological collections

This study was conducted in the region of the Moroccan capital, Rabat. The city is located on the Atlantic coast in northwestern Morocco, with a Mediterranean climate (characterized by hot, dry summers, and mild, wet winters). The average annual precipitation reaches 492 mm and the average annual temperature is 17.1°C (1970–2000 seasonal averages, WorldClim, <http://worldclim.org/version2>). The presence of the Atlantic Ocean is conducive to a high relative humidity, which fluctuates depending on the distance from the sea and time of the year.

Culicoides midges were collected around Rabat at two-week intervals from May to October 2016 in two sites, a cattle farm (33° 57' 44.1" N; 6° 48' 11.7" W) and a goat farm (33° 51' 36.0" N; 6° 51' 00.0" W), and from May 2016 to April 2017 in a horse-riding center (33° 53' 46.0" N; 6° 49' 53.3" W), using a UV light / suction trap (OVI type) manufactured by the Onderstepoort Veterinary Institute (Venter et al., 2009). The traps were placed near animals and were operated from dusk to dawn for two consecutive nights fortnightly. The *Culicoides* collected were transferred to 70% ethanol, then, for most individuals, identified morphologically to species-level under a stereomicroscope using the key of Mathieu et al. (2012). Additionally, molecular identification was performed i) to differentiate morphologically close species (*Culicoides obsoletus* Meigen, *Culicoides scoticus* Downes and Kettle, or *Culicoides montanus* Shakirzjanova), ii) to confirm morphological identifications if specimens were damaged, and iii) to confirm new species records (Bourquia et al., 2019). Females of all species were age-graded as nulliparous, parous, gravid or freshly blood-fed after abdominal examination of pigmentation.

Environmental data

Daily rainfall estimates were obtained from 1983 to 2017 from the database of Tropical Applications of Meteorology using SATellite data and ground-based observations (TAMSAT, www.tamsat.org.uk/data/archive) (Maidment et al., 2014). Day and night land surface temperatures (LSTday and LSTnight), vegetation indices (Enhanced Vegetation Index [EVI] and NDVI) from 2000 to 2017 were extracted from version 6 MODIS MOD11A1 product (Wan et al., 2015) and from version 6 MODIS MOD13A1 (Didan, 2015) for each site location and sample date. Hourly climatic data, including 2-m temperature, 2-m dewpoint temperature, surface pressure, 10-m u-component of wind, and 10-m v-component of wind were extracted for 2016 and 2017 from the fifth generation of the European Centre for Medium-range Weather Forecasts (ECMWF) atmospheric reanalysis (ERA5) of the global climate (Dee et al., 2011). The saturated vapor pressure and the environmental vapor pressure, then the relative and the absolute humidity (see Shaman and Kohn [2009] for calculation details and definitions) were calculated from the 2-m temperature and the 2-m dewpoint temperature. Then, meteorological parameters from ECMWF-ERA5 were rescaled from hourly data to daily data (corresponding to 24 hours which included night collection) by computing the minimum, maximum and mean of each parameter.

Statistical analyses

Meteorological conditions during the collection years (2016 and 2017) were described by comparing 2016 and 2017 monthly minimum and maximum temperatures (MODIS LSTday and LSTnight), and 2016 and 2017 total rainfall (TAMSAT database) to the average of temperatures from 2000 to 2015 and rainfall from 1986 to 2015.

To determine broadly the diversity per site, species communities were described using a principal component analysis (PCA) on the log-transformed abundances. Then, a between-class analysis was carried out on this PCA to assess the importance of both the site and the collection month. Between-class analysis is a particular case of a PCA, where the variability between groups is optimized.

A correlation matrix was produced for all environmental variables to select non-correlated variables to be included in the modeling of *Culicoides* seasonal abundance. Then, cross correlation maps (CCM) were used to assess the correlation between the *Culicoides* abundance averaged between sites and the selected environmental variables at different time lags. CCM were used to assess average or accumulated meteorological quantities over a period beginning at a first time lag and ending at a second time lag (Brugger and Rubel, 2013). Analyzing CCM determined which time lags of environmental variables may have had an impact on *Culicoides* abundance.

Finally, abundance was modeled with these environmental parameters and time lags (after centring and scaling) using a generalized linear model (GLM) or a negative-binomial log linear model to account for any over-dispersion of insect collection data. The model selection was based on corrected Akaike's (cAIC) and Bayesian information criteria (BIC). The validity of the selected GLM was assessed by i) plotting the observed versus the fitted values and testing Pearson's product moment correlation coefficient, ii) graphically checking the normality of the residuals, iii) graphically testing the linearity hypothesis (random distribution of residuals around 0 after they had been plotted by fitted values), and iv) graphically confirming the homogeneity of residuals.

All statistical analyses and graphs were implemented with version 3.4.2 of R software, using *ade4* package for PCA and between class analysis, *fields* for CCM, *MuMIn* for calculating the corrected Akaike and Bayesian information criteria, and *aod* for analysis of over-dispersed data.

RESULTS

Culicoides collections

The goat and cattle farms were sampled fortnightly over a period of 22 weeks (12 and 11 collections, respectively, the last sampling was not

considered due to electrical failure) during most of the *Culicoides* activity period (from mid-May 2016 to mid-October 2016). The horse-riding center was sampled fortnightly for 48 weeks (22 collections) to measure the population seasonality over an entire year (from mid-May 2016 to the end of April 2017).

During sampling periods, the temperature conditions were similar to the seasonal normal, with an average annual temperature of 20.5°C in 2016 and 20.6°C in 2017, compared to 20.1°C for the 2000–2015 period (Figure 1). The 2016 collections began with a relatively dry period with a total of 125 mm rainfall from January to May 2016, compared to 193 mm on average for the same months in the 1986–2015 period (Figure 1). In contrast, the winter of 2016–2017 was wetter than normal with 440 mm rainfall from September 2016 to May 2017 compared to 389 mm on average for the same months in the 1986–2015 period (Figure 1).

Culicoides diversity and seasonality in the three collection sites

A total of 12,460 *Culicoides* individuals belonging to at least 15 different species were collected during the survey, including 12,053 (96.7%) females and 407 (3.3%) males (Table I). From May to October 2016, during the 11 collections common to the three sites, the most abundant species were *C. imicola* (71.4% of total catches), *Culicoides newsteadi* Austen (6.4%), *Culicoides circumscriptus* Kieffer (6.4%), *Culicoides kingi* Austen (4.1%), *Culicoides cataneii* Clastrier / *Culicoides geigelensis* Dzhafarov (3.8%), *Culicoides puncticollis* (Becker) (3.6%), and *C. obsoletus* / *C. scoticus* (2.2%). Altogether these species represented 97.9% of the collected individuals (Table I).

The structure of the PCA on log-transformed abundances was driven by the seven most abundant species (or pair of species), leading to a cumulative projected inertia of 70.4% on the first three axes. The site (or the dominant domestic vertebrate species) explained 17.1% of PCA inertia ($p = 0.001$, with a permutation test), whereas the collection month explained 26.7% of PCA inertia ($p = 0.001$). The 'site/host effect' was mainly due to a higher abundance of *C. circumscriptus* in the cattle farm than in the other two sites (Figure 2A), and, but less significantly, to a higher abundance of *C. imicola* in the horse-riding center and of *C. puncticollis* and *C. paolae* in the goat farm (see

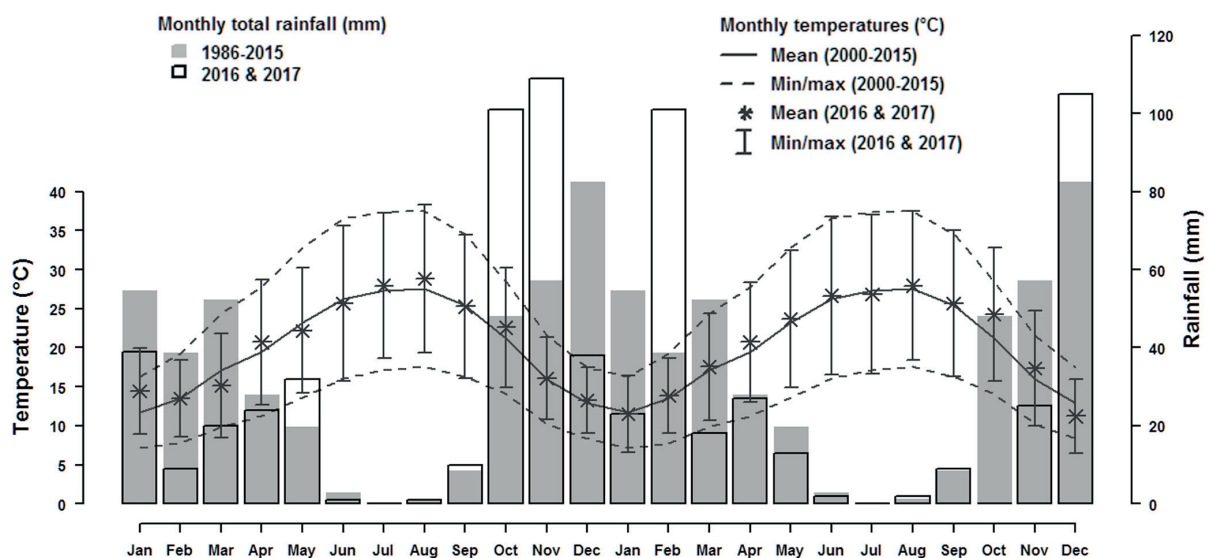


Figure 1: 2016 and 2017 monthly average meteorological conditions (temperature and precipitations) compared to seasonal normal at Rabat, Morocco.

Temperature data (day and night land surface temperatures) were extracted from MOD11A1 version 6 (Wan et al., 2015) using a 4-km² area from 2000 to 2017. Rainfall data were extracted from TAMSAT database (Maidment et al., 2014) from 1986 to 2017.

Table 1

Total number of *Culicoides* collected per species every two weeks using a UV light / suction trap (OVI type) in two farms from May to October 2016, and in a horse-riding center from May 2016 to April 2017, in Rabat region (Morocco)

Species	Riding center (n = 25 collections)			Goat farm (n = 12 collections)			Cattle farm (n = 11 collections)			Total common collections*					
	Indiv.	Female	Male	Indiv.	Female	Male	Indiv.	Female	Male	Indiv.	Female	Male	Rank		
<i>C. imicola</i>	5469	5348	121	2027	1944	83	1	1432	1392	40	1	5844	5688	156	1
<i>C. newsteadi</i>	276	274	2	131	130	1	3	270	237	33	3	524	489	35	2
<i>C. circumscriptus</i>	68	60	8	79	75	4	5	434	399	35	2	522	480	42	3
<i>C. kingi</i>	1010	966	44	107	105	2	4	71	69	2	6	335	315	20	4
<i>C. cataneii</i> / <i>C. geigelensis</i>	84	83	1	47	44	3	6	222	221	1	4	314	309	5	5
<i>C. cataneii</i> / <i>C. geigelensis</i>	55	54	1	47	44	3		222	221	1					
<i>C. cataneii</i>	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>C. geigelensis</i>	27	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>C. puncticollis</i>	20	19	1	212	197	15	2	64	56	8	7	293	269	24	6
Obsoletus group	87	87	0	30	30	0	8	96	96	0	5	181	181	0	7
<i>C. obsoletus</i> / <i>C. scoticus</i>	40	40	0	4	4	0	0	8	8	0	0	0	0	0	0
<i>C. obsoletus</i>	41	41	0	23	23	0	0	55	55	0	0	0	0	0	0
<i>C. scoticus</i>	6	6	0	2	2	0	0	33	33	0	0	0	0	0	0
<i>C. montanus</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>C. paolae</i>	11	11	0	35	33	2	7	9	9	0	9	46	44	2	8
<i>C. subfagineus</i>	22	21	1	13	13	0	9	6	6	0	10	41	40	1	9
<i>C. longipennis</i>	8	8	0	4	4	0	10	23	23	0	8	30	30	0	10
<i>C. fagineus</i>	53	53	0	0	0	0	0	1	1	0	14	27	27	0	11
<i>C. juminei</i>	4	4	0	0	0	0	0	6	6	0	10	9	9	0	12
Unknown species	7	7	0				13					7	7	0	13
<i>C. univittatus</i>	0	0	0	2	2	0	12	4	4	0	12	6	6	0	14
<i>C. parroti</i>	9	9	0	0	0	0	11	0	0	0	0	4	4	0	15
<i>C. sahariensis</i>	0	0	0	4	4	0	10	0	0	0	0	4	4	0	15
<i>C. festivipennis</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	13	2	2	0	17
<i>Culicoides</i> sp.	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

* Data from the weeks when all the sites were sampled so as to compute a global abundance rank for each species; Indiv.: individuals

Supplementary Material I for abundance per species and site). The between class analysis on the collection month highlighted the higher abundances of *C. imicola* and *C. kingi* in August/September, of *C. obsoletus* / *C. scoticus* and *C. newsteadi* in May/June and October, and the lesser abundance of *C. puncticolis* in June/July (Figure 2B).

C. imicola populations increased progressively from spring to peak in September (Suppl. Mat. II), whereas *C. kingi* was abundant only in August/September. Population densities of *C. circumscriptus*, *C. cataneii* / *C. gejjelensis* and *C. puncticolis* were unimodal with a maximal abundance in August for the first species and in July for the latter two (Suppl. Mat. II). Finally, both *C. obsoletus* / *C. scoticus* and *C. newsteadi* populations showed two peaks of abundance, the first in June, the second in October (Suppl. Mat. II).

Influence of environmental parameters on Culicoides abundance

Supplementary Material III details the correlation matrices produced with all environmental parameters, including EVI and NDVI MODIS parameters, TAMSAT daily rainfall and ECMWF-ERA5 meteorological parameters. Comparison of the day and night land surface temperatures from MODIS products and the daily 2-m temperature from ECMWF-ERA5 showed high correlations (Suppl. Mat. III). Therefore, only the temperature ECMWF-ERA5 data was used for the rest of the analysis. The temperature, which was highly correlated with the environmental vapor pressure, the relative and the absolute humidity, the atmospheric pressure, the wind speed, the rainfall and EVI, which was highly correlated with NDVI, were also retained.

Bivariate correlations between *C. imicola* abundance and environmental variables highlighted a positive impact of the temperature and absolute humidity for a large range of time lags (Figure 3). The time lags that had the highest correlation coefficients with abundance were selected (Pearson's product moment correlation coefficient $\rho = 0.80$ for 25–27 days as time lags for temperature and $\rho = 0.75$ for 23–26 days for absolute humidity). In contrast, the atmospheric pressure was negatively correlated with *C. imicola* abundance (Figure 3, $\rho = 0.83$ for 27–43 days). CCM did not indicate any specific relation between the wind speed and the number of *C. imicola* collected. The best correlation was

positive and obtained with the wind speed 36 days before collection, which seemed incidental and without any biological sense (the loss of adults is generally due to wind dispersal the day of collection). Thus, only the wind speed on the day of collection was included as a variable for modeling procedure. Finally, the EVI of the week of collection was negatively correlated with *C. imicola* abundances (Figure 3).

Table II shows the environmental parameters with the optimum time lags selected for the modeling procedure after having analyzed CCM for *C. newsteadi* (Suppl. Mat. IV), *C. circumscriptus* (Suppl. Mat. V), *C. kingi* (Suppl. Mat. VI), *C. cataneii* / *C. gejjelensis* (Suppl. Mat. VII), *C. puncticolis* (Suppl. Mat. VIII), and *C. obsoletus* / *C. scoticus* (Suppl. Mat. IX).

The selected GLM included atmospheric pressures (27-to-43-day average before collections) and mean temperatures (25-to-27-day average before collections). It correctly predicted the seasonal pattern of *C. imicola* populations ($R^2 = 0.778$, Table III), i.e. a slow increase in population from March to September when it reached a maximum, then a rapid decrease from October to February (Figure 4).

The selected models (Table III) correctly predicted the seasonal pattern of *C. circumscriptus* ($R^2 = 0.752$), *C. cataneii* / *C. gejjelensis* ($R^2 = 0.754$) and *C. puncticolis* ($R^2 = 0.670$), with the lowest accuracy for the latter (see Suppl. Mat. X for details on model selection, validation and prediction for all species). The selected models did not successfully predict the bimodal seasonal patterns of *C. newsteadi* ($R^2 = 0.463$), and *C. obsoletus* / *C. scoticus* ($R^2 = 0.700$). GLM was able to predict the abundance peaks of *C. newsteadi* populations in fall 2016 and spring 2017, but not in spring 2016 (Suppl. Mat. X). Similarly, GLM was able to predict abundance peaks of *C. obsoletus* / *C. scoticus* populations in spring 2016 and 2017, but not fully in fall 2016 (Suppl. Mat. X). Finally, the selected model predicted the general seasonal pattern of *C. kingi* populations, but failed to reproduce the November peak of abundance (Suppl. Mat. X). The atmospheric pressure was selected as a significant predictor in 5 of 7 models, always with a negative correlation, rainfall in 4 models but only once with a significant positive effect, humidity in 2 models, wind speed in 2 models with a positive correlation, and EVI and temperature only in 1 each (Table III).

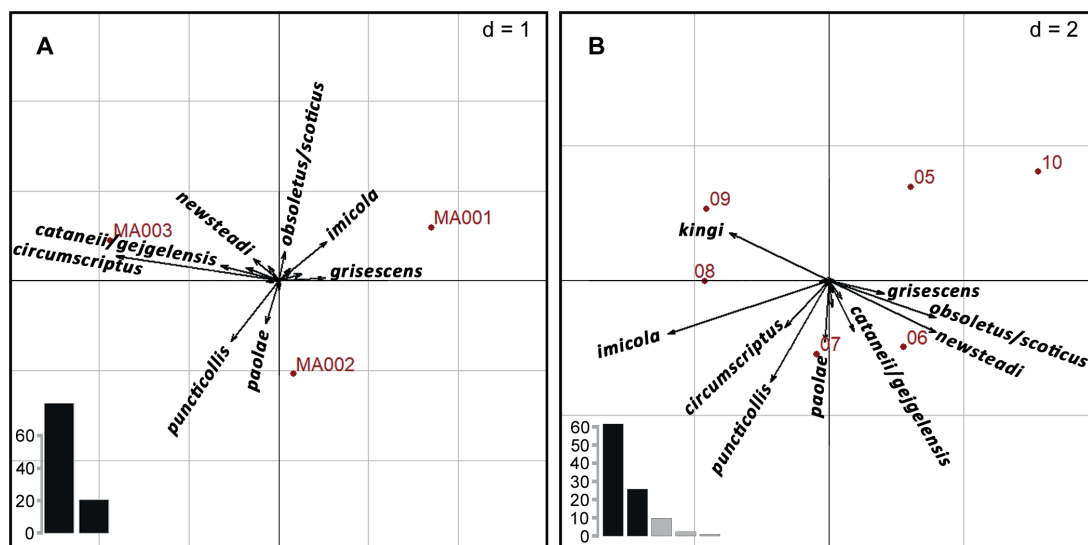


Figure 2: Between-class analysis (particular case of a principal component analysis [PCA] with optimization of the variability between groups) with the site (A) and the collection month (B) as group applied on the PCA carried out of the log-transformed 2016–2017 abundances. Bart chart: percentage of inertia explained by the axes. Culicoides collections were carried out twice a month with UV light / suction trap (OVI type) in three sites around Rabat (Morocco): a horse-riding center (MA001), a goat farm (MA002) and a cattle farm (MA003) from May (05) to October (10).

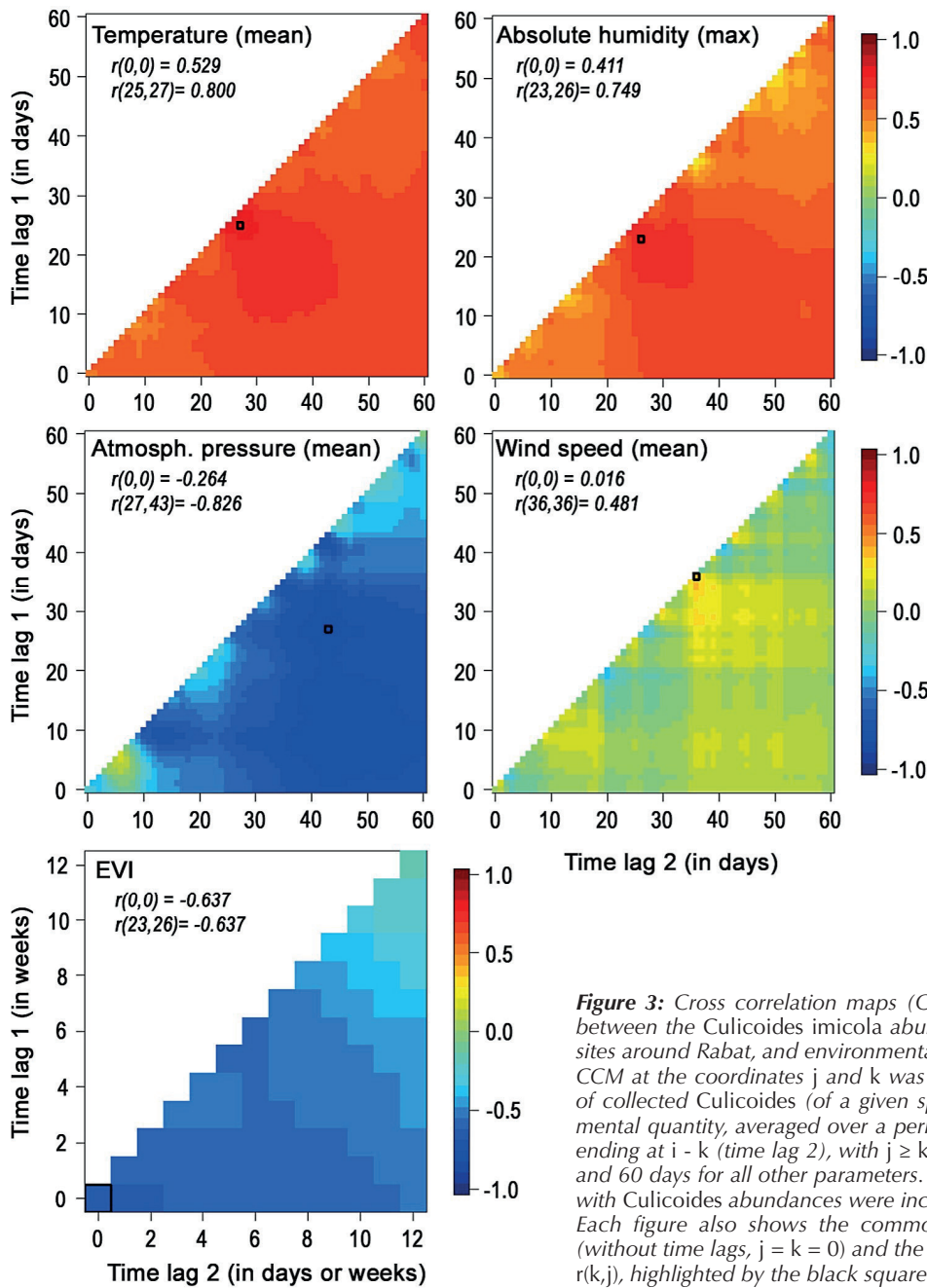


Figure 3: Cross correlation maps (CCM) investigating bivariate correlations between the *Culicoides imicola* abundance averaged at the three collection sites around Rabat, and environmental variables at different time lags. CCM at the coordinates j and k was $CCM_{j,k} = \text{cor}(Y_i, X_{i,j-i-k})$, Y_i the number of collected *Culicoides* (of a given species) at time i , and $X_{i,j-i-k}$ an environmental quantity, averaged over a period starting at time $i - j$ (time lag 1) and ending at $i - k$ (time lag 2), with $j \geq k$. Tested time lags were 12 weeks for EVI and 60 days for all other parameters. Only environmental variables correlated with *Culicoides* abundances were included in the figure. Each figure also shows the commonly used correlation coefficient $r(0,0)$ (without time lags, $j = k = 0$) and the maximum correlation coefficient of map $r(k,j)$, highlighted by the black square symbol.

Table II

Environmental variables and optimal time lags (in weeks for EVI and in days for the other parameters) selected for the modeling procedure after analyzing the cross correlation maps for each of the most abundant *Culicoides* sp. collected in 2016–2017 in Rabat region (Morocco)

Species	Temperature	Absolute humidity	Relative humidity	Atmospheric pressure	Wind speed	Rainfall	EVI
<i>C. imicola</i>	Mean [25.27]	Max [23.26]	–	Mean [27.43]	Mean [0.0]	–	[0,0]
<i>C. newsteadi</i>	–	–	Max [7.11]	Min [9.12]	–	[9. 17]	–
<i>C. circumscriptus</i>	Min [23.25]	Mean [6.25]	–	Min [27.40]	–	[37.40]	[0,0]
<i>C. kingi</i>	Mean [15.15]	Mean [20.30]	–	Max [29.39]	Mean [27.45]	[37.40]	[0,2]
<i>C. cataneii</i> / <i>C. geigelensis</i>	Min [14.14]	Mean [20.30]	Min [0.5]	Max [33.35]	Mean [27.45]	[9. 9]	[0,2]
<i>C. puncticollis</i>	Max [2.4]	Max [1.7]	Min [23.25]	Mean [15.15]	Min [5.38]	[2.60]	[0,0]
<i>C. obsoletus</i> / <i>C. scoticus</i>	–	–	Max [17.21]	Max [6.8]	Max [5.41]	[37.38]	–

EVI: Enhanced Vegetation Index

Table III

Modeling *Culicoides* abundances assessed in 2016–2017 in Rabat region (Morocco) by environmental parameters using generalized linear or binomial model

Species	Selected model	Selected variables and estimates	Pearson's correlation coefficient
<i>C. imicola</i>	GLM	Abun ~ 1.70 ^{***} - 0.77 × Pres_Mean [*] + 0.35 × Temp_Mean [°]	ρ = 0.882 (p < 0.001), R ² = 0.778
<i>C. newsteadi</i>	GLM	Abun ~ 0.87 ^{***} - 0.23 × Pres_Mean [*] + 0.59 × Rain [*]	ρ = 0.680 (p < 0.001), R ² = 0.463
<i>C. circumscriptus</i>	GLM.NB	Abun ~ 1.86 ^{***} - 1.49 × Pres_Mean ^{***} - 4.98 × Rain	ρ = 0.867 (p < 0.001), R ² = 0.752
<i>C. kingi</i>	GLM	Abun ~ 0.67 ^{***} - 0.53 × Pres_Max [*] - 0.35 × Rain	ρ = 0.628 (p < 0.001), R ² = 0.394
<i>C. cataneii</i> / <i>C. gejjelensis</i>	GLM	Abun ~ 0.51 ^{***} - 0.29 × EVI ^{***} + 0.14 × Rain + 0.87 × Wind_Mean ^{***}	ρ = 0.868 (p < 0.001), R ² = 0.754
<i>C. puncticollis</i>	GLM.NB	Abun ~ 1.56 ^{***} + 7.54 × AH_Max ^{***} - 5.06 × RH_Min [*]	ρ = 0.818 (p < 0.001), R ² = 0.670
<i>C. obsoletus</i> / <i>C. scoticus</i>	GLM.NB	Abun ~ 1.42 ^{***} - 2.69 × Pres_Max [*] - 5.85 × RH_Max ^{**} + 1.07 × Wind_Max ^{***}	ρ = 0.837 (p < 0.001), R ² = 0.700

Asterisks denote significance: *** p < 0.001; ** p < 0.01; * p < 0.05; ° p < 0.1

GLM: generalized linear model; GLM.NB: negative-binomial log linear model; Abun: log-transformed abundance for GLM or counts for NB; Pres: atmospheric pressure, Temp: temperature; Rain: total rainfall; EVI: Enhanced Vegetation Index; Wind: wind speed; AH: absolute humidity; RH: relative humidity

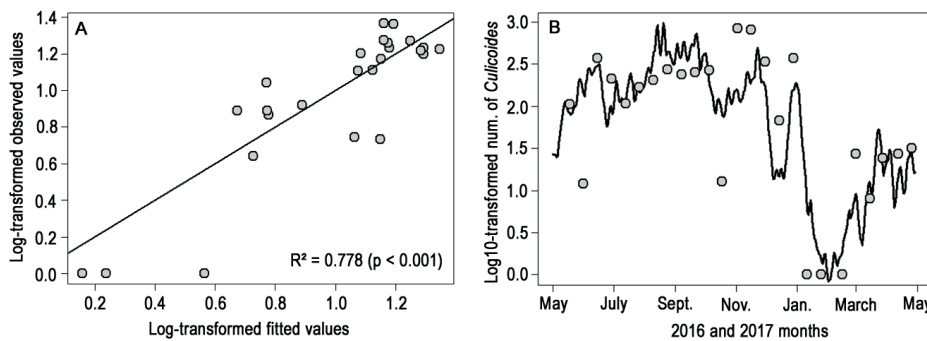


Figure 4: Comparison of fitted and observed values of the *Culicoides imicola* abundance averaged at the three collection sites around Rabat, at the collection days (A) and during the entire season (B).

DISCUSSION

Culicoides collections carried out in three different host environments around Rabat confirmed the presence of at least 15 *Culicoides* species, among which were several proven or probable vectors of arboviruses of veterinary interest. *C. imicola* is a proven BTV and AHSV vector and a suspected EHDV vector (Purse et al., 2015), *C. obsoletus* and *C. scoticus* are probable BTV vectors (Purse et al., 2015), whereas *C. newsteadi* and *C. paolae* are suspected BTV vectors (Foxi et al., 2016; Foxi et al., 2019).

C. imicola was by far the dominant species in the three sites combined. It has been reported as the most abundant and frequent species in Morocco (Baylis et al., 1997; Lhor, 2016). The species composition was similar between sites, the month of collection having more impact than the site / host species. Even if the site and host effects were intertwined, it is likely that species composition is driven first by the site location because of the location of breeding sites. For instance, Larska et al. (2017) highlight no difference in species composition between cattle and horse farms. The main difference in species composition was due to higher abundance of *C. circumscriptus*, known as a coastal species (Garros and Balenghien, 2017), in the cattle farm, which was the closest to the coast. Other abundant species

are known to breed in specific site types. *C. imicola* larvae develop in moist clay mud rich in nutrients exposed to sunlight or in moist or water saturated soils rich in organic matter (Braverman et al., 1974). Species such as *C. newsteadi* and *C. puncticollis* are found near substrates rich in water-saturated organic matter (Braverman et al., 1974). *C. kingi* larvae are more likely to be found in sunny and very salty mud (Cornet and Brunhes, 1994), whereas *C. cataneii* and *C. gejjelensis* larvae may be found in rivers or pond edges in wet meadows (Garros and Balenghien, 2017). *C. obsoletus* and *C. scoticus* may be considered ubiquitous as they develop in forest litter, tree holes, corn silage residues or composting manure (Garros and Balenghien, 2017). Finally, *C. paolae* larvae are considered specific to decaying prickly pear trees, which are common in the Mediterranean Basin.

The seasonal pattern of *C. imicola* populations observed around Rabat is consistent with previous studies carried out in Morocco, with a peak in late summer / early fall (Baylis et al., 1997), which is associated with BTV transmission in Northwestern Morocco (Lhor., 2016). This seasonal pattern is usually observed in the Mediterranean Basin (Garros and Balenghien, 2017). The peak of abundance of *C. imicola* populations is observed at the same period (September/October) in Senegal with a tropical climate, where populations are highest during the rainy season (Diarra et al., 2014). Seasonal patterns of *C. obsoletus* and *C. scoticus* vary widely depending on the climate (Garros and

Balenghien, 2017). In the Mediterranean Basin, as observed in Spain or Sardinia, they exhibit a first main peak of abundance in May/June, and later a secondary peak in October (Lucientes and Alarcón-Elbal, 2016; Foxi et al., 2016). Our observations agreed with these previous reports. The seasonal pattern of *C. newsteadi* populations highlighted the same bimodal distribution. This species is abundant during spring in Morocco and Sardinia (Lhor, 2016; Foxi et al., 2016). Finally, *C. kingi* populations were mainly abundant around Rabat in November. On the contrary, in tropical regions of Sudan and Senegal, this species is most abundant in July/August during the rainy season, and also in April when temperature is highest (El Sinnary et al., 1985; Diarra et al., 2014).

Determining the environmental factors driving these seasonal patterns is useful not only to understand better the variations in abundance, but also to be able to predict abundance as a first step for transmission risk modeling. Other factors are of course involved. Adult population seasonality is also the consequence of the long-term impact of environmental factors on the different steps of the life cycle, e.g. the duration of larval development, the longevity of both adult and immature stages, the size and frequency of egg laying (Purse et al., 2015). The same meteorological parameters, such as temperature, rainfall, or wind, may also have a short-term impact on the *Culicoides* flight activity leading to important daily variation of the proportion of the *Culicoides* population which is active and can be collected. Moreover, a single meteorological variable, such as the temperature, may have a mainly positive impact on population dynamics for a given range of values, but mainly negative impacts for another range, leading to non-linear effects on population abundance. These complexities may explain why many models have been developed to predict the presence and distribution of *Culicoides* species, in particular *C. imicola* in Europe, using climatic factors (Wittmann et al., 2001), satellite imagery (Tatem et al., 2003) or a combination of both (Baylis and Rawlings, 1998), but only a few have described the influence of meteorological and environmental parameters on *Culicoides* populations using statistical (Sanders et al., 2011; Rigot et al., 2012; Searle et al., 2013; Brugger and Rubel, 2013; Scolamacchia et al., 2014; Diarra et al., 2015) or mechanistic (White et al., 2017) modeling.

The influence of environmental parameters on the abundance was explored for species collected in 2016–2017 around Rabat. The atmospheric pressure was negatively correlated with the abundance of *C. imicola*, *C. newsteadi*, *C. circumscriptus*, *C. kingi* and *C. obsoletus* / *C. scoticus* at different time scales. Although never assessed in *Culicoides* seasonality modeling before, the atmospheric pressure has long been known to impact insect populations (Wellington, 1946), especially mating or phototaxis behavior (Pellegriano et al., 2013; Zagvazdina et al., 2015). At this stage, it is not possible to conclude if the atmospheric pressure has a real impact on *Culicoides* population abundance or if this correlation is incidental (a seasonal pattern similar to *Culicoides* seasonal pattern) or indirect (through another meteorological parameter). This is the main limitation of statistical modeling. The rainfall was positively correlated to *C. newsteadi* and *C. cataneii* / *C. gejjelensis* abundances with time lags corresponding to two weeks before collections, but negatively to *C. circumscriptus* and *C. kingi* with longer time lags (about 40 days before collection). Rainfall may have a direct negative impact on *Culicoides* activity (Murray, 1991), and long-term effects on *Culicoides* abundance by increasing the availability of breeding sites or perhaps drowning nymphs (Nevill, 1967). Long-term positive effects have been highlighted in areas with temperate climates (Brugger and Rubel, 2013) and short-term negative effects in both temperate (Sanders et al., 2011) and tropical climates (Diarra et al., 2015). The wind speed was positively correlated with the abundance of *C. cataneii* / *C. gejjelensis* and *C. obsoletus* / *C. scoticus* with a large time lag (up to 45 days before collection). Wind speed on the day of collection has often been reported as having a negative

impact on abundance by reducing flight activity (Sanders et al., 2011; Scolamacchia et al., 2014). Baylis et al. (1998) add that wind speed negatively affects the abundance of *C. imicola* in distribution modeling, through the loss of adults caused by wind dispersal. The positive correlation shown in our study should thus be considered as incidental. It is worth noting that including wind speed on the day of collection in the model did not change the outcome (data not shown). Finally, the temperature, absolute humidity and EVI were rarely selected in the models. This result contrasts with those from other studies where temperature is considered a main positive driver of *Culicoides* seasonal abundance (Sanders et al., 2011; Rigot et al., 2012; Brugger and Rubel, 2013; Scolamacchia et al., 2014; Diarra et al., 2015). The positive impact of humidity has been less often highlighted in other studies (Diarra et al., 2015) though it is known to impact adult survival (Purse et al., 2015). NDVI, which is correlated to EVI, is associated with high abundance of *C. imicola* in distribution models (Baylis and Rawlings, 1998; Baylis et al., 1998; Tatem et al., 2003; Acevedo et al., 2010), but rarely to abundance in seasonality modeling (Diarra et al., 2015). In this latter study, NDVI was higher during the rainy season, and the association with *Culicoides* abundances may be coincidental.

CONCLUSION

The primary objective of this study was to provide new insights on the *Culicoides* species composition and seasonality around Rabat, to understand better the role of *Culicoides* in BTV transmission in Morocco, where BT is currently endemic. Neither the site location (except for the cattle farm where the coastal species *C. circumscriptus* was more abundant than the other ones), nor the main vertebrate species influenced the global species composition. The seasonal pattern of *Culicoides* described was typical of the Mediterranean climate. Finally, the impact of environmental parameters which may drive *Culicoides* abundance was investigated, questioning the potential role of the atmospheric pressure.

Acknowledgments

The authors would like to thank the owner of the farms where 2016–2017 collections were carried out. The fieldwork was carried out as part of the VectorNet project of the European Food Safety Authority (EFSA) and the European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) through Framework Service Contract OC/EFSA/AHAW/2013/02-FWCI. M. Bourquia was granted by PHC Toubkal (Toubkal/17/38 campus France 36867VH) and the Centre national pour la recherche scientifique et technique (CNRST).

Author contributions statement

MB, KK and TBale were involved in the conception and planned the study. MB, IR, IB, MC, LG and WW collected the data. MB, CG, KH and TBale analyzed and interpreted the data. MB and TBale drafted the paper. CG, WW, TBald and KK revised and commented the manuscript.

REFERENCES

- Acevedo P., Ruiz-Fons F., Estrada R., Marquez A.L., Miranda M.A., Gortazar C., Lucientes J., 2010. A broad assessment of factors determining *Culicoides imicola* abundance: modeling the present and forecasting its future in climate change scenarios. *PLoS One*, 5 (12), e14236, doi: 10.1371/journal.pone.0014236
- Baylis M., Bouayoune H., Touti J., El Hasnaoui H., 1998. Use of climatic data and satellite imagery to model the abundance of *Culicoides imicola*, the vector of African horse sickness virus, in Morocco. *Med. Vet. Entomol.*, 12 (3): 255-266, doi: 10.1046/j.1365-2915.1998.00109.x

- Baylis M., El Hasnaoui H., Bouayoune H., Touti J., Mellor P.S., 1997. The spatial and seasonal distribution of African horse sickness and its potential *Culicoides* vectors in Morocco. *Med. Vet. Entomol.*, **11** (3): 203-212, doi: 10.1111/j.1365-2915.1997.tb00397.x
- Baylis M., Rawlings P., 1998. Modelling the distribution and abundance of *Culicoides imicola* in Morocco and Iberia using climatic data and satellite imagery. In: African horse sickness (Ed. Mellor P.S., Baylis M., Hamblin C., Mertens P.P.C., Calisher C.H.). Springer, Vienna, Austria, 137-153, doi: 10.1007/978-3-7091-6823-3_14
- Bourquia M., Garros C., Rakotoarivony I., Gardès L., Huber K., Boukhari I., Delécolle J.C., et al., 2019. Update of the species checklist of *Culicoides* Latreille biting midges (Diptera: Ceratopogonidae) of Morocco. *Parasit. Vectors*, **12**, 459, 13 p., doi: 10.1186/s13071-019-3720-4
- Braverman Y., Galun R.M., Ziv M., 1974. Breeding sites of some *Culicoides* species (Diptera, Ceratopogonidae) in Israël. *Mosq. News*, **34** (3): 303-308
- Brugger K., Rubel F., 2013. Bluetongue disease risk assessment based on observed and projected *Culicoides obsoletus* spp. vector densities. *PLoS One*, **8** (4), e60330, doi: 10.1371/journal.pone.0060330
- Cornet M., Brunhes J., 1994. Révision des espèces de *Culicoides* apparentées à *C. shultzei* (Enderlein, 1908) dans la région afro-tropicale (Diptera: Ceratopogonidae). *Bull. SoC. Entomol. Fr.*, **99** (2): 149-164
- Dee D.P., Uppala S.M., Simmons A.J., Berrisford P., Poli P., Kobayashi S., Andrae U., et al., 2011. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Q. J. Royal Meteorol. Soc.*, **137** (656): 553-597, doi: 10.1002/qj.828
- Diarra M., Fall M., Fall A.G., Diop A., Seck M.T., Garros C., Balenghien T., et al., 2014. Seasonal dynamics of *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) biting midges, potential vectors of African horse sickness and bluetongue viruses in the Niayes area of Senegal. *Parasit. Vectors*, **7**, 147, doi: 10.1186/1756-3305-7-147
- Diarra M., Fall M., Lancelot R., Diop A., Fall A.G., Dicko A., Seck M.T., et al., 2015. Modelling the abundances of two major *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) species in the Niayes area of Senegal. *PLoS One*, **10** (6): e0131021, doi: 10.1371/journal.pone.0131021
- Didan K., 2015. MOD13A1 MODIS/Terra Vegetation Indices 16-Day L3 Global 500m SIN Grid V006. NASA EOSDIS LP DAAC, 10.5067/MODIS/MOD13A1.006 (accessed 4 Sept. 2019)
- El Sinnary K.A., Muller R., Atta el Mannan A., Hussein S.H., 1985. The diurnal activity of *Culicoides kingi* in northern Sudan. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **38** (3): 270-275, doi: 10.19182/remvt.8515
- Foxi C., Delrio G., Falchi G., Marche M.G., Satta G., Ruiu L., 2016. Role of different *Culicoides* vectors (Diptera: Ceratopogonidae) in Bluetongue virus transmission and overwintering in Sardinia (Italy). *Parasit. Vectors*, **9**, 440, doi: 10.1186/s13071-016-1733-9
- Foxi C., Meloni G., Puggioni G., Manunta D., Rocchigiani A., Vento L., Cabras P., et al., 2019. Bluetongue virus detection in new *Culicoides* species in Sardinia, Italy. *Vet. Rec.*, **184** (20), 621, doi: 10.1136/vr.105118
- Garros C., Balenghien T., 2017. Les culicoïdes (Diptera : Ceratopogonidae). In : Entomologie médicale et vétérinaire (Ed. Duvallet G., Fontenille D., Robert V.). IRD/Quae, Marseille/Versailles, France, 345-365, doi : 10.4000/books.irdeditions.22061
- Ippoliti C., Gilbert M., Vanhuyse S., Goffredo M., Satta G., Wolff E., Conte A., 2013. Can landscape metrics help determine the *Culicoides imicola* distribution in Italy? *Geospat. Health*, **8** (1): 267-277, doi: 10.4081/gh.2013.72
- Larska M., Grochowska M., Lechowski L., Żmudziński J.F., 2017. Abundance and species composition of *Culicoides* spp. biting midges near cattle and horse in South-Eastern Poland. *Acta Parasitol.*, **62** (4): 739-747, doi: 10.1515/ap-2017-0089
- Lhor Y., 2016. La fièvre catarrhale ovine au Maroc : caractérisation épidémiologique et développement d'un modèle de prédiction spatio-temporel. Thèse Doct., Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc, 133 p.
- Lucientes A., Alarcón-Elbal P.M., 2016. *Culicoides* biting midges in Spain: A brief overview. *Small Rumin. Res.*, **142**: 69-71, doi: 10.1016/j.smallrumres.2016.01.023
- Maidment R.I., Grimes D., Allan R.P., Tarnavsky E., Stringer M., Hewison T., Roebeling R., et al., 2014. The 30-year TAMSAT African Rainfall Climatology and Time-series (TARCAT) data set. *J. Geophys. Res. Atmos.*, **119** (18): 10619-10644, doi: 10.1002/2014JD021927
- Mathieu B., Cêtre-Sossah C., Garros C., Chavernac D., Balenghien T., Carpenter S., Stetier-Rio M.L., et al., 2012. Development and validation of ILC: an interactive identification key for *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) females from the Western Palaearctic region. *Parasit. Vectors*, **5**: 137, doi: 10.1186/1756-3305-5-137
- Mellor P.S., Hamblin C., 2004. African horse sickness. *Vet. Res.*, **35**: 445-466, doi: 10.1051/vetres:2004021
- Murray M.D., 1991. The seasonal abundance of female biting-midges, *Culicoides brevitarsis* Kieffer (Diptera, Ceratopogonidae), in coastal South-Eastern Australia. *Aust. J. Zool.*, **39** (3): 333-342, doi: 10.1071/ZO9910333
- Nevill E.M., 1967. Biological studies on some South African *Culicoides* species (Diptera: Ceratopogonidae) and the morphology of their immature stages. MSc Diss. Agric., University of Pretoria, South-Africa, 97 p.
- Pellegrino A.C., Peñaflo M.F.G.V., Nardi C., Bezner-Kerr W., Guglielmo C.G., Bento J.M.S., McNeil J.N., 2013. Weather forecasting by insects: modified sexual behaviour in response to atmospheric pressure changes. *PLoS One*, **8** (10): e75004, doi: 10.1371/journal.pone.0075004
- Purse B.V., Carpenter S., Venter G.J., Bellis G., Mullens B.A., 2015. Bionomics of temperate and tropical *Culicoides* midges: knowledge gaps and consequences for transmission of *Culicoides*-borne viruses. *Annu. Rev. Entomol.*, **60**: 373-392, doi: 10.1146/annurev-ento-010814-020614
- Rigot T., Conte A., Goffredo M., Ducheyne E., Hendrickx G., Gilbert M., 2012. Predicting the spatio-temporal distribution of *Culicoides imicola* in Sardinia using a discrete-time population model. *Parasit. Vectors*, **5**: 270, 10.1186/1756-3305-5-270
- Sanders C.J., Shortall C.R., Gubbins S., Burgin L., Gloster J., Harrington R., Reynolds D.R., et al., 2011. Influence of season and meteorological parameters on flight activity of *Culicoides* biting midges. *J. Appl. Ecol.*, **48** (6): 1355-1364, doi: 10.1111/j.1365-2664.2011.02051.x
- Savini G., Afonso A., Mellor P., Aradaib I., Yadin H., Sanaa M., Wilson W., et al., 2011. Epizootic hemorrhagic disease. *Res. Vet. Sci.*, **91** (1): 1-17, doi: 10.1016/j.rvsc.2011.05.004
- Scolamacchia F., Van Der Broek J., Meiswinkel R., Heesterbeek J.A.P., Elbers A.R.W., 2014. Principal climatic and edaphic determinants of *Culicoides* biting midge abundance during the 2007-2008 bluetongue epidemic in the Netherlands, based on OVI light trap data. *Med. Vet. Entomol.*, **28** (2): 143-156, doi: 10.1111/mve.12028
- Searle K.R., Blackwell A., Falconer D., Sullivan M., Butler A., Purse B.V., 2013. Identifying environmental drivers of insect phenology across space and time, *Culicoides* in Scotland as a case study. *Bull. Entomol. Res.*, **103** (2): 155-170, doi: 10.1017/S0007485312000466
- Shaman J., Kohn M., 2009. Absolute humidity modulates influenza survival, transmission, and seasonality. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **106** (9): 3243-3248, doi: 10.1073/pnas.0806852106
- Tatem A.J., Baylis M., Mellor P.S., Purse B.V., Capela R., Pena I., Rogers D.J., 2003. Prediction of bluetongue vector distribution in Europe and North Africa using satellite imagery. *Vet. Microbiol.*, **97** (1-2): 13-29, doi: 10.1016/j.vetmic.2003.08.009
- Venter G.J., Labuschagne K., Hermanides K.G., Boikanyo S.N.B., Majatladi D.M., Morey L., 2009. Comparison of the efficiency of five suction light traps under field conditions in South Africa for the collection of *Culicoides* species. *Vet. Parasitol.*, **166** (3-4): 299-307, doi: 10.1016/j.vetpar.2009.08.020
- Wan Z., Hook S., Hulley G., 2015. MOD11A1 MODIS/Terra Land Surface Temperature/Emissivity Daily L3 Global 1km SIN Grid V006. NASA EOSDIS LP DAAC, doi: 10.5067/MODIS/MOD11A1.006 (accessed 4 Sept. 2019).
- Wellington W.G., 1946. The effects of variations in atmospheric pressure upon insects. *Can. J. Res.*, **24d** (2): 51-70, doi: 10.1139/cjr46d-006
- White S.M., Sanders C.J., Shortall C.R., Purse B.V., 2017. Mechanistic model for predicting the seasonal abundance of *Culicoides* biting midges and the impacts of insecticide control. *Parasit. Vectors*, **10**, 162, doi: 10.1186/s13071-017-2097-5
- Wittmann E.J., Mellor P.S., Baylis M., 2001. Using climate data to map the potential distribution of *Culicoides imicola* (Diptera: Ceratopogonidae) in Europe. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epizoot.*, **20** (3): 731-740, doi: 10.20506/rst.20.3.1306
- Zagvazdina N.Y., Paris T.M., Udell B.J., Stanislauskas M., McNeill S., Allan S.A., Mankin R.W., 2015. Effects of atmospheric pressure trends on calling, mate-seeking, and phototaxis of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, **108** (5): 762-770, doi: 10.1093/aesa/sav069

Résumé

Bourquia M., Garros C., Rakotoarivony I., Boukhari I., Chakrani M., Huber K., Gardès L., Wint W., Baldet T., Khallaayoune K., Balenghien T. Diversité et saisonnalité des *Culicoides* dans trois élevages aux hôtes différents dans la région de Rabat (Maroc)

Le Maroc a connu plusieurs épizooties liées à des virus transmis par les *Culicoides* au cours des dernières décennies, et la majorité des études associées ont porté sur *Culicoides imicola*, considéré depuis longtemps comme le seul vecteur d'importance. L'évolution de l'épidémiologie de la fièvre catarrhale du mouton (FCM) dans le bassin méditerranéen et en Europe au cours des vingt dernières années a souligné l'importance des autres espèces de *Culicoides* dans la transmission du virus de la FCM. L'objectif de cette étude était de fournir de nouvelles connaissances sur la composition d'espèces et la saisonnalité des *Culicoides* dans trois élevages aux hôtes différents (centre équestre, élevage de caprins et élevage de bovins) près de Rabat, capitale du Maroc, où la FCM est endémique depuis 2004. Des collectes ont été réalisées à l'aide de pièges lumineux et à aspiration pendant deux nuits consécutives, tous les 15 jours, de mai 2016 à mai 2017. Lorsque cela a été possible, les *Culicoides* ont été identifiés morphologiquement au niveau de l'espèce. Des analyses multivariées ont été utilisées pour comparer l'effet du site / de l'espèce animale à l'effet du mois de collecte sur la composition des espèces. En outre, des méthodes de modélisation statistique ont permis d'identifier les déterminants environnementaux de la saisonnalité des *Culicoides*. Un total de 12 460 *Culicoides*, appartenant à au moins 15 espèces différentes, ont été capturés pendant l'étude. *Culicoides imicola* a été de loin l'espèce la plus abondante (71,4 % du total des captures). La localisation du site, et donc l'espèce hôte, ont eu peu d'impact sur la composition des espèces, qui a été principalement influencée par le mois de collecte. De manière surprenante, la pression atmosphérique a été le paramètre environnemental le plus fréquemment sélectionné dans les modèles saisonniers. L'impact potentiel de ce paramètre météorologique et des autres variables sélectionnées est discuté. Identifier les paramètres environnementaux gouvernant l'abondance saisonnière des *Culicoides* est la première étape pour construire des modèles robustes de dynamique des populations, qui pourront être utilisés ultérieurement dans des modèles estimant le risque de transmission.

Mots-clés : bétail, cheval, *Culicoides*, virus bluetongue, conditions météorologiques, facteur du milieu, Maroc

Resumen

Bourquia M., Garros C., Rakotoarivony I., Boukhari I., Chakrani M., Huber K., Gardès L., Wint W., Baldet T., Khallaayoune K., Balenghien T. Composición y estacionalidad de *Culicoides* en tres medios ambientes de huéspedes en la región de Rabat (Marruecos)

En las últimas décadas, Marruecos ha sufrido varios brotes de virus transmitidos por *Culicoides* y la mayoría de los estudios se han centrado en *Culicoides imicola*, considerado durante mucho tiempo como el único vector importante. El cambio en la epidemiología de la lengua azul (BT) en la cuenca del Mediterráneo y Europa durante las últimas dos décadas ha puesto de relieve el papel de otras especies de *Culicoides* en la transmisión del virus de BT. El objetivo de este estudio fue proporcionar nuevos conocimientos sobre la composición y la estacionalidad de las especies de *Culicoides* en tres diferentes medios ambientes de huéspedes (centro de equitación, una cabra y una finca de ganado) cerca de Rabat, la capital de Marruecos, donde BT ha sido endémica desde 2004. Las colecciones con trampas de luz / succión se llevaron a cabo durante dos noches consecutivas, a intervalos de quince días, entre mayo de 2016 y mayo de 2017. Siempre que fue posible, los culicoides se identificaron morfológicamente a nivel de especie. Se utilizaron análisis multivariados para comparar el impacto del sitio/especies de vertebrados y el mes de recolección sobre las comunidades de especies. Además, se utilizó un modelo estadístico para identificar los gatillos ambientales de la estacionalidad de *Culicoides*. Un total de 12 460 individuos *Culicoides* pertenecientes a por lo menos 15 especies diferentes fueron recolectados durante la encuesta. *Culicoides imicola* fue ampliamente la especie más abundante (71,4% de las capturas totales). La ubicación del sitio, y por lo tanto las especies de vertebrados, no influyeron en la composición de la especie, que se vio afectada principalmente por el mes de recolección. Sorprendentemente, la presión atmosférica fue el parámetro ambiental más frecuentemente seleccionado en los modelos estacionales. Se discute el impacto potencial de este parámetro meteorológico junto con las otras variables seleccionadas. El primer paso es el de identificar los parámetros ambientales que favorecen la abundancia estacional de *Culicoides*, con el fin de implementar modelos robustos y dinámicos de *Culicoides*, que luego podrían usarse en modelos de riesgo de transmisión.

Palabras clave: ganado, caballos, *Culicoides*, virus lengua azul, condiciones atmosféricas, factores ambientales, Marruecos