

Analyse des déterminants de l'élevage pastoral face aux changements globaux à l'aide du modèle Random Forest au Burkina Faso

[Analysis of the determinants of pastoral livestock farming in the face of global changes using the Random Forest model in Burkina Faso]

Abdoul Kader Gandema^{1,2}, Salifou Ouedraogo-Kone^{1,2}, André Kiema³, and Bilassé Zongo^{1,4}

¹Université Nazi Boni (UNB), 01 BP 1091 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

²Institut du Développement Rural (IDR), Laboratoire d'Etudes et de Recherches en Ressources Naturelles et des Sciences de l'Environnement (LERNSE), Burkina Faso

³Centre de Recherches Environnementales, Agricoles et de Formation de Kamboinsin (CREAF), Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), 01 BP 476 Ouagadougou 01, Burkina Faso

⁴UFR, Sciences de la Vie et de la Terre (UFR, SVT), Université Nazi BONI, Burkina Faso

Copyright © 2025 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In Burkina Faso, pastoralism plays an important role in the development of animal production. However, the factors of its survival today remain insufficiently controlled. The objective of this study is to determine the important variables involved in predicting the survival of pastoralism in Sahelian countries plagued by insecurity. This study was conducted in two agroecological zones of Burkina Faso. It consisted of the selection of variables using the Random Forest package of Minitab 19.1 software to assess the importance of these variables in predicting the future practice of pastoral mobility. The results showed that the number of cattle was high among migrants with great variability (60 to 80 heads). Native herders have the highest numbers of small ruminants respectively 25 to 35 for sheep and 20 to 33 for goats. The results of the model showed eleven (11) variables strongly influenced the importance of the variables; The main variables were the village (55.48%), cattle population (14.754%), animal acquisition method (8.716%), and age (4.461%). Geographical and zootechnical factors were predominant, unlike social variables, which had little influence. In the current context of major social changes, it would be important to emphasize that a strategic approach could benefit the sustainability of pastoral farming. In order to ensure the survival and prosperity of this ancestral practice, it would be wise to carefully consider and effectively integrate the important variables.

KEYWORDS: trajectory, pastoral mobility, sustainability, mutation.

RESUME: Au Burkina Faso, le pastoralisme joue un rôle important dans le développement de la production animale. Cependant, les facteurs de sa survie de nos jours demeurent insuffisamment maîtrisés. L'objectif de cette étude a visé à déterminer les variables importantes entrant dans la prédiction de la survie du pastoralisme dans les pays sahéliens en proie à l'insécurité. Cette étude a été conduite dans deux zones agroécologiques du Burkina Faso. Elle a consisté à la sélection des variables à l'aide du package Random Forest du logiciel Minitab 19.1 pour évaluer leurs importances dans la prédiction de la pratique future de la mobilité pastorale. Les résultats ont montré que l'effectif des bovins a été élevé chez les migrants avec une grande variabilité (60 à 80 têtes). Les éleveurs natifs présentent les effectifs de petits ruminants les plus élevés respectivement 25 à 35 pour les ovins et 20 à 33 pour les caprins. L'analyse d'importance des variables a identifié onze (11) qui présentent une influence significative sur les prédictions du modèle. Les principales variables ont été le village (55,48 %), l'effectif bovin (14,754 %), le mode d'acquisition des animaux (8,716 %), et l'âge (4,461 %). Les facteurs géographiques et zootechniques étaient prédominants, contrairement aux variables sociales, peu influentes. Dans le contexte actuel de

changements sociaux majeurs, afin d'assurer la survie et la prospérité de cette pratique ancestrale, il serait important de souligner qu'une approche stratégique pourrait bénéficier à la pérennité de l'élevage pastoral.

MOTS-CLEFS: trajectoire, mobilité pastorale, durabilité, mutation.

1 INTRODUCTION

Les systèmes d'élevage pastoraux dans le contexte africain sont sujets de questionnements quant à leur avenir. Des postulats des nouvelles politiques d'intensification concourent à la non-durabilité de la pratique du système pastoral [1]. Notons que le pastoralisme est un élevage sur parcours, capable de tirer le meilleur parti de la variabilité des ressources naturelles. Cette filière joue un rôle crucial dans la lutte contre la pauvreté permettant une augmentation des revenus dans les zones rurales. Les systèmes pastoraux fournissent près de 90 % de la viande et plus de 95 % du lait au marché national du Burkina Faso [2]. Dans les pays d'élevage, optimiser la production animale pour répondre à la demande, réduire l'impact environnemental et améliorer la nutrition des petits exploitants est crucial [3]. Cependant, l'accroissement de la productivité et des productions animales est entravé par des contraintes de changement global. En effet, dans la sous-région, les transformations structurelles modifient les moyens de subsistance et la viabilité des économies, avec la crise politico-sécuritaire qui pose des contraintes spécifiques au pastoralisme [4], [5]. De la problématique d'accès aux équipements et aux aménagements pastoraux, les éleveurs font face à la récente crise sécuritaire [6]. De nos jours, l'insécurité est devenue le centre des débats sur le pastoralisme en Afrique de l'Ouest [7]. Face à ces événements, les pasteurs et agropasteurs ont développé des stratégies pour augmenter leur résilience. Cette étude a été initiée pour une meilleure compréhension des facteurs favorables à la durabilité de cette pratique. L'objectif a été d'analyser les principaux déterminants qui influencent la production et la gestion du bétail dans les systèmes pastoraux du Burkina Faso, en tenant compte des changements climatiques, des politiques agrosylvopastorales et de la situation sécuritaire.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE D'ÉTUDE

2.1 ZONE D'ÉTUDE

L'étude a été réalisée au Burkina Faso (figure 1). Pays situé à l'ouest du Burkina Faso. L'enquête s'est déroulée dans quatre régions administratives à savoir les Cascades, les Hauts-Bassins, le Sud-Ouest et le Sahel. Ces régions sont situées aux antipodes des zones agroécologiques à savoir la zone sud-soudanienne et nord-sahélienne. Ces régions sont traversées par l'axe de transhumance transfrontalière Mali - Burkina - Côte d'Ivoire. La zone sud-soudanienne est située au sud du parallèle 11°30', avec une pluviométrie moyenne annuelle variant entre 900 et 1200 mm. La zone nord-sahélienne, située au nord du parallèle 14°00'N, avec une pluviométrie annuelle moyenne variant entre 300 et 600 mm [8].

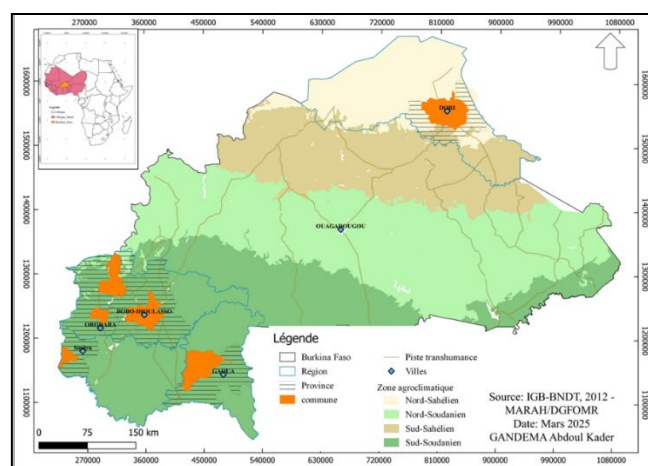


Fig. 1. Zone d'étude

2.2 COLLECTE DE DONNÉES

Des interviews individuelles avec l'aide de questionnaires semi-structurés ont été réalisées avec les pasteurs, agropasteurs déplacés internes ou autochtones. Trente-huit (38) villages dans neuf (9) communes ont été retenus pour notre enquête. La méthode

d'échantillonnage aléatoire a été utilisée. Le choix des villages a été fait en fonction du niveau d'insécurité dans la zone. Les critères de ce choix ont été basés essentiellement sur l'accueil ou le départ des PDI et des principales pistes de transhumance. Le questionnaire a porté sur la caractéristique sociodémographique, le mode d'élevage, la technique d'intensification, les changements dans les pratiques d'élevage ces dix dernières années et le système pastoral peulh. Le nombre d'individus à enquêter a été déterminé à l'aide de la formule d'Anderson (2025) sur : <https://fr.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>. L'effectif de la population des pasteurs et agropasteurs a été obtenu grâce au rapport MinEFP-INSD (2022). Pour une population de 3,3 millions, l'échantillon estimé a été d'environ 267 pasteurs et agropasteurs pour obtenir des résultats représentatifs avec une marge d'erreur de 6 % et un niveau de confiance de 95 %.

2.3 ANALYSE STATISTIQUE

Les données ont été collectées par l'application KoBoCollect. Le logiciel R a été utilisé pour calculer les fréquences de citation et le test de khi2 au seuil de 5 % pour la comparaison des fréquences. L'utilisation de l'algorithme Random Forest a été implémentée via le logiciel Minitab (version 19.1), afin de modéliser la pratique de l'élevage pastoral dans le futur. Les Random Forest constituent un outil d'apprentissage automatique adopté pour les tâches de classification en raison de leur facilité d'interprétation face aux modèles complexes [10]. Le principe des forêts aléatoires consiste à combiner plusieurs arbres de décision binaires construits à partir de plusieurs échantillons bootstrap issus de l'échantillon d'apprentissage et à choisir aléatoirement à chaque nœud un sous-ensemble de variables explicatives [11]. Le modèle Random Forest a été paramétré avec un optimal de 60 arbres, selon l'analyse de la déviance binomiale. La base de données a été divisée en deux sous-ensembles à savoir le jeu d'apprentissage (70 %) et le jeu de test (30 %) pour valider la performance du modèle.

3 RÉSULTAT

3.1 CARTÉRISATION SOCIALE DES ENQUÊTES

Le tableau 1 révèle que la population étudiée est majoritairement peulh (59,2 %) et sénoufo (19,3 %), les autres ethnies étant minoritaires. Le taux de non-scolarisation est élevé (81,0 %), avec seulement 9,3 % ayant un niveau primaire et 1,3 % un niveau secondaire. Les éleveurs sont principalement des migrants (63,7 %), suivis des natifs (20,9 %) et des déplacés internes (15,4 %). 91,4 % des éleveurs n'appartenant à aucune association. La population est vieillissante, avec peu de jeunes de moins de 35 ans (13,8 %), une majorité d'éleveurs âgés de 35 à 65 ans (76,5 %) et 9,6 % de plus de 65 ans. La taille des familles est majoritairement inférieure ou égale à 10 personnes (63 %), tandis que 29,6 % ont entre 10 et 20 membres.

Tableau 1. *Caractéristiques sociales des éleveurs*

Variables	Modalités	Fréquence (%)	P-value
Ethnie	Peul	59,2	< 2.2e-16
	Sénoufo	19,3	
	Lobi	8,0	
	Mossi	4,5	
	Autre	4,2	
	Toussian	3,2	
	Bobo	1,6	
Statut	Migrant	63,7	< 2.2e-16
	Natif	20,9	
	Déplacé interne	15,4	
Tranche âges	≤ 35ans	13,8	< 2.2e-16
] 35 ; 65ans [76,5	
	> 65ans	9,7	
Taille de la famille	≤ 10 personnes	63,0	< 2.2e-16
	10 - 20 personnes	29,6	
	20 - 30 personnes	3,9	
	30 à 40 personnes	2,3	
	> 40 personnes	1,2	

3.2 CARACTÉRISATION DES EFFECTIFS

La figure 2 illustre la répartition de la taille des troupeaux bovins, ovins et caprins selon le statut des éleveurs. Les déplacés internes (0 à 40 têtes) présentent des troupeaux bovins de taille variable, avec de faibles effectifs. Chez les migrants (60 à 80 têtes), la taille des troupeaux bovins présente une faible variabilité avec des troupeaux plus importants. Les natifs (30 à 60 têtes) ont une distribution d'effectifs bovins similaire aux déplacés internes. Concernant les ovins, les troupeaux des déplacés internes (5 à 7 têtes) sont considérablement réduits. Les migrants (20 à 25 têtes) présentent une hétérogénéité, avec des troupeaux de tailles variables. Les natifs (25 à 35 têtes) possèdent en moyenne des troupeaux ovins plus grands et stables. Pour les caprins, les déplacés internes (5 à 8 têtes) possèdent des petits troupeaux, similaires aux troupeaux des migrants. Les natifs (20 à 33 têtes) possèdent les plus grands troupeaux de caprins avec une stabilité. Les déplacés internes possèdent les troupeaux des petits ruminants moins dispersés avec des effectifs plus petits.

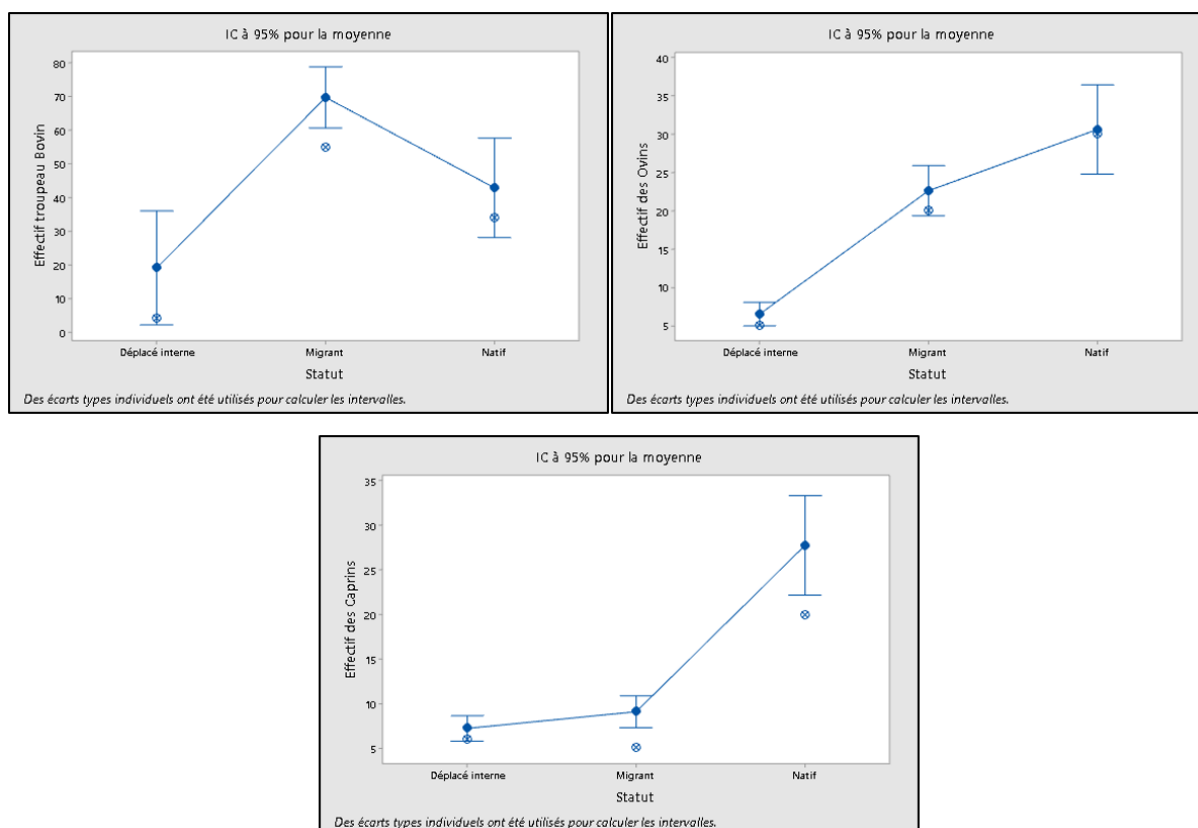


Fig. 2. Répartition de la taille des troupeaux (bovins, ovins et caprins) selon le statut des éleveurs

3.3 CIRCUIT DE PATURAGE DES PASTEURS ET AGROPASTEURS

La figure 3 présente les principaux circuits de pâturage du bétail durant les saisons. En saison pluvieuse, le circuit 1 est majoritairement pratiqué par 66,4 % des éleveurs enquêtés. Dans ce circuit, les animaux vont du parc à la zone de pâture, puis, après un repos, les animaux vont à l'abreuvement et retournent au parc. Le second circuit est pratiqué par 16,4 % des éleveurs. Quant au circuit 3 (5,7 %), assez similaire au circuit 1, mais avec une transition directe entre l'abreuvement et le repos. Les principaux circuits de pâturage du bétail durant les saisons sèches chaude et froide ont été similaires. En effet, en saison sèche chaude, trois itinéraires ont été observés à savoir le circuit 1 (80,7 %), le circuit 2 (8,4 %) et le circuit 3 (4,2 %). En saison sèche froide, le circuit 1 est également dominant (74,8 %). Ce dernier consiste à un départ du parc pour le pâturage, abreuvement, repos et retour au parc. Le circuit 2 (7,1 %) place l'abreuvement avant le pâturage, quant au circuit 3 (6,3 %), on constate une alternance pâturage et repos. La pâture en saison sèche froide se caractérise par une pâture dominante avec un repos après abreuvement. En saison sèche chaude, on constate une pâture systématique avec des circuits plus homogènes. La saison pluvieuse se caractérise plus avec un circuit plus varié avec repos dominant avant abreuvement.

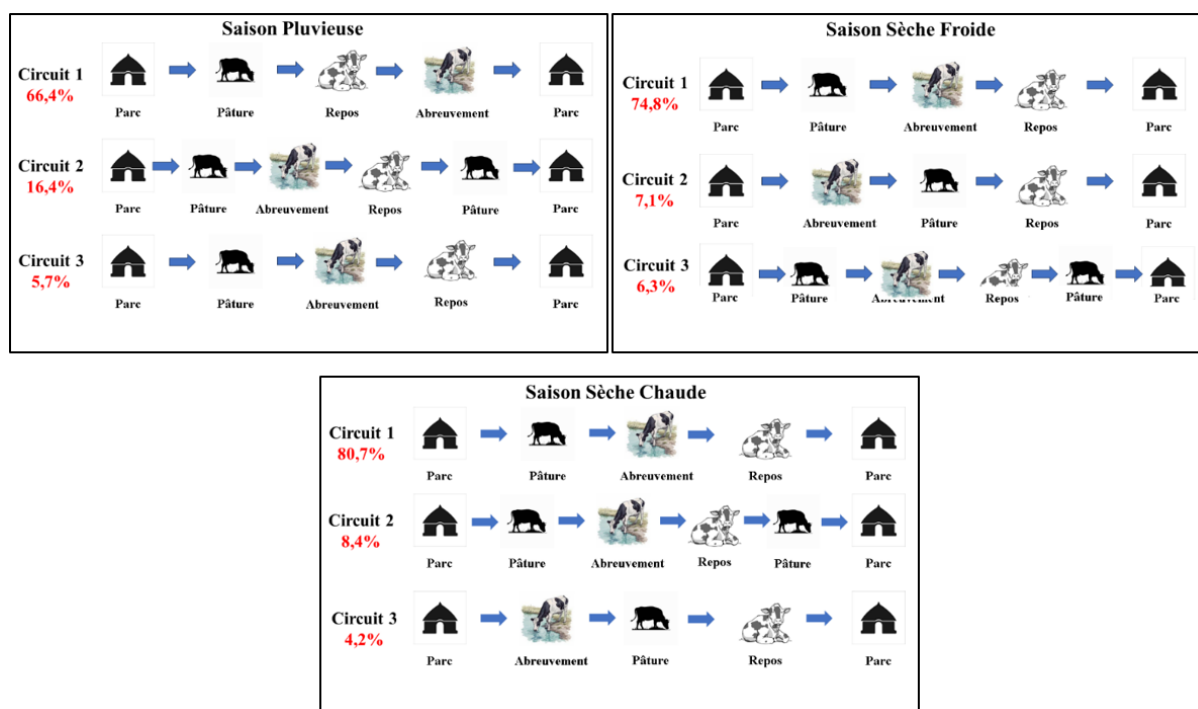


Fig. 3. Principaux circuits de pâturage

3.4 FACTEURS DE DURABILITE DE L'ELEVAGE PASTORAL

Le tableau 2 révèle l'influence relative de plusieurs variables et la perte moyenne par exclusion. La variable village est prédominante (55,48 %). L'effectif bovin arrive en deuxième position (14,754 %), suivi par le mode d'acquisition des animaux (8,716 %). L'âge (4,461 %) et la pratique de la transhumance (3,787 %) ont une influence modérée, cette dernière affectant la gestion des troupeaux et l'exposition aux risques.

Tableau 2. Influence relative des variables et la perte moyenne par leur exclusion

Variables	Influence relative des variables (%)	Perte moyenne par exclusion
Village	55,480	0,165
Effectif troupeau bovin	14,754	0,178
Mode d'acquisition des animaux	8,716	0,094
Âge de l'éleveur	4,461	0,057
Pratique de la transhumance	3,787	0,049
Statut des animaux	3,594	0,048
Effectif des Caprins	3,230	0,068
Taille du ménage	2,706	0,056
Effectif des Ovins	2,122	0,037
Nombre de bergers	0,672	0,039
Statut de la famille	0,477	0,042
Genre de l'éleveur	0,000	0,030
Ethnie de l'éleveur	0,000	0,030
Niveau d'instruction	0,000	0,030
Activité principale	0,000	0,030
Statut du berger	0,000	0,030
Ethnie du berger	0,000	0,030

Le tableau 3 présente la décomposition additive des prédictions des variables suivant cinq (5) cas du modèle. Ce tableau illustre l'importance de chaque variable dans le futur de l'élevage pastoral pour chacun des 5 cas spécifiquement. Il révèle les résultats clés sur

le fonctionnement du modèle de prédiction et les facteurs qui influencent la pratique de l'élevage pastoral dans le futur. Les cas 1,3 et 4 ont présenté une probabilité de prédiction élevée à la continuité de l'activité pastorale (72.1 %, 82.1 %, 91.5 %). Deux (2) cas ont prédit sur l'abandon de l'activité de pastoralisme avec des probabilités de prédiction modérées et élevées (58.7 % et 90.8 %). La variable « Village » a une contribution qui a varié (+0,151 pour le cas 1, +0,211 pour les cas 3 et 4). L'effet de l'effectif du troupeau bovin a aussi varié considérablement. L'effet a été négatif -0,195 et -0,117 pour les cas 1,3 et 4 et positive pour les cas 2 et 5 (+0,195). L'impact de la transhumance sur la survie du pastoralisme a varié selon les scénarios, avec des contributions respectives de 0,100, -0,075 et 0,77 pour les cas 1, 2 et 3.

Tableau 3. Contributions des variables aux prédictions du modèle par cas

Case	Predicted (Prob.)	Base	Village	Genre	Âge	Ethnie	Niveau_instruct	Tail ménage	Activité princ	Statut	Effectif ovin	Effec troupeau bovin	Effectif caprin	Nbre bergers	Statut berger	Ethnie berger	Statut animaux	Mde acquisi anx	Transhumnce
1	Oui(0,721)	0,681	0,151	0,00	-0,048	0,00	0,00	0,083	0,00	0,071	-0,002	-0,195	0,210	-0,057	0,00	0,00	-0,060	-0,214	0,100
2	Non (0,587)	0,319	-0,004	0,00	-0,029	0,00	0,00	0,056	0,00	-0,075	0,006	0,195	-0,157	0,059	0,00	0,00	0,119	0,173	-0,075
3	Oui(0,821)	0,681	0,211	0,00	0,049	0,00	0,00	-0,039	0,00	0,055	-7,8.10 ⁻⁴	-0,117	0,175	-0,046	0,00	0,00	-0,053	-0,171	0,077
4	Oui(0,915)	0,681	0,211	0,00	0,035	0,00	0,00	-0,024	0,00	0,031	-8,3.10 ⁻⁵	-0,117	0,069	-0,028	0,00	0,00	-0,028	0,105	-0,019
5	Non (0,908)	0,319	0,035	0,00	0,122	0,00	0,00	0,034	0,00	-0,023	0,003	0,195	-0,127	0,021	0,00	0,00	0,104	0,173	0,051

La figure 4 présente la courbe ROC du modèle de prédiction permettant ainsi d'évaluer la performance du modèle de classification de la pratique de l'élevage pastoral dans le futur. L'analyse de la courbe ROC a permis de rejeter l'hypothèse nulle de classification non informative (AUC = 0.5). Le modèle de l'étude a démontré une capacité de discrimination statistiquement significative et robuste. Il a identifié correctement une proportion élevée de vrais positifs. Les résultats ont présenté une bonne capacité prédictive du modèle. La probabilité de prédiction de la pratique dans le futur de l'élevage pastoral ("Oui") a été bonne.

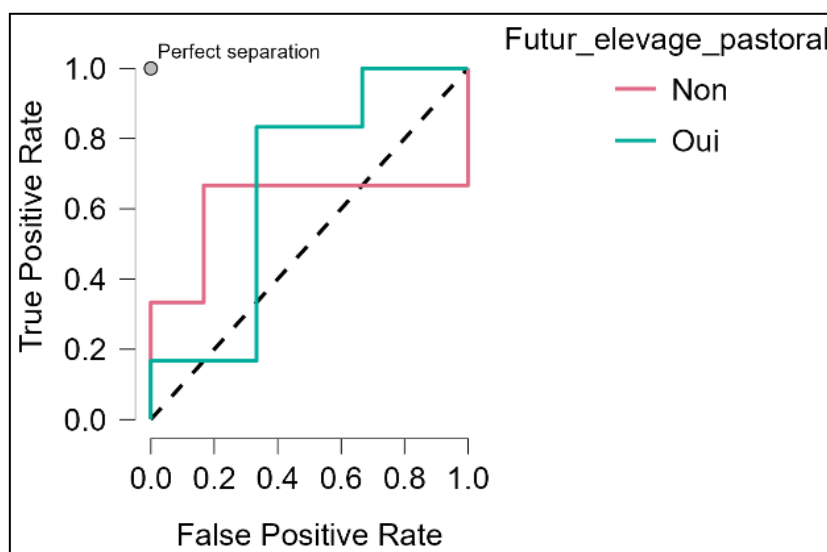


Fig. 4. Courbe ROC (Receiver Operating Characteristic)

Ce tableau 4 présente une évaluation des performances du modèle de classification binaire utilisé. Pour évaluer la validité du modèle à partir des métriques de performance fournies, examinons chaque indicateur clé. Pour la performance globale du modèle, l'exactitude (Accuracy) a été de 80 %, Le AUC (Area Under Curve) a été de 0,694, indiquant une séparation modérée entre les classes "Oui" et "Non". Pour la classe « Oui », la précision (PPV) a été de 90,9 %, avec un Recall de 83,3 %. La Classe « Non » présente une précision (PPV) de 50 %. Lorsqu'il prédit "Non", il est correct seulement 50 % du temps. Une faible proportion de faux positifs pour "Non" (16,7 %).

Tableau 4. Mesures de performance du modèle

Métriques	Oui	Non	Total
Support	12	3	15
Accuracy	0,800	0,800	0,800
Precision (Positive Predictive Value)	0,909	0,500	0,827
Recall (True Positive Rate)	0,833	0,667	0,800
False Positive Rate	0,333	0,167	0,250
False Discovery Rate	0,091	0,500	0,295
F1 Score	0,870	0,571	0,810
Matthews Correlation Coefficient	0,452	0,452	0,452
Area Under Curve (AUC)	0,722	0,667	0,694
Negative Predictive Value	0,500	0,909	0,705
True Negative Rate	0,667	0,833	0,750
False Negative Rate	0,167	0,333	0,250
False Omission Rate	0,500	0,091	0,295
Threat Score	2,500	0,400	1,450
Statistical Parity	0,733	0,267	1,000

La figure 5 a permis d’examiner les relations entre plusieurs variables concernant la pratique de l’élevage pastoral. Avec deux variables cibles, le graphique présente chaque éleveur en un point avec la frontière de décision. En effet, la frontière de décision est une ligne séparant le nuage de point en deux zones distinctes où le modèle prédit "Oui" et une autre où il prédit "Non". Les frontières ont été très irrégulières (Ages × Effectif bovin; Effectif ovin × effectif bovin) et lisse (Effectif bovin × effectif caprin; Effectif bovin × Nombre de berger). Le modèle présente néanmoins des points mal classés. La variable nombre de berger présente une distribution similaire des points en fonction des autres variables. Les variables effectives de troupeau bovin présentent une frontière lisse et les points sont majoritairement regroupés en points.

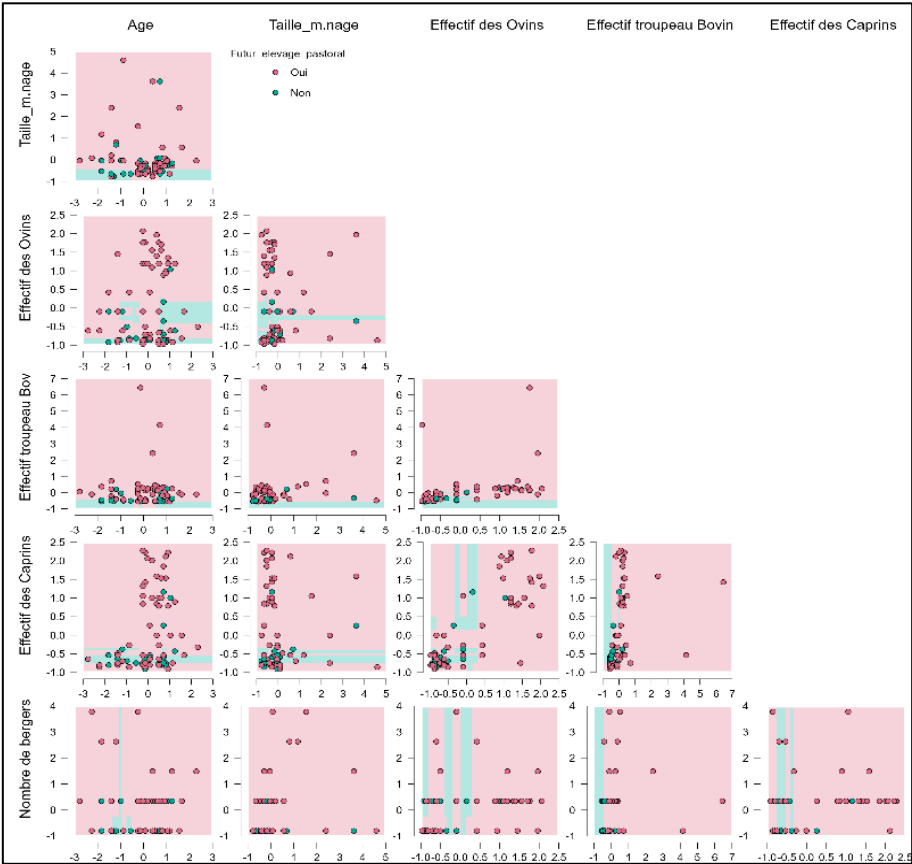


Fig. 5. Nuage de points par variable concernant la mobilité pastorale

4 DISCUSSION

4.1 CARTÉRISATION SOCIALE DES ENQUÊTES

Les éleveurs enquêtés sont majoritairement des Peul et Sénoufo. Le nombre élevé des éleveurs Peulhs et Sénoufos indique une diversité ethnique. Dans la zone d'étude, les couloirs de passage existent et datent depuis les années 1970 et prennent leur source au Nord du pays. Ce qui pourrait justifier l'installation des Peulhs dans la zone. En plus les prédispositions de la zone d'étude lui confèrent un climat favorable aux pratiques pastorales. Les Peulhs pratiquent un système d'exploitation opportuniste des ressources fourragères basé sur la stratégie de la mobilité [12], [13] atteste que face aux changements climatiques, la diversification et la mobilité notamment la transhumance sont les pratiques les plus rencontrées dans les élevages. Nos résultats sont similaires à ceux de [14]. L'auteur a trouvé plus de Peulh dans les différents types des élevages au Nord-Est du Bénin. Nos résultats sont similaires également à ceux de [15]

qui avait trouvé un effectif plus important d'éleveurs Peul dans la transhumance de saison de pluie par rapport aux autres ethnies à Ouara et à Torokoro au Burkina Faso. Nos résultats sont aussi similaires à ceux de [16], [17] respectivement au sud-ouest du Burkina Faso et au Nord du Bénin. Ces résultats ont montré une majorité d'éleveurs non scolarisés et peulhs. L'élevage pastoral se pratique de manière très variable selon l'ethnie, la région, et parfois la pluviosité de l'année, elle est l'apanage des Peulhs et concerne essentiellement les gros ruminants [18]. Malgré la présence des Peulhs, on note que l'activité est aussi exercée par d'autres ethnies de la localité. Cette minorité pratique ce type d'élevage dans le souci de préserver leur cheptel face aux aléas sociaux et climatiques. La mobilité pastorale et l'élevage bovin ne sont pas l'apanage des éleveurs de l'ethnie Peulh à ce sens dont toutes les ethnies y sont impliquées dans le souci de préserver leur moyen d'existence. Les résultats de [19] ont trouvé 20,7 % de Mossi et de Gourmantché dans les Sahel. L'âge de la majorité des éleveurs est situé entre 35 et 65 ans. Les éleveurs enquêtés sont nettement âgés et la faible représentation des jeunes pourrait également refléter un exode rural et/ou un désintérêt pour l'élevage pastoral pour d'autres opportunités. Ce résultat pourrait s'expliquer par la taille de l'effectif, car il est difficile de cumuler un nombre d'effectifs de bovin à partir d'un certain âge. [15] a trouvé que 86 % de ces enquêtés ont un âge supérieur ou égal à 40 ans. Le niveau faible de scolarisation limite non seulement l'accès aux informations, mais aussi aux innovations pastorales. Les déplacés internes indiquent le contexte de vulnérabilité lié à des crises sécuritaires.

4.2 CARACTÉRISATION DES EFFECTIFS

Les effectifs de troupeaux bovins, ovins et caprins ont varié en fonction des statuts des éleveurs enquêtés. Plusieurs facteurs pourraient expliquer ces faits à savoir le niveau de stabilité, l'accès aux ressources et la capacité à investir dans l'élevage. L'insécurité des espaces naturels est un obstacle important au pastoralisme. Il accroît la vulnérabilité des pasteurs et attise la suspicion à leur égard [20]. Sans nul doute l'une des causes qui obligent les pasteurs à rechercher les zones où ils seront en sécurité avec leurs troupeaux. De nos résultats, les déplacés internes apparaissent comme un groupe vulnérable. Les migrants occupent une position intermédiaire. Chez les déplacés internes, les tailles de troupeaux (bovin, ovin et caprin) faibles et peu dispersés peuvent être interprétées comme une conséquence directe des déplacements forcés. Entre la perte de bétail lors des mouvements, l'accès limité aux ressources pastorales et la difficulté à reconstituer le capital animal. La faible variabilité observée dans leurs troupeaux suggère un niveau d'homogénéité, traduisant une vulnérabilité généralisée au sein de ce groupe. Les migrants ont présenté une disparité. Leurs troupeaux bovins ont été importants, avec une faible variabilité. Les natifs possèdent les troupeaux les plus grands de petits ruminants. Leurs troupeaux bovins sont comparables en taille à ceux des déplacés internes, mais avec une distribution plus étendue. Cette situation pourrait traduire un meilleur accès aux ressources naturelles et une plus grande sécurité foncière et sociale. Leurs pratiques d'élevage s'inscrivent dans une continuité temporelle qui favorise la constitution et la stabilité du cheptel. En effet, les travaux de [15] ont montré que le facteur ethnique a un poids important sur le type de mobilité. Toujours selon l'auteur, en plus du facteur ethnique qui est certes important, le nombre de troupeaux, la taille du troupeau, l'expérience de l'éleveur semblent déterminants dans le choix du type de mobilité. Nos résultats sont partiellement en accord avec ceux trouvés par [15]. Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par [14] qui a trouvé un effectif moyen de bovin de 70 têtes chez les transhumants. Cette similarité pourrait être liée au contexte de zone agroclimatique et du type d'élevage. Cependant, les effectifs des bovins obtenus ont été supérieurs à ceux trouvés par [19] au Sahel (36 ± 33 têtes de bovins). Quant au caprin, nos résultats ont été différents quant aux effectifs d'ovin et de caprin de [19]. En effet au Sahel, l'auteur a trouvé en moyenne 14 ± 14 têtes d'ovins et 14 ± 17 têtes de caprins.

4.3 CIRCUIT DE PATURAGE DES PASTEURS ET AGROPASTEURS

L'analyse des circuits de pâturage indique une forte influence des saisons sur l'organisation quotidienne des déplacements du bétail. Les pasteurs et agropasteurs, pour réduire l'impact de cette pression climatique et sauver leurs troupeaux adopte différent type de mobilité c'est-à-dire faire bouger les troupeaux d'une zone à l'autre [21]. En fonction des saisons, les éleveurs adaptent leurs pratiques. Le circuit incluant les étapes parc, pâturage, abreuvement, repos et le retour au parc domine dans l'ensemble des saisons. En saison pluvieuse, une diversité des itinéraires est observée. Dans cette période, les ressources pastorales sont abondantes et accessibles, les éleveurs adoptent alors des circuits moins contraignants, avec une tendance de repos avant l'abreuvement. Ce choix pourrait s'expliquer

par le confort lié à l'environnement, mais aussi la disponibilité des zones ombragées favorables au repos. En saison sèche chaude, les circuits se structurent de manière homogène ce qui suggère une rationalisation des déplacements des animaux et des Hommes face à la rareté des ressources. Le stress lié à cette saison semble emmener les éleveurs à adopter un itinéraire linéaire, réduisant les distances et les efforts physiques. En saison sèche froide, les itinéraires présentent des ajustements considérables. Ces variantes sont la résultante des conditions climatiques clémentes qui permettent une pâture la journée couplée à une organisation souple des activités pastorales. Plusieurs auteurs ont travaillé sur la mobilité saisonnière. Selon [22], les facteurs climatiques, écologiques, sécuritaires, démographiques et économiques à la recherche de pâturage, de sites d'abreuvement et de marchés ont été les principales causes des mouvements des éleveurs. [23] ont travaillé sur les variables des périodes pastorales. Cela conclut de la disponibilité temporelle et spatiale des ressources pastorales qui est un des indicateurs saisonniers [24]. Nos résultats pourraient traduire cette capacité d'adaptation des éleveurs aux conditions saisonnières. Les circuits opérés semblent optimisés pour répondre aux exigences combinées de la productivité fourragère, de la disponibilité en eau et du bien-être animal. Ils soulignent également l'importance du repos dans l'organisation des circuits, positionné stratégiquement pour la gestion des déjections animales. En effet, les circuits montrent une corrélation entre le parcage et le lieu de repos des animaux. Cette corrélation va dans le souci de valoriser les déjections des animaux. Cette valorisation se fait soit dans les parcs de repos soit directement dans les champs de cage. Ces opérations sont tributaires de la saison. En effet, en saison sèche chaude, où la ressource fourragère se fait rare, les éleveurs ont tendance à parquer les animaux dans les champs de cage. La fonction fertilisante assurée par des herbivores domestiques met en jeu la mobilité qui est directement liée aux rythmes saisonniers et quotidiens des déplacements du bétail [25].

4.4 FACTEURS DE DURABILITE DE L'ELEVAGE PASTORAL

L'analyse de la contribution relative des variables dans le modèle révèle une classification des facteurs influençant le futur de l'élevage pastoral. Plusieurs auteurs ont adopté le modèle Random Forest dans leur étude [26], [27]. L'importance de la variable "village" indique que les dynamiques locales, les contextes agroécologiques, les pratiques sociales ou encore les dispositifs institutionnels pourraient exercer une influence majeure. Cela montre l'idée du caractère territorial et intrinsèque de chaque village dans la pratique de l'élevage. Nos résultats sont en accord avec [28]. En effet selon les auteurs, le futur de l'élevage est fortement relié à des caractéristiques territoriales notamment avec l'utilisation de ressources naturelles, l'existence de divers systèmes de production et des pratiques. L'effectif bovin constitue également un facteur structurant. Cela pourrait s'interpréter comme le reflet de l'importance économique et sociale du cheptel bovin dans les exploitations. L'élevage de bovin pourrait influencer les décisions de gestion et d'atténuation des chocs face aux niveaux d'exposition aux risques. L'importance de l'élevage des bovins suscite auprès des chercheurs des études plus spécifiques à l'espèce. En effet [29], a étudié l'interaction agriculture et élevage de bovin à l'ouest du Burkina Faso, au sud-ouest du Burkina Faso [16], a étudié la dynamique des troupeaux bovins. Au Burkina Faso, l'effectif de bovin a été estimé à 9,939,785 têtes en 2022 [30]. Par habitant, la consommation de lait provenait de l'élevage extensif bovin [31]. Le mode d'acquisition des animaux (8,716 %) arrive en troisième place. Il montre la diversité culturelle des trajectoires d'acquisition ou de reconstitution du cheptel. Ces modalités ont été l'achat, la dot, l'héritage et le prêt. Cela marque aussi la relation de l'éleveur à ses animaux et les stratégies mises en place pour la valorisation, la protection et la mobilité du cheptel. Les autres variables (âge, transhumance) ont une influence modérée, mais non négligeable. L'âge pourrait refléter l'expérience, les savoirs pastoraux et les capacités d'adaptation. La transhumance affecte l'accessibilité et l'exploitation des ressources pastorales et l'exposition aux problèmes sécuritaires. La transhumance est un système d'élevage bénéfique, qui contribue à la sécurité alimentaire et à la stabilité économique et politique [32], [5], lors des scénarios sur la transhumance, l'a décrite comme une activité importante qui mobilisera les ressources naturelles disponibles et réduira les déséquilibres territoriaux. Le statut des animaux (3,594 %) présente un impact marginal, tout comme les effectifs caprins et ovins (respectivement 3,23 % et 2,122 %), qui semblent jouer un rôle secondaire. Les résultats du modèle mettent en évidence la complexité des déterminants de la gestion pastorale et soulignent la nécessité d'intégrer la dimension spatiale, les caractéristiques structurelles des élevages, ainsi que certains éléments sociaux et zootechniques pour mieux comprendre les logiques d'action des éleveurs. Certains auteurs ont trouvé d'autres déterminants majeurs dans le processus de transformation des systèmes d'élevage pastoral. En effet, au Sénégal, l'internet mobile et le téléphone auraient une capacité transformatrice pour les systèmes d'élevage [33]. Le pastoralisme est confronté à des défis liés à la modernisation, au changement climatique, à la démographie et à la sécurité [1].

5 CONCLUSION ET RECOMMANDATION

L'élevage pastoral est sous une crise qui nécessitant des ajustements fondamentaux. L'analyse par Random Forest a permis d'identifier les variables clés qui influencent la pratique de l'élevage pastoral dans le futur. Le modèle a été performant, et a mis en évidence l'importance du contexte actuel. Ces résultats constituent une base utile pour orienter les instances de décisions de l'élevage et guider les stratégies de gestion des ressources naturelles. Toute intervention doit être pensée à une échelle du village avec une approche intégrative en tenant compte de cette hiérarchie de variables pour le développement de politiques et d'actions adaptées.

REMERCIEMENTS

AKG et SOK ont œuvré à la conception des travaux et rédaction de la première version du manuscrit. AK et BZ ont assuré la révision critique du manuscrit.

REFERENCES

- [1] V. Ancey, S. Mercandalli, S. Magnani, C. Rangé, C. Patat, P. Girard et C. Noûs, « Penser l'avenir du pastoralisme en Afrique sub Saharienne à travers le rapport social d'activité », in XIIIe Congrès de l'Association Française d'Économie Politique, 2024.
- [2] FAO, « Le devenir de l'élevage au Burkina Faso. Défis et opportunités face aux incertitudes », Rome, Italie: FAO, 2019.
- [3] A. Wane, I. Touré, A. D. Mballo, A. Ndiaye, Z. Souli, P. Ramde, M. B. Diao et E. H. Botoni, « Analyse des évolutions des revenus et des réactions des ménages agropastoraux sahéliens face aux chocs dans la zone d'intervention du PRAPS », 2024.
- [4] V. Ancey, S. D. Magnani, C. Rangé, et C. Patat, « Le pastoralisme et la jeunesse pastorale au Burkina Faso », GRET; IRAM; Réseau Billital Maroobe, 2024.
- [5] V. Ancey et J.-M. Sourisseau, « Une approche territoriale et anticipatrice pour une transhumance apaisée à la frontière entre le Togo et le Burkina Faso. Synthèse. », Food and Agricultural Organisation; CIRAD, 2024.
- [6] B. Bonnet et B. Guibert, « Stratégies d'adaptation aux vulnérabilités du pastoralisme: Trajectoires de familles de pasteurs (1972-2010) », Afrique contemporaine, no 1, pp. 37-51, 2014.
- [7] C. Rangé, S. Magnani, et V. Ancey, « « Pastoralisme » et « insécurité » en Afrique de l'Ouest », Revue internationale des études du développement, no 243, pp. 115-150, 2020.
- [8] M. Ouedraogo, « Impact des changements climatiques sur les revenus agricoles au Burkina Faso », Journal of Agriculture and Environment for International Development - JAEID, vol. 106, no 1, 2012.
- [9] MinEFP-INSD, « Caractéristiques des ménages et de la population », INSD, No. 2, Burkina Faso, 2022.
- [10] Z. M'Hamedi, C. Dartigues-Pallez, et T. Bell, « RFIViz: Random Forest Interactive Visualisation, un outil simple pour comprendre les modèles », in EXPLAIN'AI 2024, 2024.
- [11] R. Genuer, J.-M. Poggi, et C. Tuleau-Malot, « Variable selection using Random Forests », Pattern recognition letters, vol. 31, no 14, pp. 2225-2236, 2010.
- [12] H. Kagoné, « Gestion des écosystèmes pâturés en zone Nord Soudanienne », 2000.
- [13] D. Ouedraogo, « Perception et adaptation des éleveurs pasteurs au changement climatique en zones sahélienne, Nord et Sud Soudanien du Burkina Faso », DEA, Université Polytechnique de Bobo, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 2011.
- [14] I. Alkoiret, D. Awohouedji, A. Gbangboche, et R. H. Bosma, « Productivité des systèmes d'élevage bovin de la commune de Gogounou au Nord-Est Du Bénin », Annales des Sciences Agronomiques, vol. 14, no 2, 2011.
- [15] H. E. Botoni, « Interactions Elevage-Environnement. Dynamique des paysages et évolution des pratiques pastorales dans les fronts pionniers du Sud-Ouest du Burkina Faso », PhD Thesis, Université Montpellier III, Montpellier, France, 2003.
- [16] S. Nougara, A. Kiema, A. Soudre, et B. Sawadogo, « Analyse de la dynamique du troupeau bovin en Région Sud-Ouest du Burkina Faso », Afrique SCIENCE, vol. 21, no 5, pp. 137-152, 2022.
- [17] O. G. Kouato, P. V. Houndonougbo, D. A. J. Dossou, S. Babatounde, C. Agbangla et A. Chrysostome, « Caractérisation des systèmes d'élevage des caprins au Nord du Bénin », Afrique Science, vol. 18, no 3, pp. 22-35, 2021.
- [18] A. A. Midekor, « Cartographie des utilisations du sol et des ressources en eau et analyse des perspectives associées à l'élevage dans le bassin du Kou. », Mémoire de DEA, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 2009.
- [19] A. Kiema, G. B. Tontibomma, et N. Zampaligré, « Transhumance et gestion des ressources naturelles au Sahel : contraintes et perspectives face aux mutations des systèmes de productions pastorales », Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement, no Volume 14 Numéro 3, 2015.
- [20] I. Sawadogo, E. K. Illy, B. Ly, Diallo, I. Badini, J. Magnini et M. Nassef, « Caractérisation de la sécurité de la tenure collective dans les systèmes pastoraux au Burkina Faso. Londres: Supporting Pastoralism and Agriculture in Recurrent and Protracted Crises (SPARC) », 2024.
- [21] F. Grünwald, « Entre aridité et radicalisme : le pastoralisme au Sahel à la croisée des chemins », FERDI Document de travail, Working Paper P316, 2023.
- [22] A. Zan, B. Sawadogo, J. Bonkougou, Y. S. C. Some et C. D. Bassole, « Déterminants de la mobilité et des dynamiques spatio-temporelles des ruminants dans la Province du Mouhoun au Burkina Faso », Revue Internationale du Chercheur, vol. 5, no 1, 2024.
- [23] G. Louis Djohy, B. Sounon Bouko, R. V. Cao Diogo et J. Afouda Yabi, « Comprendre le comportement alimentaire et spatial des troupeaux bovins en libre pâture pour une gestion durable des ressources pastorales : étude de cas dans le bassin de l'Ouémé Supérieur au Bénin », BASE, vol. 28, no 4, 2024.
- [24] D. G. Louis et S. B. Boni, « Mobilité pastorale et ses dynamiques spatio- temporelles dans la commune de Tchaourou au Bénin », Annales de l'Université de Moundou, vol. 7, no 3, pp. 6-28, 2021.
- [25] E. Landais, P. Lhoste, et Guerin, « Systèmes d'élevage et transferts de fertilité », 1991.

- [26] A. F. Gonzalez Mora, « Contribution d'un modèle statistique (Random Forest) à l'élevage de précision de systèmes de poules pondeuses en volière comme outil de prédiction de la qualité de l'air et de la performance du poulailler. », PhD Thesis, INRS, Canada, 2020.
- [27] J. Young, J. H. Skarlupka, M. S. Cox, R. T. Resende, A. Fischer, K. F. Kalscheur, J. C. McClure, J. B. Cole, G. Suen et D. M. Bickhart, « Validating the Use of Bovine Buccal Sampling as a Proxy for the Rumen Microbiota by Using a Time Course and Random Forest Classification Approach », *Appl Environ Microbiol*, vol. 86, no 17, p. e00861-20, 2020.
- [28] C. Manoli, B. Dedieu, et A. Ickowicz, « Livestock farming systems and local development: a review of the multiple dimensions of Territory livestock science », in *Building sustainable rural future: The added value of systems approaches in times of change and uncertainty*, Vienna, Austria, pp. 2167-2175, 2010.
- [29] A. Belem, Y. F. Lankoandé, et M. Traoré, « évaluation du potentiel fourrager des résidus de récolte dans les exploitations cotonnières à l'ouest du Burkina Faso. », *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition & Development*, vol. 24, no 6, 2024.
- [30] DGESS-MARAH, « Annuaire Statistique de l'élevage (Enquêtes nationales sur les effectifs du cheptel 1989 et 2003, estimations de 2005 à 2020) », 2024.
- [31] S. Traore, M. Sissao, G. R. Bayili et R. R. Djikoldingam, « Dispositif de collecte et de conservation du lait cru en fonction des critères nutritionnels et microbiologiques au Burkina Faso et applicable à l'Afrique de l'Ouest », *Revue Internationale des Sciences et Technologie*, vol. 21, no 6, pp. 64-79, 2022.
- [32] J. E. C. Timpong, I. Samuels, F. O. Sarkwa, A. K. Oppong, A. O. Majekodumni et H. T. Wario, « Transhumance pastoralism in West Africa – its importance, policies and challenges », *African Journal of Range & Forage Science*, vol. 40, no 1, pp. 114-128, 2023.
- [33] S. Ferrari, M. Moniot, B. Ba, A. Asseloka, M. L. Ndiaye, N. Paget, P. Bonnet et J. D. Cesaro, « Pastoralisme et frugalité numérique : évaluation des usages chez les ménages pastoraux au Sénégal », *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 2024.