
Analyse des typologies d'élevage et des performances des bovins en vue d'évaluer des stratégies de développement des ressources génétiques bovines au Mali

Analysis of breeding typologies and cattle performance in order to evaluate strategies for the development of bovine genetic resources in Mali



Abdoulaye TOURE

**Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de
Docteur en Sciences Vétérinaires**

Année académique 2019-2020

**FACULTE DE MEDECINE VETERINAIRE
DEPARTEMENT DE GESTION VETERINAIRE DES RESSOURCES ANIMALES
SERVICE D'ECONOMIE DE LA SANTE ET DES PRODUCTIONS ANIMALES**



**Analyse des typologies d'élevage et des performances des
bovins en vue d'évaluer des stratégies de développement
des ressources génétiques bovines au Mali**

**Analysis of breeding typologies and cattle performance in order to evaluate strategies for
the development of bovine genetic resources in Mali**

Abdoulaye TOURE

**Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de
Docteur en Sciences Vétérinaires**

Année académique 2019-2020

Avec le soutien de l'Agence belge de développement



Dédicaces

A mes chers parents, pour tous les efforts que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation. Puisse Allah exaucer toutes vos prières et vous accorder encore santé et longue vie.

A mon épouse Fatou BOIRE et à mes enfants Hamet, Maïmouna et Mahamadou pour toutes ses longues absences.

A tous mes amis et à ceux qui m'ont permis de parachever ce travail sans jamais me décourager. Les citer exhaustivement serait trop long. Ils se reconnaîtront.

*« L'homme est pressé, et le temps est long, mais
chaque chose a son temps »*

Djibril Tamsir NIANE

REMERCIEMENTS

Je remercie avant tout DIEU de sa grâce.

Je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail de thèse qui s'achève. Ma profonde gratitude à **Dr Moula NASSIM** et **Dr Nicolas Antoine MOUSSIAUX** qui m'ont accompagné, dirigé et conseillé au cours de mes années d'études de doctorat et sans cela à un moment ou à un autre du parcours, l'histoire aurait été autre.

C'est le lieu pour moi de remercier très sincèrement le Professeur **Pascal LEROY** qui m'a offert l'opportunité d'avoir mon inscription en thèse à la Faculté de Médecine Vétérinaire de l'ULg et pour m'avoir intégré dans une équipe scientifique dynamique et efficace. Professeur, merci beaucoup pour votre générosité et votre soutien qui n'a jamais failli durant cette thèse, que je n'oublierais jamais aussitôt.

Je remercie le Professeur **Jean François CABARAUX** pour sa contribution à l'amélioration de cette thèse en tant que membre du comité de thèse.

Je remercie également le Docteur **Aly KOURIBA**, pour sa contribution, malgré ces multiples préoccupations, à l'amélioration de cette thèse en tant que membre du comité de thèse. Mes remerciements vont à l'endroit du Professeur **Laurent GILLET** (Université de Liège, Belgique), pour avoir accepté de présider le jury, pour votre simplicité et votre aimable coopération.

Mes sincères remerciements s'adressent de même, à Messieurs les membres du jury qui ont accepté de lire et d'évaluer ce travail. Cela me fait énormément plaisir que ce travail ait réussi à attirer leur attention et à susciter leur esprit critique. J'exprime ma reconnaissance aux membres externes à la faculté qui ont bien voulu faire le déplacement. Il s'agit de **Eric THYS** (Institut de Médecine Tropicale Antwerpen) et de **Jean Paul DEHOUX** (Université Catholique de Louvain), puis à l'endroit des membres internes à la faculté **Philippe BOSSAERT, Jean-Luc HORNICK, Jérôme BINDELLE, Johann DETILLEUX**.

Au personnel du département de Productions Animales en particulier Monsieur **Frédéric Farnir**, et Madame **Nadine Brunetta**, pour leur disponibilité chaque fois que le besoin se faisait sentir.

J'adresse aussi mes sincères remerciements à tout le personnel de la Direction Nationale des Productions et des Industries Animales pour m'avoir facilité l'accès permanent au service de

même que dans le dispositif de collectes de données. J'exprime aussi ma gratitude à tout le personnel du Centre National d'Insémination Artificielle et en particulier au Directeur **Pr Diakaridia TRAORE** pour sa franche collaboration et pour les conseils avisés que vous m'avez prodigués tout au long de cette recherche. Merci pour votre engagement tant scientifique que professionnel !

Mes vifs remerciements vont également à l'endroit des éleveurs et des gestionnaires des coopératives pour toutes les facilités que vous m'avez offertes dans l'accomplissement des travaux de terrain à toutes ses étapes.

Je remercie mes collègues doctorants de divers pays, je pense notamment à **Bakary, Benoit, Josiane, Sawadogo, et Younouss** pour leur collaboration et tous ces moments passés ensemble

Je remercie **Yamadou DIALLO** et **Amara DIAKITE** qui m'ont accompagné pour la collecte des données en tant que chauffeur et enquêteurs, souvent sur des pistes rurales très dégradées.

Ce travail a été rendu possible grâce au financement de la Coopération Technique Belge (CTB) et dont je tiens à remercier particulièrement les différents gestionnaires qui se sont succédés. Je renouvelle encore mes remerciements sincères à mon promoteur **Dr Moula NASSIM** qui a bien voulu m'attribuer sa prime d'encadrement logée à l'Administration Recherche et Développement (ARD – Belgique) pour un soutien financier à la finalisation de cette thèse.

Je remercie aussi toute la communauté Malienne vivant en Belgique et en France, en particulier à mon frère **Kalidou TIMERA** et sa famille à Paris, **Matiere DIARRA** (Bruxelles) et à tous ceux que je n'ai pas pu citer.

Merci à ma femme et mes enfants, ma famille et mes ami(e)s. Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mes frères et sœurs, mes oncles et tantes, mes cousins et cousines, mes neveux et nièces, merci pour vos soutiens divers et variés.

Abréviations

AnGR: Animal Genetic Resources

CFRZ : Centre Fédéral de Recherche Zootechnique

CNCC : Comité National Changements Climatiques

CNE : Conseil National de l'Environnement

CNRZ : Centre National de Recherche Zootechnique

CRA : Centre de Recherche Agronomique

DNPIA : Direction Nationale des Productions et des Industries Animales

DNSV : Direction Nationale des Services Vétérinaires

ECOWAS: Economic Community of West-African States

FAO : Food and Agriculture Organisation

FCFA: Franc de la Communauté Financière d'Afrique

GIEC: Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC)

GQM : Gain Quotidien Moyen

HCPC: Hierarchical Classification Analysis

IER : Institut d'Economie Rurale

LCV : Laboratoire Central Vétérinaire

LOA : Loi d'Orientation Agricole

MAE : Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage

MEA : Ministère de l'Environnement et de l'Assainissement

MEP : Ministère de l'Elevage et de la Pêche

ONDY : Opération N'Dama de Yanfolila

ONG : Organisation Non Gouvernementale

OPA : Organisations des Producteurs Agricoles

PASMZAM : Projet d'Appui à la Sélection et à la Multiplication du Zébu Azawak

PDA : Politique de Développement Agricole

PCA: Principal Component Analysis

PIB : Produit Intérieur Brut

USD : United States Dollars

WTP: Willingness To Pay

Composition du jury

Laurent GILLET (Université de Liège, Belgique).....	Président du jury
Philippe BOSSAERT (Université de Liège, Belgique).....	Membre du jury
Johann DETILLEUX (Université de Liège, Belgique).....	Membre du jury
Jean-Paul DEHOUX (Université Catholique de Louvain).....	Membre du jury
Jérôme BINDELLE (Université de Liège, Belgique).....	Membre du jury
Jean Luc HORNICK (Université de Liège, Belgique).....	Membre du jury
Eric THYS (Institut de Médecine Tropicale Antwerpen).....	Membre du jury
Jean-François CABARAUX (Université de Liège, Belgique).....	Membre du Comité de Thèse
Aly KOURIBA (CNRA, Mali).....	Membre du Comité de Thèse
Nicolas ANTOINE-MOUSSIAUX (Université de Liège, Belgique).....	Co-promoteur
Nassim MOULA (Université de Liège, Belgique).....	Promoteur

Tables des matières

REMERCIEMENTS	<i>vi</i>
Abréviations	<i>viii</i>
Composition du jury	<i>ix</i>
Résumé	<i>1</i>
Abstract	<i>4</i>
I. Introduction et contexte	<i>9</i>
I.1. CHALLENGE ACTUEL DES RESSOURCES GENETIQUES ANIMALES AU MALI.....	<i>9</i>
I.2. PRODUCTION ET CONSOMMATION LAITIÈRES ET DE VIANDES	<i>10</i>
I.3. CONTEXTE DE L'ÉLEVAGE BOVIN PÉRIURBAIN ET EXTENSIF.....	<i>12</i>
II. Historique et gestion des races bovines	<i>14</i>
II.1. RACES LOCALES	<i>14</i>
II.2. RACES CROISÉES	<i>14</i>
II.3. CADRE DE L'INSEMINATION ARTIFICIELLE BOVINE AU MALI	<i>15</i>
III. Problématique générale de la thèse	<i>16</i>
III.1. JUSTIFICATION DU THEME: LES RACES BOVINES ET LA GESTION DE SA DIVERSITE	<i>16</i>
III.2. OBJECTIFS DE LA THESE	<i>17</i>
IV. References	<i>19</i>
Chapitre I : Pratiques et aspects zootechniques de l'élevage bovin laitier en zone périurbaine de Bamako et au Nord du Mali	<i>23</i>
Abstract	<i>25</i>
Résumé	<i>26</i>
Introduction	<i>27</i>
I. Présentation générale du secteur de l'élevage au Mali	<i>27</i>
I.1. LOCALISATION GEOGRAPHIQUE ET CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES DU PAYS.....	<i>27</i>
I.2. APERÇU SOCIO-ECONOMIQUE ET POPULATION BOVINE	<i>29</i>
I.3. POTENTIEL ET CONTRAINTES D'ÉLEVAGE DU MALI	<i>29</i>
I.4. CADRE INSTITUTIONNEL	<i>29</i>
II. Les systèmes d'élevage au Mali	<i>31</i>
II.1. SYSTEME PASTORAL	<i>31</i>
II.2. SYSTEME AGROPASTORAL	<i>32</i>
II.3. ÉLEVAGE PÉRIURBAIN	<i>32</i>
III. Les principales races bovines élevées au Mali	<i>33</i>
III.1. LE ZEBU AZAWAK	<i>34</i>
III.2. LE ZEBU MAURE	<i>34</i>
III.3. LE ZEBU PEUL	<i>35</i>
III.4. LE N'DAMA	<i>36</i>
III.5. LE MERE	<i>36</i>
III.6. GENERALITES SUR LES RACES EXOTIQUES.....	<i>37</i>
IV. Place des centres de recherches au développement de l'élevage des bovins laitiers	<i>39</i>
-Le contrôle des performances zootechniques dans les conditions de station et des études en milieu réel .	<i>39</i>
.....	<i>39</i>

-La gestion des pâturages et l'installation des cultures fourragères	40
-La gestion de la sante du cheptel.....	41
V. Perspectives d'appui à l'amélioration de l'élevage des bovins laitiers.....	43
- Niveau de recherche de l'adéquation Agriculture – élevage	43
- La valorisation des produits d'élevage.....	43
VI. Conclusion	43
Chapitre II: Dairy farms typology and management of animal genetic resources in the peri-urban zone of Bamako (Mali).....	49
Abstract	51
I. Introduction.....	52
II. Material and Methods	52
II.1. STUDY AREA	52
II.2. DATA COLLECTION	53
II.3. STATISTICAL ANALYSIS	53
III. Results	54
III.1. FARMS' AND BREEDERS' CHARACTERISTICS	54
III.2. ANGR MANAGEMENT: GENERAL OVERVIEW	55
III.3. MULTIVARIATE ANALYSIS AND FARM TYPOLOGY	56
III.3.1. Overall description of PCA results.....	56
III.3.2. Hierarchical classification and clusters' description.....	58
IV. Discussion	61
IV.1. PRODUCTION OBJECTIVES AND DAIRY PRODUCTION TYPES IN BAMAKO	61
IV.2. MILK PRODUCTION PERFORMANCES AND PRODUCTION MANAGEMENT	62
IV.3. URBANISATION AND PASTORAL MANAGEMENT	62
IV.4. EROSION OF ANIMAL GENETIC RESOURCES	63
V. Conclusion.....	64
VI. References.....	65
Chapitre III: Phenotypic parameters affecting reproduction and production performances of dairy cattle in peri-urban of Bamako, Mali.....	69
Abstract	71
I. Introduction.....	72
II. Materials and Methods.....	72
II.1. STUDY AREA	72
II.2. SAMPLING PROCEDURE	73
II.3. STATISTICAL ANALYSIS.....	74
III. Results	74
III.1. REPRODUCTION AND PRODUCTION PARAMETERS	74
III.2. CALVING INTERVAL.....	74
III.3. LACTATION LENGTH.....	74
III.4. MILK PRODUCTION	75
IV. Discussion.....	75
IV.1. DAIRY PRODUCTION AND HERD MANAGEMENT.....	75
IV.2. REPRODUCTION AND CALVING INTERVAL	76
IV.3. OPTIMAL MILK PRODUCTION STRATEGY	78

V. Conclusion.....	78
VI. References.....	80
Chapitre IV: Préférences bovines des éleveurs et consentement à payer selon des critères d'appréciations phénotypiques dans le périurbain de Bamako, au Mali	83
Résumé.....	85
Abstract.....	86
I. Introduction.....	86
II. Matériel et méthodes.....	87
II.1. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU PROTOCOLE	87
II.2. ZONE D'ÉTUDE.....	88
II.3. ÉCHANTILLONNAGE ET COLLECTE DE DONNÉES	89
II.4. ANALYSE STATISTIQUE.....	90
III. Résultats.....	91
III.1. CARACTERISTIQUES DES EXPLOITATIONS	91
III.2. CRITERES D'APPRECIATION DES REPRODUCTEURS : RESULTATS DE L'EMPILEMENT PROPORTIONNEL	92
III.3. ANALYSE DES CHOIX DECLARES ET DISPOSITION A PAYER DES ELEVEURS ET AGRO-PASTEURS	93
III.4. CONSENTEMENT A PAYER	93
IV. Discussion.....	94
IV.1. ENQUETE PARTICIPATIVE SUR LES CRITERES D'APPRECIATION	94
IV.2. CRITERES D'APPRECIATION POUR LES CARACTERES RETENUS DES BOVINS	95
IV.3. IMPLICATIONS DE STRATEGIES	95
V. Conclusion.....	96
Chapitre V : Caractérisation zootechnique et formule baryométrique de la race zébu Azawak à Ménaka au nord du Mali.....	100
Résumé.....	102
Abstract.....	103
I. Introduction.....	104
II. Matériel et Méthode.....	104
II.1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE	104
II.1.1. Zone d'étude.....	104
II.1.2. Echantillonnage	105
II. 2. ELEVAGES BOVINS	105
II.2. 1. Suivi des élevages bovins	105
II.2.2. Méthode.....	106
II.3. ANALYSES STATISTIQUES	106
III. Résultats	106
III.1. CARACTERISATION DES EXPLOITATIONS ET DES TROUPEAUX	106
III.2. PERFORMANCES	107
III.2.1. Croissance.....	107
III.2.2. Reproduction.....	107
III.2.3. Equation de régression du poids.....	107
IV. Discussion.....	108
IV.1. PERFORMANCE DE REPRODUCTION ET DE CROISSANCE.....	108
IV.2. CHOIX DE FORMULES DE PREDICTION POUR LA BARYMETRIE.....	108
V. Conclusion.....	109

VI. Références	110
Discussion générale	117
I. ITINERAIRE TECHNIQUE	117
II. ANALYSE DES RESSOURCES ZOOGENETIQUES BOVINES	118
II.1 Influence du type de croisement et de la race sur la production laitière	118
II. 2. Influence de la race sur les paramètres de reproduction (l'âge au vêlage et l'intervalle entre vêlage).....	120
II.3. Usage de la barymétrie sur la croissance des bovins zébu Azawak.....	121
II.4. Incidence des résultats de cette étude dans la stratégie d'amélioration bovine	123
III. Conclusion générale et perspectives de recherche	125
IV. Références	127

Tables

Table 1. <i>Conduite alimentaire et fourrager des troupeaux chez les agropasteurs</i>	42
Table 2. <i>Variables used for functional typology of periurban dairy farms around Bamako (PCA, hierarchical clustering and further cluster description)</i>	54
Table 3. <i>Genetic make-ups of cattle raised in dairy farms around Bamako Genetic make-ups of cattle raised in dairy farms around Bamako</i>	56
Table 4. <i>Principal components and their best-correlated variables</i>	57
Table 5. <i>General comparison of structural characteristics and performance of dairy farm clusters defined by hierarchical classification</i>	59
Table 6. <i>Reproduction and production performance parameters (LS means±SD) of dairy cattle (Holstein crossbred, n=86; Montbeliard crossbred, n=239; Azawak zebu, n=25; other local breeds (Peul and Maure), n=100) in peri-urban of Bamako</i>	75
Table 7. <i>Caractéristiques socio-économiques des exploitations</i>	92
Table 8. <i>Résultat de l'empilement proportionnel sur les critères 10 focus groups d'agro-pasteurs et pasteurs dans le péri-urbain du Mali</i>	93
Table 9. <i>Les coefficients des utilités et le consentement à payer estimés pour les attributs du bovin au Mali</i>	104
Table 10. <i>Age moyen au premier vêlage et intervalle entre vêlages des bovins zébus Azawak (Menaka)</i>	114
Table 11. <i>Equations de régression par catégories d'âge</i>	115

Figures

Figure 1. Evolution de la production de lait de vache au Mali (2011-2017) (Source : FAOSTAT, 2018).....	11
Figure 2. Evolution des abattages contrôlés (abattoirs et aires d’abattages) au Mali (source: DNPIA, 2017)	12
Figure 3. Carte géographique du Mali	28
Figure 4. Evolution du potentiel de l’élevage bovin laitier au Mali.....	31
Figure 5. Taureau et femelle Azawak	34
Figure 6. Zébu Maure dans un parc à Bamako.....	35
Figure 7. Veau et femelle (zébu Peul)	35
Figure 8. Métis Holstein 75% et Métis Montbéliard 75%	38
Figure 9. Race Holstein et Race Montbéliarde importée.....	39
Figure 10. Distribution of farm clusters according to the two first principal components	58
Figure 11. Map showing four peri-urban sampling regions of Bamako indicated by arrows and connecting the major regions of Mali. Source: http://www.mapnall.com/fr/map/Carte-g%C3%A9ographique-Bamako_13744.html	73
Figure 12. Lactation curve according to the declared genetic type (MHOL: Holstein crossbred, MMB: Montbéliard crossbred, ZA: Zébu Azawak, ZPZM: Peul and Maure Zebu) and PM: Month Production	76
Figure 13. Distribution of calving interval frequencies of declared phenotype (MHOL: Holstein crossbred, MMB: Montbéliard crossbred, ZA: Zébu Azawak, ZPZM: Peul and Maure Zebu) .	78
Figure 14. Carte indicative des zones d’enquête autour de Bamako	89
Figure 15. Exemple de scénario de paire de choix	90
Figure 16. Carte de la zone d’étude (source : Google image).....	112
Figure 17. Courbe de croissance de la race Zébu Azawak estimée par l’équation de Gompertz dans les conditions d’élevage extensif (Ménaka).....	113
Figure 18. Distribution de fréquences des intervalles entre vêlages chez le zébu Azawak à Ménaka par tranches d’âges	113
Figure 19. Distribution de fréquences des âges à la première mise bas chez le zébu Azawak dans le cercle de Ménaka (en mois).....	114

Résumé - Abstract

Résumé

L'élevage représente une activité importante dans l'économie du Mali où la production bovine est destinée tant à la consommation interne qu'à l'exportation vers certains pays de la sous-région. Actuellement, l'élevage périurbain se développe autour des grandes villes, notamment de Bamako. Ainsi, dans le souci d'assurer une autosuffisance en lait et le développement de cette filière, l'État du Mali a encouragé la constitution d'un réseau de collecte et accompagné la construction d'unités de transformation du lait. A ces actions s'ajoutent l'importation de génisses et/ou de taureaux à haut potentiel laitier et la promotion de l'insémination artificielle (IA). Malgré ces efforts, le secteur laitier est confronté à des difficultés telles que la faible productivité des animaux, la faiblesse des investissements, l'insuffisance de ressources fourragères et la récurrence de problèmes sanitaires.

Les présents travaux de thèse doctorale s'intéressent à deux systèmes d'élevage au Mali: la production laitière périurbaine autour de Bamako et l'élevage extensif bovin au Nord du Mali. Ils partagent les défis mentionnés plus haut mais diffèrent par l'implication des acteurs, l'orientation économique des productions et la disponibilité des intrants (infrastructures, ressources financières, alimentaires et vétérinaires). Ces différents contextes nécessitent des besoins distincts en matière de gestion des ressources génétiques. Dans l'objectif de compréhension et d'amélioration de ces systèmes, le présent travail se propose de caractériser les races bovines élevées au Mali en vue de leurs valorisations. Pour ce faire, deux entités géographiques ont été concernées par cette étude:

- La zone périurbaine de Bamako dans le but de déterminer (i) la typologie des élevages bovins, (ii) les performances de production et de reproduction des animaux (iii) et les préférences relatives des éleveurs pour certains caractères phénotypiques guidant le choix des races.
- La zone sahélienne au Nord du Mali afin (iv) d'évaluer les performances zootechniques de la race zébu Azawak afin d'envisager son éventuelle spécialisation en race locale laitière.

Afin de caractériser l'élevage des bovins dans la zone périurbaine de Bamako en termes de motivations socio-économiques, de pratiques d'élevage et de gestion des ressources génétiques, une enquête a été conduite auprès de 52 exploitations. Dans cette étude, une Analyse en Composante Principale (ACP) et une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) ont permis de dégager trois groupes d'éleveurs selon les modes de conduite des troupeaux.

Un premier groupe mène de petits élevages pastoraux (50% de l'échantillon). Il est principalement constitué d'élevages traditionnels recourant aux races locales. Près de 95% des éleveurs de ce groupe sont analphabètes et la grande majorité d'entre eux (90%) ne pratique pas d'autres activités économiques non agricoles. Les animaux sont élevés dans des parcs communautaires sans aucun suivi des services vétérinaires.

Le deuxième groupe présente un profil intermédiaire avec un système agropastoral dominant (40% de l'échantillon). Une intensification de la production laitière caractérisée par l'utilisation de meilleures infrastructures (parc individuel), de l'IA et/ou du croisement, et le recours aux services vétérinaires

(88,5% des éleveurs) sont observés dans ce groupe. L'objectif principal des éleveurs de ce groupe est la production laitière.

Le troisième groupe est caractérisé par de grands troupeaux mobiles (10% de l'échantillon). Les éleveurs de ce groupe présentent une orientation plus économique de leurs activités, qui se caractérise par la recherche d'une production laitière, la pratique de l'embouche bovine, la vente d'animaux sur pieds et l'exportation vers d'autres pays.

Dans le but d'approfondir cette étude typologique, une analyse zootechnique a été réalisée sur les pratiques d'élevage. Ainsi, une seconde étude a été conduite dans la même zone entre janvier 2012 et décembre 2015 auprès des 17 éleveurs disposant d'un registre de suivi des activités d'élevage. Cette étude a permis de caractériser les performances de production et de reproduction des races bovines du système périurbain de Bamako. Les résultats ont montré une durée de l'intervalle entre les vêlages de 433 ± 115 jours pour les vaches de races locales Peul et Maure, contre 460 ± 80 jours pour les vaches issues de croisements avec les races exotiques. Cependant, la race locale zébu Azawak, dont le berceau se situe au nord du Mali, conduite dans les conditions d'élevage périurbaines, présente des performances de production inférieure à celles des autres races bovines locales. Sa production laitière par lactation a été de 636 ± 433 kg contre 681 ± 411 kg pour le zébu Peul.

En vue de proposer une stratégie d'amélioration de la production laitière des races bovines au Mali, une troisième étude a été menée. Elle a permis d'estimer les valeurs que les éleveurs attribuent à différents critères d'élevage par la méthode d'analyse conjointe multi-attributs. Cette étude a concerné 120 éleveurs bovins dans la région périurbaine de Bamako. L'estimation économétrique de la fonction d'utilité des éleveurs a été réalisée à l'aide d'un modèle Logit conditionnel et la disposition à payer pour certains attributs a été calculée par le rapport entre chaque coefficient d'utilité des caractères et celle de l'unité monétaire. Le « consentement à payer » le plus élevé a été observé pour la race adaptée au système de production à faible niveaux d'intrants avec une valeur supplémentaire de 163€, composée de 70€ pour la forte résistance aux maladies, 69€ pour la faible demande alimentaire et 24€ pour une production laitière jugée supérieure.

Pour investiguer davantage la possibilité pour le milieu périurbain d'opérer une sélection phénotypique sur une race pure de vache locale à tendance laitière (zébu Azawak), une autre enquête a été conduite dans cinq communes rurales du cercle de Ménaka en zone sahélienne du Mali. La collecte des données a porté sur 1129 animaux. L'âge au premier vêlage a été de 50 ± 11 mois avec un intervalle entre vêlages de 16 ± 4 mois. Afin de s'affranchir de l'usage de systèmes de pesée dans d'éventuels processus de sélection, des systèmes baryométriques ont été évalués. Les corrélations du poids avec le périmètre thoracique ($r = 0,95$) et la hauteur au garrot ($r = 0,94$) ont été les plus élevées. Des équations baryométriques ont été établies pour chaque catégorie animale (veau/velle, génisse/taurillon, vache/taureau) au moyen de régressions polynomiales du poids (y) sur le périmètre thoracique (x). Dans le cadre de la diffusion et du suivi des performances pondérales du zébu Azawak, cette mensuration mériterait d'être considérée à l'avenir. Cette étude a montré l'importance de l'élevage des bovins du type traditionnel dans ce milieu.

Elle a caractérisé les performances de production et de reproduction de la race zébu Azawak. La compréhension des caractéristiques de ce système d'élevage permettra leur prise en compte au niveau des programmes d'amélioration génétique. Au regard des paramètres de reproduction intéressants du zébu Azawak, son introduction en milieu périurbain de Bamako pourrait servir de tremplin pour stimuler l'élevage bovin laitier surtout pour le type extensif traditionnel.

En conclusion, l'ensemble des études permet d'avancer que le recours aux vaches croisées et/ou des races exotiques ne permet pas d'améliorer à elles seules la productivité des exploitations bovines au Mali. Il est dès lors nécessaire de développer une politique appropriée pour mieux planifier une stratégie adéquate d'amélioration de la production laitière par de croisements favorables à un développement durable de la production. La mise en place d'un schéma de croisement des races locales avec des races laitières étrangères impliquant tous les acteurs de la filière constituerait une stratégie possible à la gestion durable des races locales comme un pilier essentiel de ce schéma.

Abstract

Livestock production is an important component of the economy of Mali where cattle production both is intended to domestic consumption markets but also to export to neighboring countries. Today, peri-urban breeding is developing, particularly around the capital, Bamako. Thus, with a view to ensure self-sufficiency in milk and the development of this sector, the Malian State encouraged the establishment of a milk collection network and the construction of milk processing units. Along with these actions are organized importations of heifers and/or bulls with high dairy potential, and popularized artificial insemination (AI). Despite these efforts, the milk sector is facing difficulties, such as low animal productivity, low investment, insufficient fodder resources and recurrent health concerns.

The present doctoral research work investigates two production systems of Mali: the peri-urban milk production around Bamako and the extensive livestock farming in Northern Mali. They share the same challenges as mentioned here above but differ through the involvement of stakeholders, the economic orientation of production and the availability of inputs (infrastructures, finance, feed and veterinary resources). These distinct contexts require distinct needs in term of management of animal genetic resources. In the aim of understanding and improving these systems, the present work proposes to characterize cattle breeds reared in Mali for the purpose to improve their valorization. To do this, two geographical entities are concerned by this study:

- The peri-urban area of Bamako in order to determine (i) the typology of cattle farms, (ii) the production and reproductive performance of the animals (iii) and the relative preferences of breeders for certain phenotypic traits guiding the choice of breeding.

- The Sahelian zone in Northern Mali in order to (iv) evaluate the zootechnical performance of the Azawak zebu breed so that to consider it for his eventual specialization as local dairy breed.

In order to characterize cattle breeding in the peri-urban of Bamako in terms of socio-economic motivation, breeding practices for the management of genetic resources, a survey was conducted among the 52 farms. In this study a Principle Component Analysis (PCA) and an Ascending Hierarchical Classification (AHC) have revealed three groups according to the herd management.

A first group depicts small pastoral farms (50% of the sample). It is mainly composed of traditional farms using local breeds. The breeders in this group are 95% illiterate and the large majority (90%) do not engage in other non-agricultural economic activities. The animals are raised in community parks without any monitoring of veterinary services.

The second group has an intermediate profile with a dominant agro-pastoral system (40% of the sample). This group tends to intensify milk production through the use of better infrastructure (individual park), intervention by AI services and/or mixed-breed bulls with a relative better diet and use of veterinary services (88.5% of breeders) or the installation of a stocking agent on the site. The main objective of this group is to improve milk production.

A third group was identified with multidimensional strategies and represented 10% of the breeders. This group of farmers present an economically orientation of their activities which is characterized by the research of milk production, fattening and sale of live animals even across national borders.

In order to deepen this typological study, a zootechnical analysis was carried out on the breeding practices. The second study was conducted in the same area, between January 2012 and December 2015, among 17 farmers with a record of monitoring of livestock activities. This study made it possible to characterize the performance of production and reproduction of cattle breeds of the peri-urban system of Bamako. The results showed a calving interval of 433 ± 115 days for cows of local Peul and Maure breeds compared to 460 ± 80 days for cattle from crossbreeds with exotic breeds. However, the zebu Azawak breed, whose cradle was located in northern Mali, under extensive peri-urban rearing conditions, has lower production performances than other local cattle breeds. Its milk production per lactation was 636 ± 433 kg compared to 681 ± 411 kg for the Peul zebu.

In order to point a strategy aiming at improving dairy breeds in Mali, a third study was conducted. It made it possible to estimate the values that breeders attribute to different breeding criteria through multi-attribute conjoint analysis. This study involved 120 cattle farmers in the peri-urban area of Bamako. The econometric estimation of the utility function of the farmers was carried out with the help of Conditional Logit model and the willingness to pay for certain attributes was calculated by the ratio between the utility coefficient of each attributes and that of the monetary unit. The highest « willingness to pay » was observed for the breed adapted to the low-input production system with an additional value of 163€, consisting of 70€ for high resistance to disease, 69€ for low demand for food and 24€ for a milk production deemed superior.

To investigate further the possibility for the peri-urban environment to carry out a phenotypic selection on a pure breed of local cow with dairy tendency (zebu Azawak), a survey was conducted in five rural communes in Menaka Circle in the Sahelian zone of Mali. The data collection involved 1129 animals. The age at first calving was 50 ± 11 months with a calving interval of 16 ± 4 months. In order to circumvent the use of weighing systems in possible selection processes, barymetric systems were evaluated. The correlations between weight with thoracic girdle ($r = 0.95$) and height at withers ($r = 0.94$) were the highest. Barymetric equations were developed for each animal category (male calf / female calf, heifer / young bull, cow/bull) using polynomial weight (y) regressions on thoracic girdle (x). Within the framework of the dissemination and monitoring of the weight performance of Azawak zebu, this measurement in the future would be worth considering. This study shown the importance of rearing cattle of the traditional type in this environment. It characterized the production and breeding performance of the Azawak zebu breed. Understanding the characteristics of this breeding system, will allow to take them into account in genetic improvement programs. In view of the interesting reproductive parameters of the Azawak zebu, its introduction in the peri-urban environment of Bamako could serve as a springboard to stimulate dairy cattle breeding, especially for the traditional extensive type.

In conclusion, all the studies suggest that the use of crossbreds cows and / or exotic breeds alone will not be sufficient to improve the productivity of livestock farms in Mali. It is therefore essential to develop an appropriate policy targeting a more suitable strategy for improving milk production through cross-breeding. The establishment of a scheme for crossbreeding of local breeds with foreign dairy breeds would be a possible strategy if it was considered by all actors in the sector that the local breeds are an essential basis for a sustainable development of dairy production in the country.

Avant-propos

Au commencement de cette thèse, mon objectif était de contribuer à la mise en place d'un programme de sauvegarde et d'amélioration des performances du zébu Azawak au nord du Mali. Malheureusement, après la collecte d'un premier jeu de données sur les paramètres de production, une insurrection politico-religieuse et indépendantiste a éclaté dans cette zone et a abouti à une rébellion armée toujours en cours. Cette situation a conduit à, une réorientation de mes idées de recherches de façon évolutives en commençant par me fixer des objectifs les plus simples et les plus aisés à réaliser. Cela a conduit à s'intéresser à l'étude du système périurbain de Bamako.

La première partie de ce travail a été ainsi réalisée dans le périurbain de Bamako sur la gestion de la génétique bovine. Au bout de ses travaux, il est paru nécessaire de valoriser les performances du zébu Azawak pour sa future diffusion en milieu périurbain de Bamako. Tel a été l'objectif de la deuxième partie du travail.

Cette thèse est structurée sous forme d'une compilation d'articles scientifiques publiés, acceptés ou soumis dans les revues scientifiques à comité de lecture :

Le premier chapitre, est la partie théorique donnant lieu à des rappels bibliographiques sur l'aperçu des politiques, stratégies et plans de développement du secteur de l'élevage au Mali. Il permet de comprendre aussi la justification de la thématique et les objectifs de la thèse. Les résultats de ce chapitre sont actuellement soumis pour publication à la revue « **Cahiers Agricultures** ».

Le chapitre II s'appuie sur les données d'une enquête de terrain menée dans la périphérie de Bamako, pour étudier le système de production des bovins et établir une typologie des pratiques d'élevage. Les résultats de cette étude ont été publiés dans la revue « *Journal of Agriculture and Rural Development of the Tropics and Subtropics* ».

Le chapitre III concerne l'étude des performances de production et de reproduction des races bovines en élevage dans la périphérie de Bamako. Elle a été réalisée à travers une collecte de données sur les troupeaux des éleveurs ayant des registres d'enregistrements réguliers des performances individuelles des animaux. Les résultats de ce chapitre ont été publiés dans la revue « *Veterinary World* ».

Le Chapitre IV étudie les préférences déclarées des éleveurs à travers leur consentement à payer ou à accepter une compensation pour garder des caractéristiques de la race bovine associées à une orientation laitière ou viandeuse. Cette étude a été réalisée à travers une analyse conjointe multi-attributs. Ce chapitre

est rédigé sous forme d'article qui sera ensuite traduit en Anglais avant sa soumission dans la revue « *Pastoralism* ».

Chapitre V étudie les performances zootechniques de la race zébu Azawak à Ménaka au nord du Mali. Il vise à élaborer et à mettre à la disposition des éleveurs un outil simple d'utilisation pour mesurer les performances de croissance. Cette étude fait suite aux précédentes afin de comparer les performances des bovins et répondre à une problématique des éleveurs du périurbain sur le choix d'une race laitière locale. Les résultats de cette étude ont été publiés dans la revue « *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux* ».

Le chapitre VI est consacré à la discussion générale des résultats obtenus en lien avec les objectifs de la thèse. Des actions apparaissent dès lors nécessaires afin de tirer une conclusion et des perspectives de recherche de manière durable.

I. Introduction et contexte

I.1. Challenge actuel des ressources génétiques animales au Mali

Le Mali recèle des écosystèmes naturels où vivent des ressources génétiques animales et végétales adaptées au milieu et réparties sur les différentes zones agro écologiques et régions naturelles du pays. Parmi ceux-ci figurent la zone soudanienne, la zone saharienne, le Gourma, les plateaux de l'Azawak et l'Adrar des Ifoghas. Ainsi, selon ces zones, le Mali présente une très grande diversité des ressources génétiques animales bovines en lien avec la diversité des écosystèmes et des rôles joués par ces ressources. Les indicateurs macro-économiques suggèrent que l'Afrique a d'importantes capacités d'augmenter la consommation par habitant en produits d'origine animale. La consommation annuelle de viande et de lait par habitant est respectivement de 14 kg et 30 litres et elle devrait augmenter pour atteindre respectivement, 26 kg et 64 litres d'ici 2050 (AU-IBAR, 2015).

Les politiques d'amélioration génétique via l'importation massive des races exotiques élevées en races pures ou en croisement avec les races locales menacent l'existence de ces dernières qui sont pourtant rustiques et adaptées aux conditions d'élevage en dépit de leur faible performance. Le bovin, espèce concernée par cette étude est la principale composante de l'élevage au Mali, représentant 9% du PIB national et est le 2^{ème} produit agricole exporté (SPAAA, 2013) après le coton. Les ressources zoo génétiques constituent ainsi un élément essentiel dans la sécurité alimentaire du pays. Des milliers de ruraux pauvres élèvent du bétail et comptent sur leurs nombreux produits et services pour leur survie. Dans les environnements difficiles tels que le nord du Mali où la prospérité des cultures dépend des aléas climatiques, l'élevage est souvent la principale ou la seule option de subsistance disponible (FAO, 2010). Toutefois, les races bovines maliennes adaptées dans ces milieux subissent un croisement avec d'autres races locales (zébus, *Bos indicus*) ou avec des races étrangères pour améliorer la production laitière. Ces situations ont pour conséquence une érosion génétique de la population des races locales. L'analyse de la gestion de l'élevage bovin montre que les flux génétiques sont entraînés par le désir des producteurs et des sélectionneurs d'obtenir des génotypes ayant une performance optimale dans un environnement de production donné (Kluyts et al., 2005). Ainsi, l'option de la durabilité de gestion des ressources génétiques animales renforcerait les stratégies urgentes de recherches sur la génétique animale (Chagunda et al., 2015). Au centre de ces stratégies, se situe la prise en compte des aspects socio-économiques et environnementaux (Leroy et al., 2012; Rege et al., 2011).

L'introduction des nouveaux gènes fait apparaître des nouveaux types génétiques avec des performances laitières de la descendance appréciables (Fleming et al., 2017). Toutefois, il conviendrait d'étudier les aspects socio-économiques de ces nouveaux types génétiques pour essayer de comprendre les stratégies développées par les producteurs.

De nos jours, la conservation des ressources génétiques locales est devenue stratégique face aux multiples défis de la croissance démographique, de la pauvreté, du changement climatique et des exigences des consommateurs. Ceux-ci, deviennent plus regardant sur l'origine et la qualité des produits laitiers locaux.

Les pouvoirs publics maliens ont ainsi exigé l'utilisation au mieux des ressources génétiques du zébu Azawak et du taurin N'Dama dans leur berceau pour améliorer la production laitière en milieu paysan. Ces deux races animales bovines sont exploitées dans leur milieu naturel. Cependant, elles sont soumises au brassage avec des zébus introduits à la faveur de la transhumance, mais aussi par la volonté de certains éleveurs de modifier le format de leurs animaux tout en espérant une meilleure offre de prix sur le marché à bétail. Si ces modifications génétiques contribuent à l'amélioration des productions (viande et lait), elles peuvent conduire également à des changements parfois rapides dans les systèmes de production (Houdebine, 2014; Rege et *al.*, 2011).

Dans le nord du Mali, certains facteurs se sont combinés pour influencer le mode de conduite des élevages du zébu Azawak à partir de la fin des années 1980. Le premier est la démographie croissante de la population de cette partie du pays consécutive à la sédentarisation des éleveurs. En effet, des nouvelles familles de transhumants transfrontaliers s'installent auprès des éleveurs du cercle de Ménaka. Le second facteur, lié au précédent, est le rétrécissement et l'affaiblissement des pâturages qui s'observent sur les prochaines années (entre 1990 et 2000). Les éleveurs progressent vers le sud du pays pour accéder à de nouveaux espaces, aboutissant à l'apparition, puis à l'exacerbation des tensions avec les communautés d'agriculteurs. Les éleveurs ayant pris peu à peu conscience de l'irréversibilité de la tendance à la disparition de la pureté de race Azawak, ont commencé à réfléchir sur des alternatives orientées vers l'exploitation rationnelle et la conservation des ressources naturelles comme une nécessité d'un développement durable. En principe, il s'agit de faire des propositions permettant de garantir la capacité de production agricole actuelle et future, sans affecter les ressources naturelles d'une manière irréversible. A ces facteurs, il faut ajouter la non prise en compte de ceux liés au climat et à l'environnement dans la gestion des ressources zoogénétiques. Comme rappelé par plusieurs auteurs, ces éléments associés à l'inadaptation des stratégies développées dans les politiques d'élevage ont conduit à l'échec de la plupart de ces initiatives (Hoving et *al.*, 2014; Philipsson et *al.*, 2011).

Toutefois, des initiatives isolées sont prises pour répondre aux besoins alimentaires et fourragers des bovins. Celles-ci nécessitent une participation et une acceptation des innovations par les éleveurs. L'adoption des innovations par les éleveurs passe par le renforcement du pouvoir des organisations de base, en particulier des coopératives et la formation des éleveurs aux nouvelles pratiques et méthodes d'élevage réussies (Andrés et *al.*, 2015; Roessler et *al.*, 2016).

I.2. Production et consommation laitières et de viandes

Le disponible laitier bovin estimé au Mali s'élevait à 594 924 tonnes en 2017 (DNPIA, 2018) soit 36% de la production totale. Le potentiel de production laitière est déterminé à partir des effectifs nationaux bovins, ovins/caprins et camelins auxquels sont appliqués des paramètres bioéconomiques du cheptel (DNPIA, 2018). Cette production a été de 21% pour les ovins, 18% pour les caprins et 24% pour les camelins (FAOSTAT, 2018) (Figure 1). La production de lait de vache a été stable entre 2015 et 2016 avant de montrer une ascension à partir de 2016 (FAO, 2018).

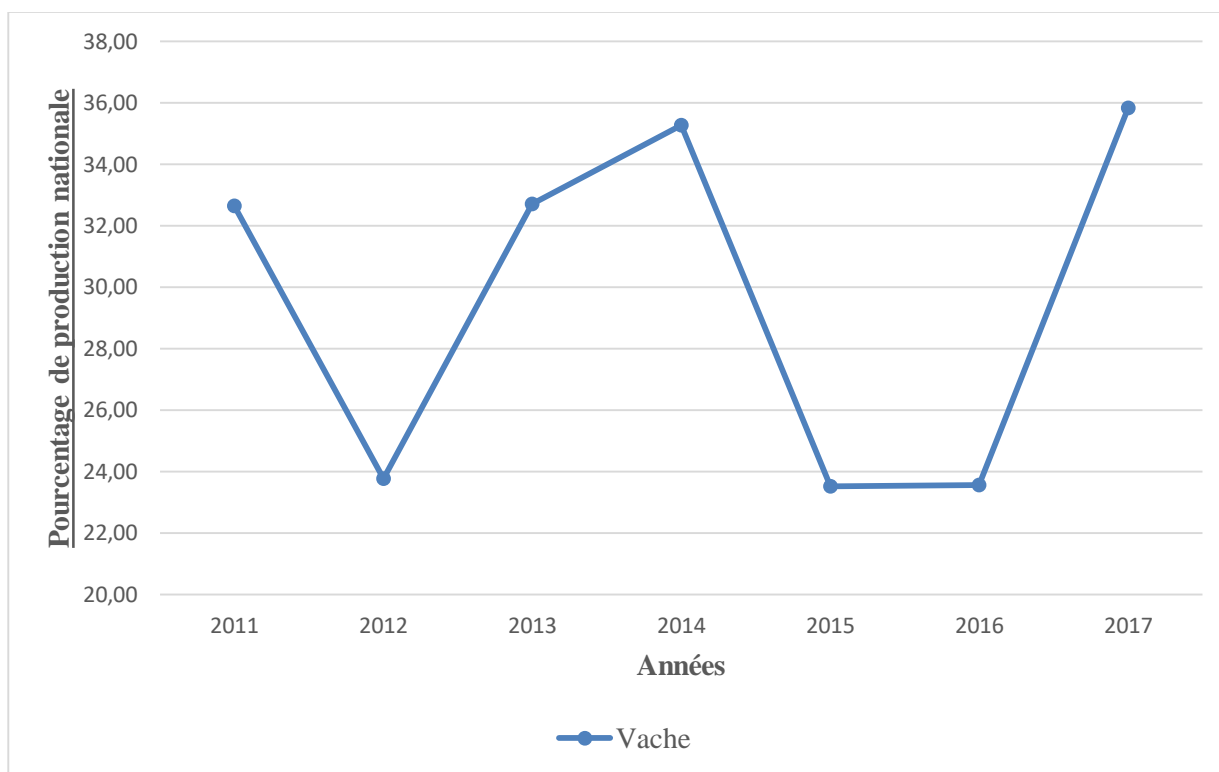


Figure 1. Evolution de la production de lait de vache au Mali (2011-2017) (Source : FAOSTAT, 2018)

Au même moment, les importations des produits laitiers ont subi une augmentation au cours des cinq dernières années après avoir atteint un pic de 1 658 tonnes en 2018 en lait frais de vache, soit 25 millions de dollars américains (XOF 14 milliards, FAO 2018). Ces fluctuations peuvent s'expliquer par la crise sécuritaire actuelle ayant occasionné le déplacement de la population du Nord vers le Sud. Le lait est un produit d'importation au Mali. L'organisation actuelle de la filière ne permet pas d'exporter du lait en raison du système de collecte, de stockage et de transport peu développé pour valoriser une chaîne du froid. Il n'existe également pas d'infrastructure de transformation du lait local en lait en poudre. Le circuit de commercialisation du lait est encore très peu structuré. Ceci tient notamment aux races locales qui ne présentent pas le capital génétique suffisant à la production intensive de lait (Von et Koné, 1986).

Les statistiques sur la production de viande, renseignent une contribution de bovins (64%), d'ovins (7%), de caprins (10%), de camelins (0,33%), de porcins (1%) et de volailles (18%) (Figure 2) (DNPIA, 2017). Le district de Bamako demeure le plus grand producteur de viande bovine avec près de 43% des effectifs de bovins abattus suivi de Kayes (22%) et de Koulikoro (12%). L'embouche bovine commence aussi à se développer dans les zones périurbaines avec une période fluctuante selon le calendrier musulman. Cette embouche commence quatre mois avant la date des fêtes de Ramadan (DNPIA, 2018).

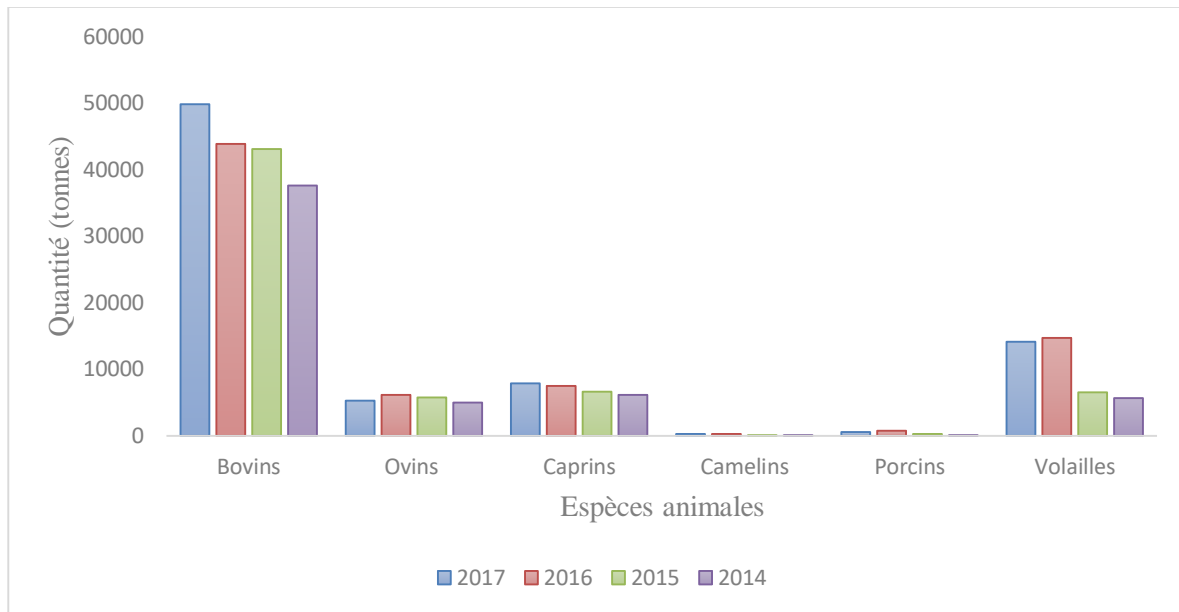


Figure 2. Evolution des abattages contrôlés (abattoirs et aires d’abattages) au Mali (source : DNPIA, 2017)

I.3. Contexte de l’élevage bovin périurbain et extensif

Le Mali, un pays enclavé au cœur de l’Afrique de l’Ouest avec une superficie de 1.241.000 km², partage 7200 km de ses frontières avec sept pays : Algérie, Burkina Faso, Côte d’Ivoire, Guinée, Mauritanie, Niger, et Sénégal. Avec cette situation favorable, l’élevage bovin pourrait mieux tirer parti des opportunités d’échanges commerciaux inter-régionaux et répondre à la demande grandissante des ménages urbains pour des produits d’élevage. Cette activité pourrait bénéficier ainsi du développement de « chaînes de valeur » compétitives et résilientes. Malgré le potentiel laitier mobilisable sur l’ensemble du cheptel et les nombreuses politiques et stratégies en faveur de la promotion de la filière laitière, le pays reste toujours un importateur de produits laitiers pour satisfaire les besoins de consommation.

Ce paradoxe soulève de nombreuses questions sur l’insertion de l’élevage dans les politiques nationales de développement. Ainsi, dans le cas des élevages à vocation laitière, la périphérie des grandes villes devient le domaine d’action pour cette activité, mais les informations l’ampleur du phénomène, ses défis et son potentiel sont limitées (Crump et *al.*, 2018). Plusieurs facteurs sont à l’origine de cette croissance tels que la démographie, les produits des croisements avec les races exotiques, les antécédents socio-économiques des éleveurs et la gestion de l’élevage (Okantah et *al.*, 1997; Ba Diao, 2004; Yazan et *al.*, 2012).

Le contexte périurbain intègre un marché en demande croissante de produits animaux en opposition au système de production extensif du nord du Mali basé sur les exportations d’animaux sur pieds et l’autoconsommation. L’accroissement de la demande en produits d’élevage (lait) pousse les éleveurs vers le remplacement des races locales considérées peu productives par un nombre restreint de races à haut rendement comme une alternative visant à augmenter le rendement laitier. L’éleveur est dès lors poussé vers la maximisation des profits. Cette orientation vers le marché est à l’origine de l’érosion des ressources

génétiques et à la gestion de la diversité génétique (Adebabay *et al.*, 2016; Tisdell, 2003). Cette orientation a permis dans le périurbain de Bamako et à l'intérieur du pays, la mise en œuvre des projets de développement et de préservation des acquis de l'élevage (races locales, vulgarisation des savoir-faire, etc.). Avec la crise sociopolitique et sécuritaire survenue en 2012, l'aide internationale dans le secteur agricole en ce qui concerne ces programmes et projets de développement a été suspendue. Malgré les diverses politiques et stratégies d'élevage, leur mise en œuvre fait encore état de plusieurs lacunes (Coulibaly *et al.*, 2014). A savoir :

- Le très faible accès des éleveurs à la terre (facteur important de production) ;
- L'absence d'appui institutionnel pour l'émergence des Organisations des Producteurs Agricoles (OPA) d'élevage viable et durable. Dès lors, l'environnement socioéconomique et professionnel du sous-secteur de l'élevage est caractérisé par la faible organisation des filières d'élevage, la faiblesse des OPA des éleveurs et l'absence de Partenariat Public-Privé (Coulibaly *et al.*, 2003).

Les introductions de races étrangères (Montbéliard, Rouge des steppes, Holstein, Jerseyais) ont été mises en place pour l'amélioration des performances laitières des bovins locaux. Le croisement initialement réservé aux zones périurbaines, s'est vite étendu aux zones agropastorales par le biais de l'insémination artificielle initiée par les différents projets et programmes de développement pilotés par le gouvernement et les différentes ONGs activant dans le pays.

Ainsi, le capital génétique bovin s'érode face aux nombreux croisements qui ont été pratiqués depuis plusieurs décennies entre les races locales et importées. Pour faire face à ce phénomène de dégradation du potentiel génétique local, le Mali s'est engagé à conserver et sélectionner ses races locales. Une commission scientifique travaille actuellement sur l'élaboration d'une stratégie nationale de conservation, de sélection et de diffusion des races autochtones. Ce plan stratégique constitue le principal outil capitalisant des expériences internationales, sous régionales et nationales en matière de sélection animale. En ce qui concerne la sélection, le Mali s'est inspiré en grande partie du modèle français en s'appuyant sur des stations expérimentales et en misant sur la recherche et le transfert de technologies et d'innovations. Cette appréhension mettant au second plan les réalités des ayants droits peut poser un problème de perception des innovations. Pour l'exemple, la transhumance au nord du Mali nous renvoie à des images de tradition, parfois passéistes et sans doute fortement connotées. En lien avec cette tradition, et très positivement, la transhumance est aussi très présente culturellement. Devant une telle considération, un projet de sédentarisation des éleveurs de cette localité paraîtra très laborieux sans l'implication active de toutes les parties prenantes à la base. Les éleveurs doivent s'emparer de l'innovation obtenue par la recherche en station pour que l'application soit transformée en de nouvelles pratiques. Dans ces conditions, les innovations peuvent être considérées comme source de progrès véritable. Malheureusement, plusieurs résultats de recherches ont été exécutés dans le périurbain de Bamako sans une implication active et de façon formelle au départ de la profession libérale (Keita *et al.*, 2013). Bien que ces politiques de conservation des ressources génétiques locales soient fort interventionnistes, les résultats obtenus auprès des éleveurs sont peu luisants (Coulibaly *et al.*, 2014). Ces situations ont conduits

à diverses réformes politiques et économiques dont le désengagement de l'Etat et l'initiation de transfert de ses compétences à des structures privées et aux organisations professionnelles.

II. Historique et gestion des races bovines

II.1. Races locales

L'ensemble des aides et interventions publiques depuis l'indépendance ont rapidement créé un intérêt particulier pour l'élevage laitier qui s'est fait ressentir non seulement dans les zones du sud, au travers de programmes et projets, mais également au centre et au nord du Mali. Toutefois, le désengagement de l'Etat à partir des années 1990 a régressé cet élan vers la spéculation bovine. Dans sa politique de l'augmentation de la production laitière, l'Etat malien, à travers l'Institut d'Economie Rurale, a lancé et soutenu des programmes d'amélioration génétique du zébu Maure et du zébu Peul s'appuyant sur un schéma de sélection à noyau fermé. Des résultats positifs ont été observés en termes de performance laitière et de gain de poids (Tamboura et *al.*, 1982). La diffusion du progrès génétique a été opérée suite à la cession des taurillons sélectionnés aux éleveurs. Toutefois, ces programmes n'ont pas été suivis faute de mesures d'accompagnement. Le programme du Ranch de Madina Diassa pour la conservation de la race N'Dama, avec un schéma à noyau ouvert, souffre lui aussi, des difficultés de maintenance et de transfert du troupeau dans les élevages des villages environnants. Un programme similaire au bovin N'Dama a aussi concerné le zébu Azawak. Il a été développé dans le cadre du Projet d'Appui à la Sélection et à la Multiplication du Zébu Azawak « PASMZAM » à Ménaka. Cette nouvelle tentative d'amélioration génétique a été abandonnée à la suite des récentes crises sécuritaires au Nord du Mali.

II.2. Races croisées

La volonté de développer les systèmes d'élevage s'est appuyée aussi sur les importations des animaux sur pieds en provenance de l'Europe entre les années 1927 et 1979. Ces animaux ont connu des problèmes d'adaptation, surtout d'ordre sanitaire. Le plus grand programme d'IA a été mis en place avec le démarrage en 1989 du Projet de Développement de la Production Laitière couvrant les grandes régions comme Sikasso, Ségou et Koulikoro (Ouattara et *al.*, 2001). Ces transferts ont donné lieu à la pratique incontrôlée du croisement améliorateur et au remplacement progressif des races locales par absorption (FAO, 2012). Au cours des dernières décennies, une diminution de la diversité des animaux de production a été amplifiée par l'évolution des exigences du marché et l'intensification de l'agriculture qui est aussi observée au Mali mais dans d'autres pays en développement (Köhler-Rollefson et *al.*, 2004 ; Mara et *al.*, 2013). La mise en œuvre des programmes d'amélioration génétique était répartie entre plusieurs acteurs dont les actions institutionnelles et techniques souffraient d'un manque véritable de coordination nationale. Sur la base des contraintes énumérées plus haut, une loi d'orientation agricole (LOA) a été adoptée ayant pour objectif de développer une vision globale pour appréhender les enjeux complexes de l'élevage bovins laitiers.

II.3. Cadre de l'insémination artificielle bovine au Mali

Les stratégies d'amélioration génétique animale ont progressé rapidement avec le développement de nouvelles technologies de reproduction. Parmi celles-ci, l'insémination artificielle (IA), le transfert d'embryons et les techniques de génétique moléculaire. L'insémination artificielle (IA), est définie comme l'introduction de spermatozoïdes dans l'appareil reproducteur féminin au moyen d'un instrument, est sans aucun doute la technique la plus ancienne du spectre de la procréation assistée (Peter et *al.*, 2010). Cette méthode offre donc un double avantage: celui d'apporter un appui pour multiplier la capacité de reproduction des mâles et donc, contribuer à l'amélioration génétique et d'autre part à constituer un moyen préventif de lutte contre les maladies sexuellement transmissibles.

Les premières campagnes d'insémination artificielle ont été effectuées auprès des éleveurs de l'Office du Niger au Mali entre 1949 et 1952 et à partir de 1964 chez les éleveurs de la périphérie de Bamako. Ces essais n'ont pas donné de bons résultats en matière de production laitière à cause du manque de mesures d'accompagnement dans le temps (alimentation, et disponibilité de semence fiable et à temps).

Cette activité a été organisée sur plusieurs phases à savoir :

- 1^{ère} Phase (1964-1988) : c'est la phase expérimentale où le programme d'IA était essentiellement limité en station;
- 2^{ème} Phase (1989-1999) : c'est la phase de vulgarisation de l'insémination artificielle par les projets tel que le Projet du Développement de l'Agriculture Périurbaine (PDAP);
- 3^{ème} Phase (de 2000 à 2009) : transfert des semences aux acteurs privés et création d'un Groupement d'Intérêt Economique (GIE) d'inséminateurs;
- 4^{ème} Phase (de 2009 à 2013) : c'est la phase de la relance de l'IA avec la mise en œuvre de la stratégie de développement et de valorisation de la production laitière au Mali et création des centres privés d'IA : Centre d'Insémination Artificielle et de Transplantation Embryonnaire (CIATE) et « K.I. SAMEN SAHEL » SA. Cette dernière est une société Hollandaise faisant des prestations de service d'insémination artificielle.

A partir de l'année 2015, c'est la poursuite de l'intensification du programme de développement de l'IA avec la création du Centre National de l'Insémination Artificielle Animale (CNIA). Ce centre est la seule structure étatique impliquée dans la production de semence bovine. Il a pour objectifs, d'une part de contribuer à une large diffusion la semence des taureaux exotiques de spécialisation laitière (Montbéliard, Holstein, Tarentaise) et viandeuse (Charolais, limousin, Blanc Bleu Belge) pour améliorer la production des races locales, et d'autre part pour intensifier les productions afin de répondre à la demande croissante de la population. Les opérations d'insémination artificielle (IA) réalisées par le centre entre 2015 à 2018 ont concerné 37840 femelles, toutes races confondues (zébu Peul, Azawak, Maure) dans les élevages privés de la zone périurbaine des grandes villes du Mali. Le taux de réussite de l'IA a été de 45,30%.

L'éleveur paye pour inséminer un bovin, 20 992 FCFA (32 Euros) ou 30 832 FCFA soit (47 Euros), selon la qualité de la semence et le choix du taureau (Kouamo et *al.*, 2009). Ces prix ne sont pas à la portée des éleveurs ayant un système d'élevage traditionnel. Outre le coût financier de l'acte, la pratique de l'IA est

sujette à de nombreux problèmes notamment la dispersion des animaux, l'insuffisance du personnel technique (Inséminateur) et les équipements appropriés.

III. Problématique générale de la thèse

III.1. Justification du thème: les races bovines et la gestion de sa diversité

Les crises récentes de l'élevage, l'envahissement des marchés nationaux par des produits importés et le manque de subventions des producteurs locaux, ont été à l'origine d'un regain d'attention en ce qui concerne les pratiques des éleveurs. Toutes ces considérations constituent un défi certain pour l'avenir des sciences animales et influencent leurs perspectives de recherche (Simonneaux, 2012). Cette attention particulière est perçue comme un signe d'éthique et de valeur sociétale pour les producteurs bovins. Notons déjà qu'au Mali, les troupeaux sont conduits pour une production mixte (viande, lait, travail,...). En zone sahélienne nord du Mali, le zébu Azawak, adapté aux conditions environnementales, bénéficie d'un intérêt grandissant de la part de l'État Malien et d'un grand nombre d'éleveurs. Alors que, la zone périurbaine de Bamako détient une faible proportion de bovins de races locales et de petits ruminants. Cette dernière constitue également l'ossature de troupeaux bovins de races améliorées issus d'insémination artificielle avec des semences de races laitières exotiques européennes (Montbéliard, Holstein, Rouge des Steppes,) ou encore de croisements avec les races locales. Ces génotypes croisés sont aussi élevés dans certaines zones péri-urbaines à l'intérieur du Mali (Ségou, Sikasso, Mopti). Ces pratiques doivent être complémentaires. Il s'agit de développer des stratégies d'intervention visant à maintenir un équilibre dans l'attention qu'elles reçoivent de la part des institutions de recherche, d'enseignement et des soutiens publics.

Des contraintes d'alimentation, d'amélioration génétique, de reproduction et de santé sont à l'origine de la faible production animale. A cela s'ajoute un manque d'informations statistiques fiables sur les productions animales en milieu réel. Cette méconnaissance des performances de production, constitue un véritable obstacle au développement de la production laitière et à l'approvisionnement régulier en lait local des populations. Le bétail de l'Afrique de l'Ouest se caractérise par le faible niveau de production de lait du bétail et la non maîtrise des facteurs qui agissent généralement sur cette production (Kassa et al., 2016). Ceci pourrait engendrer une sous-exploitation du potentiel laitier local avec comme conséquence une sous-évaluation du rendement du lait. Les vaches métisses issues d'insémination artificielle ou par voie de croisement d'un taureau de race exotique avec des vaches locales ont une productivité élevée suivant les systèmes de production, variant de 3 à 8 l/j en 270 jours de lactation (Coulibaly et al., 2003). Cependant, ces vaches laitières croisées ou de race pure, ont des exigences (alimentation, santé, infrastructures) plus élevées que les races locales. Ces dernières sont rustiques et adaptées aux conditions du milieu. En revanche, l'extériorisation des potentialités des troupeaux nécessite une amélioration de la conduite et des pratiques des éleveurs.

Le zébu Azawak, réputé comme la meilleure race laitière de la sous-région ne serait-elle pas une

alternative à explorer pour répondre aux attentes des éleveurs dans la recherche d'une race locale résistante et performante ?

Face aux enjeux démographiques, aux besoins grandissants en lait et produits laitiers et au devoir de lutte contre la pauvreté, notre étude vise à contribuer à la gestion des différents systèmes d'élevage dans la politique d'amélioration génétique en cours au Mali. Pour ce faire, certains questionnements peuvent être soulevés :

- Quel niveau de croisement est-il préférable de diffuser pour un rendement laitier efficace et efficient en milieu périurbain ?
- Pour quel type de système d'élevage ?
- Quelles sont les facteurs qui affectent l'acceptation d'un animal dans une exploitation ?
- Quels sont les types phénotypiques de bovins que les producteurs préfèrent ?
- Quelles sont les complémentarités à développer en termes d'avantage comparatif entre les systèmes d'élevage du Nord et celui du Sud.

L'intégration de la race locale « Azawak » pourrait être plus attendue autour de Bamako ainsi que sa caractérisation pour d'autres fins utiles. Les pratiques observées en milieu périurbain se trouvent confrontées à une absence de suivi des performances génétiques par les pouvoirs publics conduisant à une perte des ressources génétiques locales. La réponse à ces questions devrait permettre de discerner d'éventuels risques pour les ressources génétiques et proposer une gestion concertée en rapport avec la dynamique économique et le besoin de la durabilité.

III.2. Objectifs de la thèse

La gestion des ressources génétiques bovines est l'une des contraintes les plus importantes dans le secteur de l'élevage bovin au Mali. A l'origine de cette déperdition, la privatisation du secteur de l'élevage sans aucune mesure d'accompagnement structurée. Face à cette offre locale inextensible, s'accompagne une augmentation du prix de la viande et du lait local. La conséquence immédiate est l'envahissement des marchés nationaux par des produits importés, coûtant moins cher que les produits locaux.

Si l'exploitation de ces nouveaux génotypes laitiers est réfutable, l'analyse des avantages et / ou des contraintes serait opportune. Dans la périphérie de Bamako, zone d'élevage potentielle de ces génotypes manque encore de références concernant le fonctionnement des exploitations bovines. Les informations sont limitées sur l'évolution et les mécanismes de fonctionnement de ces exploitations, qui sont en fait un nouveau système de production laitière. La compréhension de cette nouvelle approche de gestion des ressources génétiques bovines est importante pour la subsistance de nombreuses communautés (Rege et Gibson, 2003).

L'objectif global de ce travail est la recherche d'une stratégie de mise en place d'un programme national d'amélioration génétique des bovins adapté à un système d'élevage répondant aux besoins des éleveurs.

Il s'agira de manière spécifique :

- de caractériser les pratiques et les systèmes de production bovins;
- d'étudier les performances de production et de reproduction des races bovines;
- d'étudier les préférences des éleveurs des zones péri-urbaines concernant les caractéristiques d'une race type facile à gérer (selon leurs critères);
- d'étudier les performances de la race zébu Azawak dans son berceau en vue d'une éventuelle diffusion vers le centre et les périphéries des grandes villes du Mali afin de mieux valoriser ces potentialités laitières;
- Et enfin de procéder à l'analyse des attentes des parties prenantes pour l'élaboration d'un programme d'amélioration génétique.

Ces outils synthétiques pourront servir de base à la conception d'interventions ultérieures à des fins de développement adaptées à chacun des systèmes d'élevage appropriés au niveau communautaire.

IV. References

- ADEBABAY K.B., KASSAHUN T., GURJA B., 2016. The State of Conservation of Animal Genetic Resources in Developing Countries: A Review. *Inter. J. Phar. Med. and Bio. Sci.*, **5** (1): 1-10
- ANDRÉS F.C., DEANN M.G., BARA K., KONIMBA B., BOURAMA S., RAM N.A., 2015. Challenges and opportunities for agropastoral livestock smallholders in Mali. *Agric.*, **44** (1): 69 – 80. Doi: 10.5367/oa.2015.0198
- AU-IBAR, 2015. *Stratégie de développement du secteur de l'élevage en Afrique (LiDeSA). 2015 – 2035. Feuille de route pour un développement réussi du secteur de l'élevage*. Département de l'Economie Rurale et de l'Agriculture. Commission de l'Union Africaine. 158p
- BA DIAO M., 2004. Situation et contraintes des systèmes urbains et périurbains de production horticole et animale dans la région de Dakar. *Cah. Agric.*, **13** : 39-49
- CHAGUNDA M.G.G., GIBSON J.P., DZAMA K., REGE J.E.O., 2015. Options for enhancing efficiency and effectiveness of research capacity for livestock genetics in, and for, sub-Saharan Africa. *Anim. Gen. Res.*, **56**: 145-153
- COULIBALY T., DIALLO L., OUTMANI A., 2014. *Diagnostic de la situation de l'élevage n'dama dans son berceau de race (cercles de Bougouni et de Yanfolila)*. Ministère du Développement Rural. Direction Nationale des Productions et des Industries Animales (DNPIA). 52p
- CRUMP L., MAUTI S., TRAORÉ A., SHAW A., HATTENDORF J., ZINSSTAG J., 2018. The contribution of livestock to urban resilience: the case of Bamako, Mali. *Trop. Anim. Health Prod.*, **51**(1):7-16
- COULIBALY M. D., POCCARD-CHAPUIS R., COULIBALY D., NIANG M., KASSAMBARA I., KONE Y. S., 2003. *Recherche de Modes de Gestion du Troupeau pour une Exploitation Economique et Durable des Bovins laitiers dans les Zones péri-urbaines du Mali*. Appui aux filières élevage. IER, LCV, FAC/FSP- Mali. 20 p
- DNPIA, 2018. *Rapport d'activités annuelles de la Direction Nationale des Productions et des Industries Animales*. Ministère de l'Élevage et de la Pêche. 121p
- FAOSTAT, 2018. FAOSTAT Database Rome, Italy available at <http://faostat3.fao.org/browse/T/TP/F>.

last access: 13/09/2018

FAO, 2018. The Second Report on the State of the world's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture. FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. Rome, Italie, Adresse URL: <http://www.fao.org/3/a-i4787e/index.html>, consulté le 05/07/2018

FAO, 2010. Breeding strategies for sustainable management of animal genetic resources

FAO, 2012. Cryoconservation of animal genetic resources. FAO Animal Production and Health Guidelines No. 12. Rome

FLEMING A., ABDALLA A.E., MALTECCA C., BAES C.F., 2018. Invited review: Reproductive and genomic technologies to optimize breeding strategies for genetic progress in dairy cattle. *Arch. Anim. Breed.*, **61**: 43-57. URL: <https://doi.org/10.5194/aab-61-43-2018>

HOUEBINE L.M., 2014. Impacts of genetically modified animals on the ecosystem and human activities, *Global Bioethics*, **25** (1): 3-18, DOI: 10.1080/11287462.2014.894709

HOVING I.E., STIENEZEN M.W.J., HIEMSTRA S.J., VAN DOOREN H.J., DE BUISSONJE F.E., 2014. Adaptation of livestock systems to climate change; functions of grassland, breeding, health and housing. Wageningen, Wageningen UR (University & Research centre). Livestock Research. Report 793. 60p

KASSA S.K., SALIFOU C.F.A., DAYO G.K., AHOUNOU S., DOTCHE O.I., ISSIFOU T.M., HOUAGA I., KOUTINHOIN G.B., MENSAH G.A., YAPI-GNAORE V., YOUSAO A.K.I., (2016). Assessment of milk production and resilience of Girolando cattle, reared in semi-improved breeding system in Benin. *J. Vet. Adv.*, **6** (6): 1269-1281

KEITA J.B., OUTMANI A., COUIBALY M., 2013. *La conservation, la sélection et la diffusion des races locales (Présentation de quelques politiques et expériences nationales)*. Rapport de la DNPIA. Ministère de l'Élevage et de la Pêche du Mali. 78p

KLUYTS J.F., NESER F.W.C., BRADFIELD M.J., 2003. Development of breeding objectives for beef cattle breeding: Derivation of economic values. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, **33** (3): 142-158

KÖHLER-ROLLEFSON I., LOSSAU A.V., DIETER NILL D., SCHERF B., 2004. *Farm Animal Genetic Resources*. Safeguarding National Assets for Food Security and Trade. 60 p

KOUAMO J., SOW A., LEYE A., SAWADOGO G.J., OUEDRAOGO G. A., 2009. Amélioration des performances de production et de reproduction des bovins par l'utilisation de l'insémination artificielle en Afrique Subsaharienne et au Sénégal en particulier : état des lieux et perspectives. *RASPA*, **7** (3-4) : 139-148

LEROY P., MOULA N., HUART A., LEROY E., CASSART R., RUPPOL P., LEVRARD O., EL FADILI M., BINH D.V., THANG N.V., DUC L.D., NFUNDIKO D., NIENHAUS B., ANTOINE-MOUSSIAUX N., FARNIR F., 2012. Amélioration des performances génétiques des races tropicales par les races wallonnes. 15^{ème} Journée Outre-mer, 25 août 2012, Espace Senghor, Gembloux Agro-Bio Tech. 24p

MARA L., CASU S., CARTA A., DATTENA M., 2013. Cryobanking of farm animal gametes and embryos as a means of conserving livestock genetics. *Anim. Reprod. Sci.*, **38**: 25- 38

OKANTAH S., ODDOYE E., OBESE F., GYAWU P., ASANTE Y., 1997. Characterization of peri-urban dairy production system in Ghana. Social attributes and characteristics of the production environment. *Ghana J. Agric. Sci.*, **30**: 87-94

OUATTARA A.S., COULIBALY F., COULIBALY D., 2001. *Etude de capitalisation de l'information existante sur les filières Bétail-Viande et lait*. Ministère du Développement Rural. Rapport de la Cellule de Planification et de Statistique. 89p

PHILIPSSON J., REGE, J.E.O., ZONABEND E., OKEYO A.M., 2011. Sustainable breeding programmes for tropical farming systems In: *Animal Genetics Training Resource*, version 3, 2011. Ojango, J.M., Malmfors, B. and Okeyo, A.M. (Eds). International Livestock Research Institute, Nairobi, Kenya, and Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden

PETER E.J.B., LANGBEEN A., VERBERCKMOES S., JO L., LEROY M.R., 2019. Artificial insemination in livestock production: the Vet's perspective. Consulté le 17 /09/2019. MONOGRAPH: 6-

- REGE J.E.O., MARSHALL K., NOTENBAERT A., OJANGO J., OKEYO A.M., 2011. Pro-poor animal improvement and breeding — What can science do? *Liv. Sci.*, **136**: 15-28
- REGE J.E.O., GIBSON J.P., 2003. Animal genetic resources and economic development: issues in relation to economic valuation. *Ecol. Econ.*, **45**:319–330
- ROESSLER R., MPOUAM S.E., MUCHEMWA T., SCHLECHT E., 2016. Emerging Development Pathways of Urban Livestock Production in Rapidly Growing West Africa Cities. *Sustainability*, **8**: 1 - 25. Doi: 10.3390/su8111199
- SIMONNEAUX L., 2012. Rationalités d’enseignants en productions animales sur des questions socialement vives en élevage. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*. Consulté le 16 septembre 2019. URL : <http://journals.openedition.org/rdst/554>; DOI : 10.4000/rdst.554
- SPAAA, 2013. *Augmenter le soutien au secteur de l’élevage pour saisir une opportunité économique majeure pour le Mali*. Note d’orientation politique. Adresse URL : <http://www.fao.org/mafap/fr>
- TAMBOURA T., BIBE B., BABILE R., PETIT J.P., 1982. Résultats expérimentaux sur le croisement entre races locales et race laitières améliorées au Mali. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop.*, **35**: 401-412
- TISDELL C., 2003. Socioeconomic causes of loss of animal genetic diversity: analysis and assessment. *Ecol. Econ.*, **45**: 365-376
- VON M., KONE Y.S., 1986. *La production laitière autour de Bamako, situation technique et économique*, Programme conjoint CIPEA/INRZFH Mali. 76 p
- YAZAN E.A., NYARIKI D.M., WASONGA V.O. EKAYA W.N., 2012. Factors influencing transient poverty among agro-pastoralists in semi-arid areas of Kenya. *Afric. Crop Sci. J.*, **20**: 113-12

Chapitre I : Pratiques et aspects zootechniques de l'élevage bovin laitier en zone périurbaine de Bamako et au Nord du Mali

Pour évaluer le contexte de l'élevage Malien, il est important de comprendre les potentielles contraintes techniques et socio-économiques à l'introduction de nouvelles ressources génétiques dans les systèmes d'élevage. Cette analyse porte sur la dynamique de l'élevage au Mali, l'objectif et la compréhension des systèmes de production bovine. Il aboutit à la formulation d'éventuelles recommandations pour la mise en place d'un programme intégré d'amélioration et de conservation génétique des races bovines existantes. Cet article a été soumis dans la revue « Cahier Agriculture »

Pratiques et aspects zootechniques de l'élevage bovin laitier en zone périurbaine de Bamako et au Nord du Mali

A. Touré¹, A. Kouriba², Bakary T.¹, G. Benoît¹, P. Leroy^{1,3}, N. Antoine-Moussiaux^{1,3}, N. Moula^{1,3}

1 Département des Productions animales, Faculté de Médecine vétérinaire, Université de Liège, Bâtiment B43, Quartier Vallée 2, Avenue de Cureghem 6, 4000 Liège - Belgique

2 Comité National de Recherche Agricole (CNRA), Route de Koulouba Face Ex-ENA FDPU - BP E: 1911 Bamako, Mali

3 Institut Vétérinaire Tropical, Faculté de Médecine vétérinaire, Université de Liège, Boulevard de Colonster, 20, bâtiment B43, 4000 Liège, Belgique

Email de l'auteur correspondant: nassim.moula@uliege.be

Auteur pour la correspondance

Tél.: +32/4/366.41.24 / fax +32/4/366.41.22; email: Nassim.Moula@ulg.ac.be

Abstract

In Mali, animal husbandry is a support of the national economy and a central productive activity for more than 85% of the country's population. However, the country is still suffering from anthropological practices (urbanization, lack of appropriate cross-breeding schemes, and low level implication of state to finance producers) and climatic conditions (progressive reduction of fodder resources, instability of rainy seasons). In the peri-urban areas of Mali, especially in Bamako, the situation is evolving towards a possible generalization of above-ground livestock farming. The Peuls, in the past owners of herds, became herdsman or milk sellers in the periphery because of the purely commercial nature of dairy production in recent years. Genetic improvement, food and veterinary follow-up strategies initiated by the livestock development projects and Research Institutes did not meet expectations. The objective of this paper is to describe the situation of cattle breeding in Mali and to present new trends at the option of producers.

Keywords: *Cattle, Animal husbandry, dairy cattle, anthropic effect, Mali*

Résumé

Au Mali, l'élevage, est un pilier de l'économie nationale et constitue une activité productive pour plus de 85 % de la population du pays. Il est toutefois menacé par certains phénomènes comme l'urbanisation, l'absence de schémas appropriés de croisement, un niveau faible d'implication de l'état dans le financement des producteurs mais aussi des phénomènes climatiques conduisant à la diminution progressive des ressources fourragères. Dans les zones périurbaines du Mali, en occurrence celle de Bamako, la situation évolue vers un développement important des élevages hors sol. Les Peuls, autrefois détenteurs des troupeaux, sont devenus des bergers ou vendeurs de lait dans la périphérie de la capitale, en raison du caractère purement commercial de la production laitière durant ces dernières années. Les stratégies d'amélioration génétique, alimentaire et de suivi vétérinaire amorcées par les projets de développement d'élevage et les Instituts de recherche n'ont pas donné de résultats satisfaisants visibles sur le terrain. Le but de cet article est de décrire la situation de l'élevage bovin au Mali et de présenter les nouvelles tendances en cours avec ou sans le consentement des producteurs.

Mots clés : *Bovins, vaches laitières, effet anthropique, activités d'élevage, Mali*

Introduction

En 2011, la population africaine a atteint un milliard d'habitants avec une projection d'environ 1,5 milliards en 2025 (Dongmo et al., 2012). Pendant ce temps, les besoins annuels de l'Afrique de l'Ouest et du Centre en produits laitiers ont été estimés à environ 31,5 millions de tonnes, à raison de 90 équivalents litres/personne/an (Dongmo et al., 2012). D'après Faye et Alary (2001), le développement des productions animales doit donc répondre à la fois aux exigences d'une augmentation de la productivité pour satisfaire une demande croissante en produits d'origine animale, et au maintien de l'activité en zone rurale afin de lutter contre la pauvreté. La disponibilité en lait (tous laits confondus) a été estimée à 125 litres par habitant par an (FAOSTAT, 2017). Or, en Afrique, les races bovines locales en général et les zébus en particulier, sont connus pour leur caractère très rustique et adapté aux conditions du milieu tropical (Demeke et Schoeman, 2004). Cependant, elles sont caractérisées par un faible potentiel productif pour le lait et pour la viande. Une pratique rapide et efficace pour augmenter la productivité laitière est d'établir des croisements avec des bovins de races laitières exotiques telles que le Rouge des steppes, la Holstein, le Montbéliard, donnant des hybrides, consécutifs aux phénomènes d'hétérosis et de complémentarité, plus productifs (Rege et Tawah, 1999; Demeke et Schoeman, 2004; Bryant et al., 2007). Ces croisements peuvent entraîner une augmentation du bénéfice d'exploitation dans certaines circonstances économiques (Lopez-Villalobos et Holmes, 2002). Toutefois, si les produits de ces croisements sont mal suivis, des conséquences désastreuses sur la reproduction, la santé et la survie peuvent apparaître.

Au Mali, l'élevage des bovins est dominé par la race zébu (Peul et Maure). Afin d'augmenter la production laitière de cette dernière, le Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage (MAE) a adopté une politique de production laitière nationale par l'intensification des systèmes d'élevage et l'amélioration génétique du cheptel local au travers des croisements avec des races laitières exotiques. Selon Corniaux, (2013), la consommation de lait a été de l'ordre de 40 à 60 litres par an et par habitant. Le lait en poudre dominé par les importations et des produits issus de sa transformation ont représenté 25 à 40% de la consommation totale. Cette synthèse vise à établir l'inventaire des ressources génétiques bovines, les aspects socio-économique, alimentaire et pastoral du Mali, dans un contexte de politique générale de développement et d'amélioration génétique. Elle expose aussi les principales contraintes de l'élevage bovin et la place des institutions de recherche dans la mise en œuvre des stratégies nationales du secteur de l'élevage.

I. Présentation générale du secteur de l'élevage au Mali

I.1. Localisation géographique et caractéristiques climatiques du pays

Le Mali fait partie des pays de l'Afrique de l'Ouest avec une population estimée à plus de 14 millions d'habitants (FAOSTAT, 2017). Il est enclavé entre le tropique du Cancer et l'Équateur et traversé par deux grands fleuves : le Sénégal et le Niger (Figure 3). Il se situe entre 28°50' et 30°53' de longitude Est et 2°20' et 4°28' de latitude Sud. Il est constitué de trois zones climatiques caractéristiques : la zone

saharienne couvrant les deux tiers de la superficie, la zone sahélienne au centre et les zones soudanaise et pré-guinéenne au Sud-Ouest.

Cette subdivision climatique crée des variations saisonnières remarquables entre les zones. Ainsi, du Nord au Sud, on passe progressivement des pluies de quelques semaines dans le Sahel et entre 3 à 4 mois dans le Sud. La saison des pluies, dite hivernage, a lieu normalement entre juin et septembre. Le temps reste sec durant le reste de l'année.

Les populations nomades vivent essentiellement au Nord, constituées par un ensemble naturel des quatre (Blanc-Pamard et Boutrais, 1994) régions qui sont Tombouctou, Gao, Kidal et Ménaka. Dans ces régions, l'élevage constitue la principale activité économique et reste la préoccupation des nomades. Au Sud, une agriculture intégrée à l'élevage est valorisée à travers les orientations politiques propulsées par les projets et programmes en exécution.

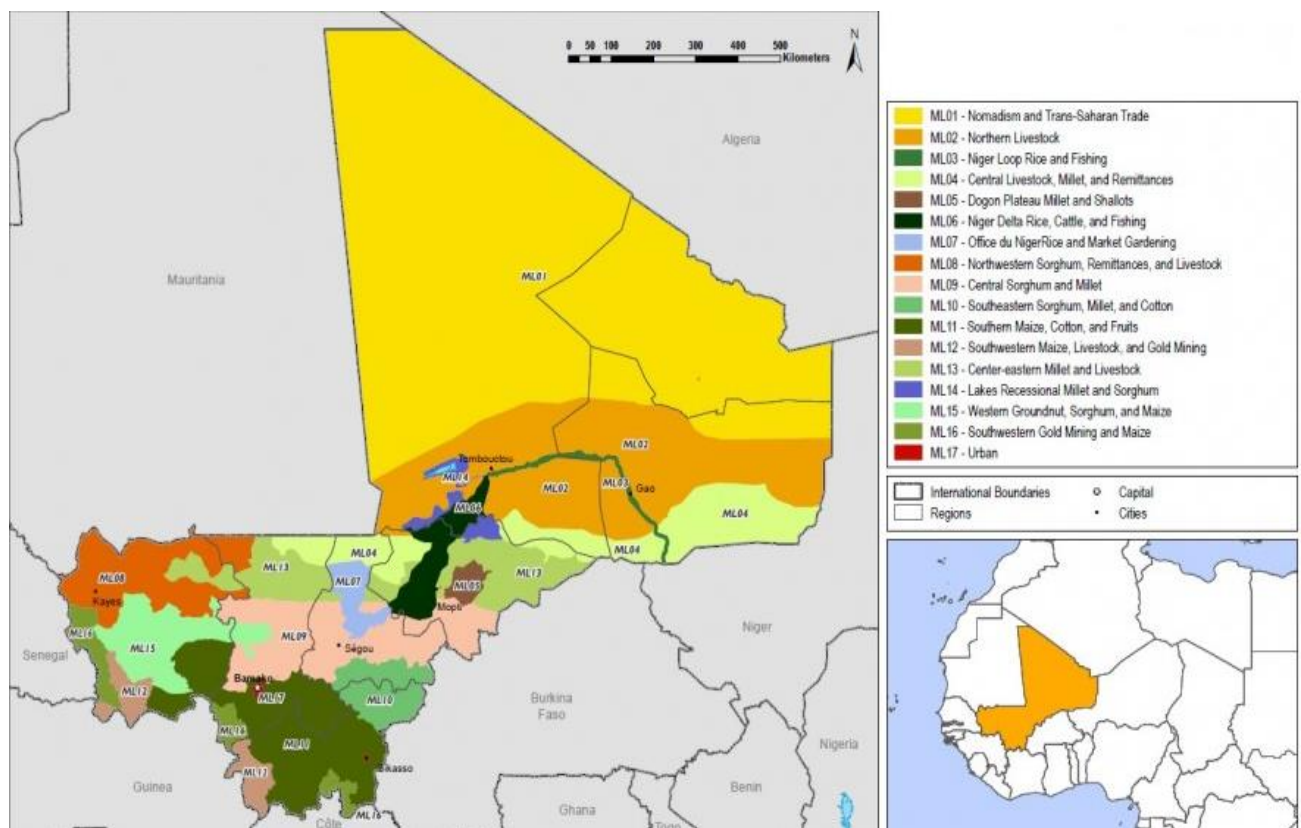


Figure 3. Carte géographique du Mali (source : [www. Map of livelihood zones in Mali](http://www.Map of livelihood zones in Mali), 2014)

I.2. Aperçu socio-économique et population bovine

Le Mali présente une densité moyenne de population de 10,5 hab/km² et est très variable. Elle passe de 90 hab/km² dans le delta central du Niger à moins de 5 hab/km² dans la région saharienne du Nord. La croissance démographique annuelle est de 3%. L'agriculture contribuait à 51,8 % du PIB en 1996 contre 42% en 2012. Le secteur de l'élevage quant à lui, contribue à hauteur de 8,5% à la formation du PIB (FAOSTAT, 2017).

Dans le secteur des productions animales, les races bovines actuelles sont élevées au gré du propriétaire ou de l'éleveur. Ces élevages sont de type sédentaire à semi nomade. Une irrégularité notoire dans l'actualisation des données des productions animales conduit à une attribution des taux de croit aux différentes catégories animales par la Direction Nationale des Productions et des Industries Animales (DNPIA, 2014) pour une estimation annuelle des effectifs du cheptel. Le dernier recensement national du cheptel a eu lieu en 2011, précédé de celui de 1992. Cependant la Direction des Services Vétérinaires (DNSV, 2015), toujours rattachée au ministère de l'élevage et de la pêche, actualise ses données à travers l'effectif des animaux vaccinés au cours des campagnes de vaccination. Les indicateurs du taux d'accroissement moyen du cheptel a été de l'ordre de 3% pour les bovins, 5% pour les ovins/caprins, 2% pour les équins et asins et 1,10% pour les camelins (DNPIA, 2014). La figure 4 rapporte l'évolution des effectifs du cheptel bovin national en rapport avec la production laitière pour la période de 2011-2016.

I.3. Potentiel et contraintes d'élevage du Mali

Les superficies des pâturages sont estimées à plus de 30 millions d'hectares (PDA, 2013). L'Etat Malien et ses partenaires au développement (Banque Mondiale, les Coopérations Allemande, Belge Suisse, etc.) dans le domaine de la recherche, ont permis de mettre en évidence la grande diversité des races bovines maliennes.

Malgré la faible productivité du cheptel (178646 tonnes de viande bovine et 441511 tonnes de lait frais de vache pour un effectif de plus de 9 millions de têtes de bovins) (FAOSTAT, 2017), l'élevage représente la principale source de revenus des ménages ruraux.

I.4. Cadre institutionnel

Afin d'améliorer la visibilité et la traçabilité des activités d'agriculture, une Loi d'Orientation Agricole (LOA) a été instituée pour la mise en œuvre de la Politique Agricole en concertation avec les collectivités et la profession agricole. Les rôles et les capacités de chacune de ces catégories d'acteurs intervenant dans LOA ainsi que les mécanismes de gouvernance sont définis dans un document intitulé politique de développement agricole (PDA, 2013). En dépit de tous ses atouts, le secteur élevage rencontre de nombreuses contraintes dont les principales sont décrites ci-après :

Le croisement incontrôlé des animaux

Les races bovines locales étant créditées de faibles performances zootechniques (Vall et Hubert, 2002; Touré et al., 2017), leur croisement avec les races exotiques devient un facteur clé expliquant la perte de

leurs caractères génétiques. À long terme, cela limiterait les possibilités de développer des stratégies d'amélioration et de conservation des races locales. Malheureusement, ces races indigènes ne sont pas bien caractérisées ou décrites et sont rarement soumises à des programmes d'amélioration structurés, destinés à augmenter les performances productives (Biscarini et al., 2015; Nyamushamba et al., 2017).

La forte dépendance alimentaire du cheptel à la pluviométrie et la réduction des terres de parcours

Les nouvelles terres destinées à l'augmentation des surfaces cultivables en Afrique sub-saharienne ont traditionnellement été, par ordre d'importance, les pâturages, les savanes boisées et les forêts primaires (Herrero et al., 2010). Le Mali ne fait pas exception à cette tendance. Aujourd'hui, cette extension des surfaces (cultures et urbanisation) se fait aux dépens des enclaves pastorales et des terres marginales réservées à l'élevage. Cette concurrence avec les besoins humains, nécessite une modélisation des systèmes d'intégration culture-élevage (Phelps et Kaplan, 2017). Au cours de la dernière décennie, les risques climatiques identifiés par le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) sont perceptibles aussi au Mali, à savoir : les inondations (en lien avec les problèmes de "mal-urbanisation"), les canicules et la relation entre l'agriculture et l'eau (Serdeczny et al., 2016). Les principales conséquences de ces changements climatiques sur le bétail ont été décrites par Lunde et Lindtjorn, (2013).

Quantité (lait en $\times 10^2$ Kg)

Effectif bovin (nombre)

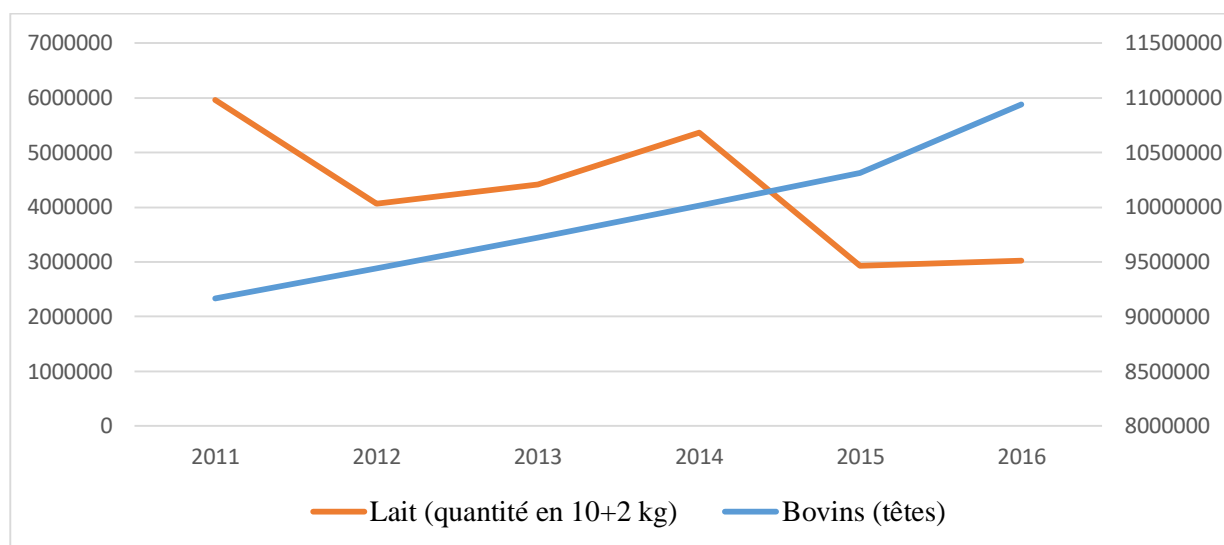


Figure 4. Evolution du potentiel de l'élevage bovin laitier au Mali

II. Les systèmes d'élevage au Mali

Le système d'élevage peut être considéré comme un ensemble de techniques et de pratiques mises en œuvre par une communauté pour exploiter, dans un espace donné, des ressources végétales par des animaux, dans des conditions compatibles avec ses objectifs et avec les contraintes du milieu (Lhoste, 1984). Le cheptel bovin est à dominance zébu Peuls, mais il reste difficile de préciser le degré de croisement des animaux et la nature des races qui ont été croisées pour former les hybrides. Toutefois, on peut considérer que les bovins du Mali sont principalement composés de races pures ou de croisées issues des neuf (9) races suivantes : le zébu Peul, le zébu Azawak, le zébu Maure, la N'Dama, la Montbéliarde, la Holstein, la Rouge des steppes, la Normande et la Jersey. L'élevage bovin laitier a certainement connu l'accroissement le plus rapide, en raison de la diversité des domaines d'intervention des éleveurs (production fourragère, élevage, gestion de différents types d'animaux...) (Clay et al., 2019).

II.1. Système pastoral

L'activité pastorale, développée dans les régions Nord du Mali, est caractérisé par une grande mobilité du troupeau à la recherche de pâturages et d'eau. La dernière décennie a été marquée en Afrique de l'Ouest et du Centre par de net progrès dans la reconnaissance de ce système en tant qu'activité caractérisée par des spécificités sociales et économiques et culturelles (Dongmo et al., 2012; Nyamushamba et al., 2017). Le système d'élevage pastoral comporte deux modes:

- **Nomade**: caractérisé par le déplacement des animaux sur des itinéraires irréguliers, motivé par la recherche d'eau, de pâturages et des conditions d'accès. Il représente une forme d'exploitation des ressources naturelles et d'occupation de sols dans les zones où l'agriculture semblerait être difficile (DNPIA, 2014; Marty, 2006). Il est surtout pratiqué par les éleveurs Peuls et Touaregs à l'intérieur de leur

terroir d'attache pour mieux exploiter les différentes ressources fourragères. Cette forme organisationnelle considère l'éleveur et ses pratiques comme un pilote avec ses projets et des objectifs à atteindre (Blanc-Pamard et Boutrais, 1994). Il présente en outre plusieurs atouts dont l'ancrage culturel, l'adéquation avec l'environnement naturel, la contribution indéniable à l'économie (Marty, 2006). Ils entretiennent des relations de nature diverse (échanges d'informations, de biens et de services). Ce type de relations entre sociétés Peuls et sociétés autochtones généralement agricultrices a été déjà décrit par Thébaud (2002).

- **Transhumante:** Elle représente une autre forme de gestion du troupeau par les éleveurs à travers un programme connu dans le temps. Ces mouvements sont saisonniers, nationaux et internationaux, selon la répartition de la pluie et des ressources fourragères naturelles (Unruh Jon, 1990). Ces dernières années, à cause des perturbations pluviométriques, une transhumance transfrontalière est de plus en plus pratiquée vers la Côte d'Ivoire, le Burkina Faso, la Mauritanie et le Niger. Ce type de transhumance est surtout pratiqué par les Peuls pour satisfaire aussi un besoin de vente de bétail sur pied dans ces pays (Touré et al., 2017). Bien qu'utile par toutes les parties prenantes, ce mode d'élevage se trouve confronté à une difficulté de taille qui serait la non application d'une politique commune visant à renforcer la filière. L'espèce bovine la plus soumise à cette pratique est celle du zébu Azawak avec ses multiples croisements avec d'autres races en provenance des frontières Nigérienne et Burkinabè.

II.2. Système agropastoral

L'agropastoralisme traditionnel repose sur la valorisation optimale de l'espace. Dans ce système de production, une cohabitation de l'élevage et de l'agriculture est notée (Vall et al., 2002). L'interpénétration des espaces agricoles et pastoraux est souvent à la base des heurts en l'absence de règles (conventions) de gestion. Plusieurs stratégies sont utilisées pour atténuer les aspects négatifs de cette compétition entre l'agriculture et l'élevage dans l'utilisation habituelle des ressources foncières (Touré et al., 2017). Ce système vise à garantir un environnement de cohabitation harmonieuse entre les communautés. Il vise à combler ainsi les gaps liés aux nombreuses incertitudes économiques (volatilité des prix agricoles), et les récents aléas climatiques. Il est avant tout une stratégie qui permet de parer aux risques et de compenser les pertes enregistrées dans l'une ou l'autre activité. Cette fonction de sécurisation est très largement répandue dans l'ensemble des systèmes mixtes connus de par le monde (Vall et al., 2002; Herrero et al., 2010).

II.3. Élevage périurbain

La zone périurbaine de Bamako, à l'image des autres villes africaines, est par excellence la zone d'expérimentation des innovations agricoles. Les systèmes périurbains assurent aujourd'hui l'approvisionnement de la ville de Bamako. L'élevage périurbain se traduit aussi par une forme d'expropriation des terres par des riches commerçants ou fonctionnaires. Traditionnellement, au Mali, l'utilisation des terres est régie par le droit d'usage. La politique d'urbanisation a été au départ favorable aux hommes des régimes depuis l'indépendance qui ont acquis de grandes parcelles en bordure de fleuve et à proximité de la ville. Depuis 1991, les procédures d'accès à la terre ont été simplifiées.

L'immatriculation d'une terre de petite dimension (moins de 5 hectares) sous l'autorité du préfet de cercle. Entre 5 à 10 hectares, la procédure relève de l'autorité du gouverneur et l'acquisition d'une parcelle de plus de 10 hectares passe par le conseil des ministres. Cette privatisation foncière a eu un impact important sur les usages du sol en périphérie de Bamako et notamment sur les pratiques d'élevage laitier (Molina, 2009). L'urbanisation poussée de la ville de Bamako a contraint l'élevage à s'éloigner de la ville de consommation. Cette situation entraîne une augmentation des coûts de transport du lait et remis en question l'aptitude des éleveurs et des collecteurs à porter la production laitière aux points de vente aménagés à cet effet (Molina, 2009). A l'instar de cette situation, l'élevage bovin laitier est devenu une activité génératrice de revenus aux mains des grands commerçants et quelques hauts fonctionnaires qui ont les moyens d'investir et d'entretenir la création d'une ferme (Touré et al., 2015). Cet élevage périurbain, contrairement aux autres systèmes, est tourné totalement vers une exploitation semi intensive à caractère commercial (lait, viande et vente de bétail sur pieds) pour répondre à la demande en produits animaux des populations urbaines et des industries de transformation.

III. Les principales races bovines élevées au Mali

Le catalogue des races bovines fait état de la description de 44 races bovines (Planchenault et Boutonnet, 1997). La demande de produits de l'élevage est en augmentation constante, pendant ce temps, de nombreuses races indigènes africaines sont en voie de disparition et leurs caractéristiques d'adaptation uniques risquent d'être perdues (Mwai et al., 2015). Au Mali, quatre races locales (zébus et taurins) prédominent en lien avec des aires répartitions sur l'ensemble du territoire. Les zébus ont été introduits en Afrique de l'Ouest après les taurins par les peuls venus de l'Est qui supplantèrent peu à peu la première espèce de bovin (Mason, 1969). Elles se caractérisent par une grande adaptation aux conditions d'élevage difficiles, supportent les faibles ressources fourragères et résistent aux maladies (Lhoste et al., 1993; Scholtz et Theunissen, 2010; Nyamushamba et al., 2017). A ces deux groupes, s'ajoutent les produits stabilisés de leur croisement entre le zébu et le taurin (zébu Peul × taurin N'Dama) encore appelés Méré au Mali.

L'avenir de l'élevage dépend de la manière dont la génération actuelle relève le défi des politiques de développement et d'action pour une production alimentaire durable. Les races indigènes d'animaux domestiques sont largement négligées et on estime que 30% de celles-ci sont en danger de disparition (Poivey, 2001). Avec elles, disparaissent généralement des aptitudes génétiques très précieuses concernant l'adaptation à des conditions du milieu telles que la sécheresse, la qualité de fourrages, et la résistance aux maladies. Plusieurs raisons sont à l'origine de ces menaces notamment l'utilisation croissante de races non autochtones, la faiblesse des politiques et des réglementations sur l'élevage, le déclin des systèmes de production animale traditionnels, et l'abandon de races jugées trop peu compétitives. Cette érosion continue de la diversité animale peut atteindre un point de non retour aux standards des races locales à long terme.

III.1. Le zébu Azawak

Le terme Azawak signifie pays sablonneux sans relief marqué au Nord du Mali. Ce sont des vastes plateaux ondulés d'une altitude moyenne de 500 m. Cette race est cependant dispersée entre les régions du Mali, du Niger et du Burkina Faso. Peu d'études ont été menées sur cette race au Mali. Les événements récents au Mali ont contribué à la dispersion des éleveurs avec leur troupeau Azawak. Par ailleurs, un centre est fonctionnel encore au Niger pour la multiplication, la conservation et la diffusion de la race zébu Azawak. L'introduction des taureaux Azawak en provenance du centre de diffusion du Niger a été initié par le Projet d'Amélioration et de Sélection du Zébu Azawak au Mali (PASZAM) en 2010 qui visait à restaurer la race dans son berceau.

Le zébu Azawak est un animal au dimorphisme sexuel bien marqué. Le taureau est d'une allure imposante avec une musculature bien développée, une bosse volumineuse et un regard vif. La vache par contre paraît fine et élégante avec des pis généralement bien formés. Elle est calme et plutôt craintive. La hauteur au garrot varie de 1,30 m chez le male à 1,25 m chez la femelle et le périmètre thoracique est respectivement de 1,70 m à 1,60 m (Touré et al., 2017).



Figure 5. Taureau et femelle Azawak

Cette race mixte s'engraisse aussi facilement. Une production laitière totale variant entre 800 à 1100 kg de lait pour une durée de lactation de 270 à 300 jours a été obtenue à la station sahélienne expérimentale de Toukounous au Niger (Dodo et al., 2001).

III.2. Le zébu Maure

Son aire de répartition se trouve tout au long de la frontière avec la Mauritanie, dans la boucle du Niger, dans le cercle de Goundam et dans le delta. L'animal est un grand marcheur et un excellent porteur. La femelle est considérée bonne laitière. Au cours d'une lactation moyenne, les vaches donnent de 600 à 700 litres de lait, avec une pointe de 6 à 7 litres par jour. La durée de la lactation est de 7 à 8 mois (Josh, 1957). Peu d'études ont été menées sur cette race. Elle vient de bénéficier d'un appui de la coopération Belge pour sa valorisation à travers un programme d'amélioration de la productivité dans son milieu naturel (DNPIA, 2014). Cette stratégie s'intègre parfaitement dans le cadre de l'orientation spécifique du sous-secteur « Elevage » du Mali qui souligne la nécessité de préserver les races locales à bon potentiel laitier ou viandeux.



Figure 6. Zébu Maure dans un parc à Bamako

III.3. Le zébu Peul

Le zébu Peul est localisé principalement dans la zone du fleuve de Niger et dans le delta intérieur du Mali. C'est une race largement présente sur tout le long du territoire connu sous le Sahel, dans la zone soudanienne du Mali, adoptée par les éleveurs peuls portant de nombreux noms locaux selon les localités. Selon Blanc-Parmard et Boutrai, (1994), dans la définition des races au sein du cheptel africain, les groupes ne suivent pas des critères stricts et sont généralement en rapport soit avec les zones géographiques de propagation ou les principaux groupes ethniques. Bien qu'aucune politique de sélection ou de caractérisation n'existe, un consensus se trouve sur l'existence de populations locales au sein du zébu Ouest-Africain. Maaouia et al., (2017) ont rapporté que les résultats futurs doivent appuyer la mise en œuvre des relations possibles entre ces différences locales et les différences génétiques ou de production.

Aptitude

Dans le périurbain de Bamako, la race est largement utilisée en croisement avec les races exotiques. Sa taille moyenne au garrot varie de 1,15 à 1,30 m avec un poids moyen de 300 à 350 kg pour le mâle et 250 à 300 kg pour la femelle. La couleur de la robe est variable mais les plus fréquentes sont la robe blanche, pie-noire, pie-rouge ou rouanne. On estime que les vaches donnent de 450 à 500 litres de lait par lactation, compte non tenu des quantités absorbées par le veau. L'intervalle moyen entre les vêlages est d'environ 16 mois. Le nombre moyen de lactations pendant sa durée de vie été évalué à 6 par Joshi en 1957.



Figure 7. Veau et femelle (zébu Peul)

III.4. Le N'Dama

Le N'Dama appartient au groupe de bovin *Bos taurus*. Il constitue le premier groupe de bovins à avoir peuplé l'Afrique et auraient été introduits sur le continent par l'Égypte à partir des populations originaires d'Asie du Sud-Ouest. Le N'Dama se différencie du zébu par l'absence de bosse cervico-thoracique. Cette race est de petite taille, trapue et massive et dotée de longues cornes en lyre (Joshi, 1957).

Le rendement laitier est généralement faible. D'après des indications, la production moyenne annuelle est faible en comparaison au zébu et serait comprise entre 350 à 450 litres de lait au cours d'une lactation de cinq à six mois (Kouriba et al., 2002). Les races bovines taurines se rencontrent principalement dans les zones les plus humides à Sikasso, faisant frontière avec la Côte d'Ivoire et vers le sud de Kita dans la région de Kayes, faisant frontière avec la Guinée Conakry. Les taurins sont résistants à certaines maladies enzootiques dévastatrices (trypanosomose, dermatophilose, maladies transmises par les tiques et parasitoses diverses (Hanotte et al., 2003; D'Ieteren et Kimani, 2006). Son aptitude bouchère est appréciable avec un poids moyen atteignant 300 kg pour les taureaux et 250 kg pour la vache (Kouriba et al., 2002). Le rendement carcasse varie entre 48-55% (Yapi-Gnaoré et al., 1996)

Au Mali, des programmes d'amélioration génétique ont été initiés afin d'améliorer la trypanotolérance du zébu et d'augmenter la productivité et la constitution génétique du bovin N'Dama. Ce dernier a fait l'objet d'un programme de sélection en race pure dans le cadre de l'opération N'Dama de Yanfolila (ONDY) et mis en place en 1975 dont l'objectif était de restaurer la race N'Dama dans son berceau (Planchenault *et al.*, 1984 ; Berti *et al.*, 1995).

Dans les conditions d'élevage semi-intensives pratiquées au Centre de Recherches Zootechniques de Minankro jusqu'en 1965, l'âge moyen au premier vêlage se situait à 35 mois 17 jours \pm 29 jours (Coulomb, 1976).

III.5. Le Méré

Les Méré sont issus de croisements pratiqués par les éleveurs entre les zébus et N'Dama. L'objectif était de produire des animaux demi-sang pour la culture attelée. Au préalable, il faut clarifier la terminologie en vigueur concernant cette race elle-même qui diffère selon les pays et peut être une source de confusion (Lhoste, 1978). Selon le même auteur, les métis N'Dama \times zébu sont appelés « DIAKORE » au Sénégal, « MERE » au Mali, « LOBI » au Burkina ou « SOMBA » au Togo et au Bénin. Certaines sources orales pensent que cette race possède à la fois les caractéristiques du zébu et celles du N'Dama aux robes multiples passant du noir prédominant aux rouges et bruns. Les cornes sont plus longues que celles du N'Dama, mais la bosse est plus petite. Cette population de Méré est essentiellement rencontrée dans la région soudanienne à la frontière entre le Mali, la Côte d'Ivoire et le Burkina Faso où elle est élevée par les paysans pour les labours. L'usage des trypanocides a également progressé contribuant à la réduction

de la prévalence des trypanosomoses. Elle constitue aujourd'hui l'immense majorité des effectifs autour de la région de Sikasso. Leur expansion a été favorisée grâce à la régression des glossines, vecteurs des trypanosomoses (destruction des habitats, traitements aux trypanocides) (Coulibaly, 2008).

III.6. Généralités sur les races exotiques

L'intensification de la production laitière a démarré au Mali avec un vaste programme d'insémination artificielle prenant en compte des races exotiques (Montbéliarde, Holstein, Rouge des Steppes). L'option retenue a été le croisement puis la sélection sur les animaux métissés avec des limites de croisement très diverses. Elles sont porteuses de nombreuses innovations techniques (conception d'étables laitières, utilisation des produits de croisement, pratique de la culture fourragère, etc.). Autour de Bamako, l'amélioration génétique par croisement avec les races exotiques a concerné 40,1 % des éleveurs enquêtés (Touré et al., 2015).

Les races exotiques utilisées : Holstein, Montbéliard, Normande, Brune des steppes, Jersey. Les méthodes d'amélioration sont la sélection et le croisement, selon l'objectif d'élevage (Leroy et al., 2002). Ces techniques ont l'avantage d'exploiter la complémentarité entre races ainsi que la vigueur hybride ou hétérosis. C'est ainsi que, dans le secteur des bovins laitiers, de nombreux pays ont fait appel à la Holstein, à la Brune des Alpes, à la Montbéliarde et à la Normande avec des succès variables (Leroy et al., 2002). Le périurbain Bamakois ne déroge pas à cette règle, utilisant l'insémination artificielle et l'achat de taureaux (en race pure ou améliorée) pour la diffusion rapide du progrès génétique. Ainsi, certaines pratiques d'amélioration bovine peuvent être énumérées :

III.6.1. Le croisement d'absorption à 50% ou 75% par le sang exotique

Il consiste à la création d'une nouvelle population pour substituer progressivement la population initiale par une autre jugée supérieure (Gosey, 1991; Sellier, 1992). Il a pour but de faire correspondre les ressources génétiques aux diverses ressources alimentaires, aux climats, aux niveaux de gestion et aux marchés (Widi, 2015; Nyamushamba et al., 2017). Les différentes options d'amélioration sont cependant individuelles selon les orientations et le pouvoir monétaire du propriétaire. Selon Madalena et al. (1990), des gains économiques importants peuvent découler du choix d'une stratégie d'élevage qui correspondrait à des ressources zoo-génétiques appropriées aux pratiques d'élevage utilisées. En outre, plus que dans les pays tempérés, la production animale dans les tropiques n'est généralement pas seulement une affaire de population bovine, mais plutôt une composante d'une société socio-économique et écologique (Künzi et Kropf, 2001).



Figure 8. Métis Holstein 75% et Métis Montbéliard 75%

III.6.2. Le croisement pour la création de races synthétiques: la race synthétique est issue de la reproduction d'animaux croisés entre eux, ces derniers pouvant être des F1 ou des produits issus de croisement en retour. L'avantage de ce schéma est qu'il permet d'obtenir une population stabilisée, adaptée à son milieu d'utilisation. Cependant il constitue un processus lent et coûteux, s'étalant sur près de cinq (5) générations (Bouyer, 2006). Cette pratique est utilisée chez les éleveurs dans les parcs communautaires où les taureaux métis au pâturage peuvent saillir les femelles d'autres troupeaux. Les éleveurs conservateurs des races locales, verront ainsi dans leur troupeau des métis. La gestion de ceux-ci peut augmenter les dépenses d'entretien et la sensibilité de son troupeau aux maladies contagieuses.

III.6.3. Elevage en race pure exotique (Montbéliard / Holstein)

Les races laitières de pays tempérés ne peuvent complètement extérioriser leur potentiel à cause du stress dû aux conditions environnementales et à la plus faible valeur des ressources fourragères tropicales (Nguyen, 2003). Force est de constater qu'en zone périurbaine Bamakoise, 3% des éleveurs enquêtés ont rapportées l'importation de la race pure Holstein ou Montbéliarde en provenance de la France (Touré et al., 2015). L'impact négatif du stress thermique ne se limite pas à la production. La reproduction est également touchée. L'augmentation de la température corporelle causée par le stress thermique (avec une moyenne de 40 degrés en saison sèche chaude) a des conséquences directes sur les fonctions cellulaires. Les performances laitières sont modestes, rarement à la hauteur de l'investissement alimentaire et génétique. Les propriétaires de ces exploitations sont d'ailleurs souvent absents et l'argent du lait n'est pas un besoin vital pour eux (fermiers du week end) (Touré et al., 2015). Les concessions rurales qui leur ont été attribuées se situent en effet dans une zone périurbaine, condamnée à moyen terme face à l'expansion rapide de la ville. Le retour sur l'investissement aura lieu une fois ces concessions rurales devenues urbaines.



Figure 9. Race Holstein et Race Montbéliarde importée

IV. Place des centres de recherches au développement de l'élevage des bovins laitiers

La première station de recherche Agricole a été créée en 1927 sous le nom de Ferme expérimentale, puis renommé successivement, Centre fédéral de recherche zootechnique (CFRZ) en 1952, Centre national de recherche zootechnique (CNRZ) en 1960, pour devenir par la suite Centre de recherche agronomique de Sotuba (CRA) en 1991 jusqu'à nos jours. Pendant ce temps, la scolarisation, les services de santé, la vulgarisation agricole se sont développés, mais les éleveurs se sont tenus à l'écart de ces nouveaux services. Par contre ils bénéficieront alors de l'instauration des premières grandes campagnes de vaccination, qui permettront une diminution de la mortalité animale. Cette action a permis une expansion de la taille des troupeaux et du prestige des éleveurs. La pression sur les pâturages a commencé à se faire sentir, mais est resté cependant supportable. Pour rendre compétitifs cet élevage et répondre aux attentes des consommateurs, la question du modèle d'élevage à promouvoir s'est posé de façon critique. On a assisté ainsi dès le début des années 60 à l'introduction et au développement des systèmes d'élevage et de culture dans les stations de recherches et en milieu réel. La question centrale guidant ces recherches a été de voir comment accroître l'accès et l'utilisation des innovations agricoles pour en tirer le meilleur parti dans un contexte global marqué par la libéralisation de l'économie. C'est ainsi que les Gouvernements ont mobilisé d'importants moyens en faveur de la Recherche, avec le concours de la Banque Mondiale, de la Banque Africaine de Développement, de nombreux partenaires et des pays amis.

Les axes stratégiques de recherches ayant conduits à l'épanouissement de l'élevage étaient entre autres :

- ***Le contrôle des performances zootechniques dans les conditions de station et des études en milieu réel***

Cette activité a démarré à partir de 1966 sur les zébus maures et peuls à la station de recherche de Niono. Il s'agissait de déterminer le standard des races à partir de l'analyse statistique des données cumulées (Sidibé et Goïta, 2009). Il a été l'une des activités régaliennes du centre de recherches de Sotuba qui a

continué sur les races exotiques en croisement (Sidibé et Goïta, 2009) et aussi sur les races locales telles que le N'dama (Hoste et al.1998).

- ***La gestion des pâturages et l'installation des cultures fourragères***

En lien avec le précédent, le second facteur a été la diminution des espaces pastoraux et l'affaiblissement des pâturages suite à une augmentation des troupeaux et de l'urbanisation. L'introduction de la culture commerciale du coton, de pair avec la mécanisation, ont entraîné une extension des superficies cultivées au Mali-Sud (Bengaly et al., 1994). Les pâturages sont devenus restreints entraînant une baisse de la productivité des animaux au Sud. Face à cette situation, des tentatives d'introduction de plantes fourragères cultivées ont été menées dans de nombreuses stations de recherches agronomiques. Si les résultats ont été encourageants, la vulgarisation pose de problèmes et rares sont les villages où les cultures fourragères sont en place et bien entretenues. Selon les zones climatiques, des essais d'enrichissement des pâturages naturels essentiellement composé de *Schoenefeldia gracilis* et *Dolichos lablab* ont été réalisés en zone semi-aride du Mali. La mesure de la valeur alimentaire de fourrages et de sous-produits utilisés ont été étudiées (Nantoumé et al., 2000).

La culture des fourrages a longtemps été la priorité de l'Institut d'Economie Rurale (IER), à travers « l'Equipe Production Fourragère » qui a expérimenté un certain nombre de cultures fourragères annuelles et pérennes pour l'amélioration de la situation fourragère en zone soudano-sahélienne en initiant des légumineuses telles que le niébé (*Vigna unguiculata*), *Stylosanthes hamata* et la dolique (*Dolichos purpureum*). Des essais ont porté également sur les graminées pérennes (*Andropogon gayanus*, *Panicum maximum*) et certaines espèces ligneuses (Toukam, 2009). Actuellement, le programme d'agrostologie de la station de l'IER connaît des difficultés d'ordre financier pour poursuivre les essais en milieu rural et se contente d'appui conseils auprès des éleveurs et des projets/programmes élaborés dans le sens d'amélioration des ressources alimentaires. Tel, le cas du projet « Conception de systèmes de production innovants à base de Mucune et autres cultures fourragères ». Ce projet à travers l'IER vise le développement des systèmes de production innovants d'association maïs / légumineuses dans la zone humide du Mali (Coulibaly et al., 2017).

Vers le Nord, Nord-Ouest du Mali, le savoir-faire des éleveurs Tamasheks et Peuls a constitué un énorme atout dans le maintien de la productivité des bovins. Ils ont exploité les pâturages des proximités villageoises en saison des pluies (Table 1) et sont retournés vers les bourgoutières (graminées du nom scientifique « *Echinochloa stagnina* » poussant dans les mares) en saison sèche. Ces déplacements restent encore nécessaires pour la survie de leur cheptel. Ce système de conduite alimentaire est très dépendant de la pluviométrie. L'exploitation des bourgoutières est réservée en période de décrue et en saison sèche selon des conventions locales fixées entre les différents acteurs (agriculteurs et éleveurs). L'environnement thermique est un facteur qui peut influencer négativement les performances des animaux. La saison sèche (mars à juin) selon les années, est une période difficile dans les zones du sahel. Elle se traduit par une réduction de la consommation de matière sèche par jour et par ricochet du gain

moyen quotidien des animaux (Mitloehner et al., 2001). Cette théorie corrobore celle de Unruh (1990) relatant que l'accès au fourrage en saison sèche et l'approvisionnement en eau est goulot d'étranglement de la production en zone semi-aride. La valorisation du bourgou comme cultures fourragères destinées à la supplémentation des animaux, ainsi que le recours aux sons de céréales par la presque totalité des élevages jouent un rôle important dans l'ensemble des dispositions prises par les éleveurs pour faire face aux défis alimentaires dans la zone Nord du Mali. Pour la durabilité du système, la tendance vers un déstockage du bétail par la vente (Gurung et Smith, 2010) et une sédentarisation des éleveurs pourraient contribuer à améliorer l'alimentation des bovins. Les mouvements du troupeau dans cette zone, rythmés par les crues du fleuve Niger, a été largement décrit par Wilson (1988).

- ***La gestion de la sante du cheptel***

Les recherches ont porté essentiellement sur les pathologies infectieuses, parasitaires et les maladies métaboliques des animaux (les bovins, les petits ruminants, la volaille, les dromadaires et les équidés) en collaboration avec l'Institut d'Economie Rurale ou des institutions internationales. La création du ranch, appelé « Opération N'Dama de Yanfolila », (ONDY) remonte à l'année 1975. De nombreuses recherches ont été effectuées depuis sa création jusqu'à nos jours portent sur le contrôle des glossines et des trypanosomiasés, la caractérisation et la conservation du bétail endémique. Le laboratoire central vétérinaire (LCV), créé en 1979 deviendra par la suite la structure dédiée à la prévention et à l'éradication des maladies animales et aux zoonoses. Il va contribuer à la prévention et à l'éradication des maladies animales et à la protection de la santé publique vétérinaire. Actuellement, la couverture du service de santé animale à travers le territoire national n'est pas satisfaisante (DNSV, 2015). Quelques éleveurs, vu leur position souvent bien enclavée, s'aventurent à traiter leurs troupeaux sans assistance vétérinaire.

Table 1. *Conduite alimentaire et fourrager des troupeaux chez les agropasteurs*

Activités	Mars – avril- mai- juin	Juillet – août – septembre - octobre	Novembre à février
Saisons	Saison sèche chaude	Saison des pluies	Saison sèche froide
Occupations des agropasteurs		Suivi des bourgoutières et céréalicultures	Récolte, conservation et vaine pâture
<u>Itinéraires des animaux</u>			
		Sites des cures salées	
Pâturages inondés		Proximité des villages	
Pâturages de bas-fonds	Bourgoutières		Bourgoutières
Pâturages exondés		Pâturages lointains des zones de résidences	
Complémentation	Distribution de bourgou conservé et d'aliments bétail		
Abreuvement	Mare pérenne, puits et/ou puisards	Eau de ruissellement et cours d'eau temporaire accumulé pendant la saison des pluies	

V. Perspectives d'appui à l'amélioration de l'élevage des bovins laitiers

- Niveau de recherche de l'adéquation Agriculture – élevage

L'objectif du concept agro-élevage est de disposer d'un tableau de bord qui permet de suivre les indicateurs d'un modèle intégrant « agriculture-élevage ». L'élevage soutient l'agriculture, notamment par son travail et ses apports fertilisants. L'agriculture peut aussi soutenir l'élevage en contribuant à l'alimentation du bétail. La modification de l'alimentation des animaux permettra *in fine* la modification de la conduite des animaux (race, système de production etc.). Par ailleurs, l'existence d'un ministère en charge de l'élevage constitue certes un signal fort en termes d'engagement et de volonté politique mais il n'est pas suffisant en soi, si les ressources appropriées et les investissements en faveur du secteur de l'élevage et de l'agriculture sont utilisés sans un mécanisme de coordination des actions à mettre en œuvre.

- La valorisation des produits d'élevage

L'exemple de l'importation du lait a été cité plusieurs fois (Pomeranz, 2006; Molina, 2009). Le Mali dépense chaque année plus de 20 milliards de FCFA (environ 36 millions \$US) pour l'importation de lait et de sous-produits laitiers. La consommation du district de Bamako est couverte à 95% par les importations (Molina, 2009). Pour certains éleveurs, le sous-développement des infrastructures de collecte et de transformation du lait local sont à relier aux intérêts des importateurs (lobbying) de lait en poudre et des puissances exportatrices (Europe notamment) qui veulent préserver à leurs parts de marché au Mali. L'insuffisance d'infrastructures et d'équipements d'élevage freine l'émergence des filières (lait et viande). Pour ce faire, le département en charge de suivi-évaluation du Ministère de l'Élevage et de la Pêche, doit élaborer et suivre les innovations appropriées pour les filières.

VI. Conclusion

Le faible développement de l'élevage bovin laitier au Mali explique la très faible couverture des besoins en lait de la population. L'élevage est aujourd'hui en proie à de nombreuses contraintes qui limitent son développement. Les contraintes de l'élevage sont surtout d'ordre institutionnel à l'égard du budget alloué à celui-ci. La restructuration du département en charge du développement rural a plutôt conduit à une insuffisante prise en charge des préoccupations de l'élevage au détriment de l'agriculture.

Cette situation s'est traduite par une diminution progressive de l'importance économique de l'élevage, et une interpellation quotidienne des autorités pour une prise en charge effective des problèmes d'élevage afin de permettre à ce sous-secteur de jouer pleinement le rôle qui est le sien. S'il existe une réelle volonté de promouvoir la production locale, l'appui à la collecte de données sur les animaux et à la mise en place d'infrastructures et d'équipements devrait être considérée par les responsables de la politique laitière au Mali. Des actions incitatives pourraient être proposées par l'Etat en direction des structures de recherches et des organisations privées pour le suivi et la valorisation des résultats de recherches.

VII. Références

BENGALY M., DEMBELE I., DEFOER T. (1994). Le Maïs /Dolique. Fiche Synthétique d'information. Document N°94/113. Crz Niono. 18p.

BISCARINI F., NICOLAZZI E.L., STELLA A., BOETTCHER P.J., GANDINI G. (2015). Challenges and Opportunities in Genetic Improvement of local livestock breeds. *Frontiers in Genetic*, 6 (33). Doi: 10.3389/Fgene.2015.00033.

BLANC-PAMARD C., BOUTRAIS J. (1994). Dynamique des systèmes agraires : À la croisée des parcours: Pasteurs, Éleveurs, Cultivateurs. Édition Orstom, Colloques et Séminaires, Paris, 16-49.

BOUJENANE I., AISSA H., (2008). Performances de reproduction et de production laitière des vaches de race Holstein et Montbéliarde au Maroc. *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 61, (3-4), 191-196.

BOUYER B. (2006). Bilan et Analyse de l'utilisation de l'insémination artificielle dans les programmes d'amélioration génétique des races laitières en Afrique Soudano-Sahélienne. Thèse de Doctorat en Médecine Vétérinaire, Lyon, 108p.

BRYANT J.R., LOPEZ-VILLALOBOS N., PRYCE J.E., HOLMES C.W., JOHNSON D.L., GARRICK D.J. (2007). Environmental sensitivity in New Zealand dairy cattle of mixed breeds. *Journal of Dairy science*, 90, 538–1547.

CLAY N., GARNETT T., LORIMER J. (2019). Dairy intensification: Drivers, impacts and alternatives. Adresse URL: <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01177-y>

DEMEKE S., NESER F.W.C., SCHOEMAN J. (2004). Estimates of genetic parameters for Boran, Friesian, and Crosses of Friesian and Jersey with The Boran Cattle in the tropical highlands of Ethiopia: Milk production traits and cow weight. *Journal of Animal Breed and Genetic*, 121, 57-65.

CORNIAUX C. (2013). Etude relative à la formulation d'un programme d'actions détaillé de développement de la filière lait au sein de l'UEMOA. Rapport définitif de l'Union Economique et Monétaire Ouest Africain (UEMOA), 36p.

COULIBALY D. (2008). Changements sociotechniques dans les systèmes de production laitière et commercialisation du lait en zone péri-urbaine de Sikasso, Mali. Thèse de Doctorat de l'Institut des Sciences et Industries du vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech), Ecole doctorale Institut National Agronomique Paris-Grignon, France, 392 p.

COULIBALY D., BA A., DEMBELE B., SISSOKO F. (2017). Développement des systèmes de production innovants d'association maïs/légumineuses dans la zone subhumide du Mali. *Agronomie Africaine*, 29 (1), 1-10.

D'ETEREN G., KIMANI K. (2006). Indigenous genetic resources: a sustainable and environmentally friendly option for livestock production in areas at risk from trypanosomes. http://www.sciencein africa.co.za/Ndama_Full.htm.

DNPIA, (2014). Rapport d'activités annuelles de la Direction Nationale des Productions et des Industries Animales. Ministère de l'Élevage et de la Pêche, 53p.

DNSV, (2015). Rapport d'activités annuelles de la Direction Nationale des Services Vétérinaires. Ministère de l'Élevage et de la Pêche, 78p.

DODO K., PANDEY V.S., ILLIASSOU M.S. (2001). Utilisation de la barymétrie pour l'estimation du poids chez le Zébu Azawak au Niger. *Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 54, (1), 63-68.

DONGMO A.L., PATRICE D., ÉRIC V., KOUSSOU M-O., DOUBANGOLO C., JEAN L. (2012). Du nomadisme à la sédentarisation. *Revue Ethnoécologique*. En Ligne : [Http:// Ethnoecologie. Revues. Org/779](Http://Ethnoecologie.Revues.Org/779); Doi : 10.4000/Ethnoecologie.779.

FAOSTAT (2017). Annuaire Statistique. En Ligne : <Http://www.Faostat.Org/>.

FAYE B., ALARY V. (2001). Les enjeux des productions animales dans les Pays du Sud. *Productions Animales*, 14, 3-13.

GOSEY J.A. (1991). Crossbreeding systems and the theory behind composite breeds. Range Beef Cow. Symposium Xii. Fort Collins, Colorado. En ligne: <Http://Digitalcommons.Unl.Edu/Rangebeefcowsymp/236>.

GURUNG B., KRISTEN C.N., SMITH J.L.D. (2010). Impact of grazing restrictions on livestock composition and husbandry practices in Madi Valley, Chitwan National Park, Nepal. *Environmental Conservation*, 36, (4), 338–347.

HANOTTE O., RRONIN Y., AGABA M., MILSSON P., GELHAUS A., HORSTMANN R., SUGIMOTO Y., KEMP S., GIBSON J., KOROL A., SOLLER M., TEALE A. (2003). Mapping of quantitative trait loci controlling trypanotolerance in a cross of tolerant West African N'Dama and susceptible East African Boran cattle. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100, 7443-7448.

HERRERO M., THORNTON P.K., NOTENBAERT A.M., WOOD S., MSANGI S., FREEMAN H.A., BOSSIO D., DIXON J., PETERS M., VAN DE STEEG J., LYNAM J., PARTHASARATHY RAO P., MACMILLAN S., GERARD B., MCDERMOTT J., SERÉ C., ROSEGRANT M. (2010). Smart investments in sustainable food production: Revisiting mixed crop livestock systems. *Science*, 327, 822-825.

HOSTE C.H., CHALON E., D'ETEREN G., TRAIL J.C.M. (1988). Le bétail trypanotolérant en Afrique Occidentale et Central. - Bilan d'une décennie. Vol. 3, 217p.

JOSHI N.R. (1957). Les bovins d'Afrique. Types et Races. Edition FAO, 328p.

KÜNZI N., KROPF W. (2001). Genetic Improvement for milk and meat production in the tropics. Third World congress on genetics applied to livestock production. 40. En Ligne: [Http://Digitalcommons.Unl.Edu/Wcgalp/](http://Digitalcommons.Unl.Edu/Wcgalp/).

LEROY P., MOULA N., HUART A., LEROY E., CASSART R., RUPPOL P., LEVRARD O., EL FADIL M., DANG VU BINH D.V., VAN THANG N., DO DUC L., NFUNDIKO D., NIENHAUS B., ANTOINE-MOUSSIAUX N., FARNIR F. (2012). Amélioration des performances génétiques des races tropicales par les races Wallonnes. 15ème Journée Outre-Mer, 25 Août 2012. Espace Senghor, Gembloux Agro-Bio Tech.

LHOSTE P. (1984). Le diagnostic sur le système d'élevage. *Cahier Recherche et Développement*, (3-4), 84-88.

LOPEZ-VILLALOBOS N., GARRICK D.J., HOLMES C. W. (2002). Genetic opportunities to improve milk value in New Zealand. *In Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 62, 90-94.

LUNDE T.M., LINDTJORN B. (2013). Cattle and climate in Africa: How climate variability has influenced national cattle holdings from 1961–2008. En ligne: [Https://Doi.Org/10.7717/Peerj.55](https://doi.org/10.7717/Peerj.55).

MAAOUIA M., MOUSSA A., MOUMOUNI I., AMADOU T., MOUSTAPHA G., MARICHATOU H., IVAN F., ALBERT S., ISABEL A., MOUMOUNI S., HAMIDOU H., TAMBOURA Y.A., FÉLIX G. (2017). Morphological assessment of the Zebu Bororo (Wodaabé) cattle of Niger in the West African Zebu framework. *Archives Animal Breeding*, 60, 363–371.

MADALENA F.E., TEODORO R.L., LEMO A.M., MONTEIRO J.B.N., BARBOSA R.T. (1990). Evaluation of strategies for crossbreeding of dairy cattle in Brazil. *Journal of Dairy Science*, 73, (7), 1887-1901.

MARTY A. (2006). La Mobilité pastorale et sa viabilité. Entre atouts et défis. IRAM, Note Thématique N°3 : 4 p.

MASON I.L. (1969). A world dictionary of livestock breeds, types and varieties. Technical communication no8 Commonwealth Agricultural Bureau, BUCKS.

MITLOEHNER F.M., MORROW J.L., DAILEY J.W., WILSON S.C., GALYEAN M.L., MILLER M.F., MCGLONE J.J. (2001). Shade and water misting effects on behavior, on behavior, physiology, performance, and carcass traits of heat-stressed feedlot. *Journal of Animal Science*, 79, 2327–2335.

- MOLINA D'ARANDA DE DARRAX S. (2009). Le Lait local en périphérie de Bamako : Une Filière en Sursis ? *Echogéo*, 8, 2-14. En ligne: [Http://Journals.Openedition.Org/Echogeo/11012](http://Journals.Openedition.Org/Echogeo/11012); Doi: 10.4000/Echogeo.11012.
- NARDONE A., RONCHI B., LACETERA N., RANIERI M.S., BERNABUCCI U. (2010). Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Science*, 130, 57–69.
- NGUYEN X. T. (2003). Quelles races de vaches laitières faut-il élever au Vietnam? *Livestock Resource for Rural Development*, 15(5). En ligne: [Http://Www.Lrrd.Org/Lrrd15/5/Trac155.Htm](http://Www.Lrrd.Org/Lrrd15/5/Trac155.Htm).
- NANTOUME H., KOURIBA A., TOGOLA D., OUOLOGUEM B. (2017). Mesure de la valeur alimentaire de fourrages et de sous-produits utilisés dans l'alimentation des petits ruminants. *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 53, (3), 279-284.
- NYAMUSHAMBA G.B., MAPIYE C.O., HALIMANI T.E., MUCHENJE V. (2017). Conservation of indigenous cattle genetic resources in Southern Africa's smallholder areas: Turning threats into opportunities — A Review. *Asian-Australas. Journal of Animal Science*, 30, (5), 603–621.
- PAGOT J. (1985). L'élevage en pays tropicaux. Edition Maisonneuve et Larose, 526 P.
- PDA (2013). Politique de Développement Agricole du Mali. Primature du Mali, 41p.
- PHELPS L.N., KAPLAN J.O. (2017). Land use for animal production in global change studies: Defining and characterizing a framework. *Global Change Biology*, 7, (23), 4457–4471. En ligne : [Https://Doi.Org/10.1111/Gcb.13732](https://doi.org/10.1111/Gcb.13732).
- POIVEY J.P. (2001). Définition d'un schéma d'amélioration génétique des bovins. Rapport Cirad-Ur18 N°2007. Montpellier, 64p.
- REGE J.E.O., TAWAH C.L. (1999). The state of African cattle genetic resources. Part II: Geographical distribution, characteristics and uses of present day breeds and strains. *Animal Genetic Resource Information*, 26, 1-25.
- POMERANZ S. (2006). Les Filières laitières au Mali. Rapport Collectif Alimenterre, 35p.
- SELLIER P. (1992). La Diversité des plans d'amélioration génétique. INRA hors Series. *Productions Animales*, 229-235.
- SERDECZNY O., ADAMS S., BAARSCH F.D.C., ALEXANDER R., WILLIAM H., MICHIEL S., MAHE P., JULIA R. (2016). Climate change impacts in Sub-Saharan Africa: From physical changes to their social repercussions. *In Regional Environmental Change*, (15), 8. Doi: 10.1007/S10113-015-0910-2.
- SIDIBE M., ET GOÏTA M. (2009). Bilan de la Recherche Agricole au Mali (1970-2000). Volume 2 : Production et Santé Animale. Centre Nationale de Recherche Agricole (CNRA), Mali, 183p.

- SCHOLTZ M.M., THEUNISSEN A. (2010). The use of indigenous cattle in terminal cross-breeding to improve beef cattle production in Sub-Saharan Africa. *Anim. Gen. Res.*, 46, 33-39.
- SPENDING C.R.W. (1988). An introduction to Agricultural System. 2^{ème} Edition, Elsevier Applied Science, London, 189p.
- SYRSTAD O. (1989). Dairy cattle crossbreeding in the tropics: Performance of secondary crossbred populations. *Livestock Production Science*, 23, 97-106.
- THEBAUD B. (2002). Foncier pastoral et gestion de l'espace au Sahel. Peuls du Niger Oriental et du Yagha Burkinabè. Paris, Karthala, 319p.
- TOUKAM C.M.W. (2009). Alimentation du bétail laitier au Mali : Recherche des alternatives au tourteau de coton à Cinzana, Région de Ségou. Mémoire de Master II en productions animales et développement durable. Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires (EISMV) de Dakar, Sénégal, 41p.
- TOURE A., ANTOINE-MOUSSIAUX N., KOURIBA A., LEROY P., MOULA N. (2017). Caractérisation Zootechnique et formule baryométrique de la race Zébu Azawak à Ménaka au Nord du Mali. *Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 70, (4), 115-120.
- TOURE A., MOULA N., KOURIBA A., TRAORE B., TINDANO K., LEROY P., ANTOINE-MOUSSIAUX N. (2015). Dairy farms typology and management of animal genetic resources in the Peri-Urban zone of Bamako (Mali). *Journal of Animal Rural Development in the Tropical and Subtropical*, 116, (1), 37-47.
- UNRUH JON D. (1990). Integration of transhumant pastoralism and irrigated agriculture in semi-arid East Africa. *Human Ecology*, 18, (3), 223-246.
- VALL E., ABOUBAKAR N., HUBERT G. (2002). L'animal et l'élevage dans les espaces agraires, l'alimentation des villes et les politiques agricoles : Spécificités et complémentarité avec les autres activités rurales. Synthèse des communications du Thème 3. En ligne : <https://Hal.Archives-Ouvertes.Fr/Hal-00143514/Document>.
- WILSON R.T. (1988). La production animale au Mali Central : Études à long terme sur les bovins et les petits ruminants dans le système agropastoral. Rapport de Recherche N°14, CIPEA. Addis Abeba, Ethiopie.
- WIDI T.S.M. (2015). Mapping the Impact of crossbreeding in smallholder cattle systems in Indonesia. Phd Thesis, Wageningen University, Wageningen, 136 Pages..
- YAPI-GNAORE C.V., OYA B.A., OUATTARA Z. (1996). Revue de la situation des races d'animaux domestiques de Côte d'Ivoire. *Anim. Gen. Res. Inf.* (19) : 99 – 118.

Chapitre II: Dairy farms typology and management of animal genetic resources in the peri-urban zone of Bamako (Mali)

Touré, A., Moula, N., Kouriba, A., Traoré, B., Kisito, T., Leroy, P., & Antoine-Moussiaux, N. Dairy farms typology and management of animal genetic resources in the peri-urban zone of Bamako (Mali) (2015). *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*. 116. 37-47.

Ce chapitre commence le travail de recherche par une enquête de terrain en étudiant le système de production des bovins et leur caractéristique socio-économique tout en élaborant une typologie des exploitations ainsi répertoriées. Il met l'accent sur la gestion des ressources animales bovines.

Dairy farms typology and management of animal genetic resources in the peri-urban zone of Bamako (Mali)

Authors: Abdoulaye Toure^{1,2}, Nassim Moula^{1,3}, Ali Kouriba², Bakary Traore^{1,2}, Kisito Tindano¹, Pascal Leroy^{1,3} and Nicolas Antoine-Moussiaux^{1,3}

Affiliations

1 Fundamental and Applied Research for Animal Health (FARAH), Faculty of Veterinary Medicine, University of Liege, Boulevard de Colonster, 20, building B43, 4000 Liege, Belgium

2 Institut d'Economie Rurale (IER), Bamako, Mali

3 Tropical Veterinary Institute, Faculty of Veterinary Medicine, University of Liege, Boulevard de Colonster, 20, building B43, 4000 Liege, Belgium

Abstract

Facing growth in demand, dairy production in peri-urban areas of developing countries is changing rapidly. To characterise this development around Bamako (Mali), this study establishes a typology of dairy production systems with a special focus on animal genetic resources. The survey included 52 dairy cattle farms from six peri-urban sites. It was conducted in 2011 through two visits, in the dry and harvest seasons. The median cattle number per farm was 17 (range 5–118) and 42 % of farmers owned cropland (8.3 ± 7.3 ha, minimum 1 ha, maximum 25 ha). Feeding strategy was a crucial variable in farm characterisation, accounting for about 85 % of total expenses. The use of artificial insemination and a regular veterinary follow-up were other important parameters. According to breeders' answers, thirty genetic profiles were identified, from local purebreds to different levels of crossbreds. Purebred animals raised were Fulani Zebu (45.8 %), Maure Zebu (9.2 %), Holstein (3.0 %), Azawak Zebu (1.3 %), Mere Zebu (0.5 %) and Kuri taurine (0.1 %). Holstein crossbred represented 30.5 % of the total number of animals (19.0 % Fulani-Holstein, 11.2 % Maure-Holstein and 0.3 % Kuri-Holstein). Montbéliarde, Normande and Limousin crossbreds were also found (6.6 %, 0.7 % and 0.3 %, respectively). A multivariate analysis helped disaggregate the diversity of management practices. The high diversity of situations shows the need for consideration of typological characteristics for an appropriate intervention. Although strongly anchored on local breeds, the peri-urban dairy systems included a diversity of exotic cattle, showing an uncoordinated quest of breeders for innovation. Without a public intervention, this dynamic will result in an irremediable erosion of indigenous animal genetic resources.

Keywords: dairy cattle, genetic resources, multivariate analysis, Mali, zebu, crossbreeding

Introduction

In Mali, with a gross national income of around 660 USD per inhabitant (about 336,000 FCFA) and a Gini index of 33 (UNDP, 2012), milk consumption is unequally distributed across the country. It has been estimated at 30 litres/person/year for nomadic populations, between 5 and 6 litres in the southern part of the country and at 10 litres for the rest of the country (Bonfoh et al., 2006). This demand drives changes in the livestock sector aiming at an increase in production, through an increased use of inputs and/or a better exploitation of the local forage resources.

Mali is a Sahelian country, with two thirds of the territory being arid or semi-arid. This region is traditionally devoted to mobile livestock keeping. The variety of livestock systems gave birth to a wide genetic diversity of cattle, represented by two sub-species: zebu (*Bos indicus*) and taurines (*Bos taurus*). As in most Sub-Saharan countries, dairy production is based on natural pastures. Thus, it is subject to the high seasonal variability of fodder availability and quality (Bosma et al., 1996). To increase dairy production, public authorities initiated a crossbreeding program using exotic breeds, mainly from Europe in the late 1980s. Hence, three development projects on peri-urban livestock, financed by the French Cooperation Agency, took place successively between 1989 and 1999. These projects could achieve about 7,000 artificial inseminations across the country (Kouamo et al., 2009). As a result, Mali owns an important number of crossbred cattle (Holstein and Montbéliarde), mainly around the cities of Bamako, Segou and Sikasso, located in the southern region, under Sahelo-Sudanian climate. The country also imported the Charolais beef breed, which is an isolated case among the member states of the Economic Community of West-African States (ECOWAS). Other member states, as Senegal or Burkina Faso, mainly imported the dairy Holstein breed (Valle Zárate et al., 2006).

The current development of dairy production around Bamako is mostly driven by private investors of various sizes. In support of these private operators, public investment is still active in the building of semen collection centres. Ten years ago, the breeders supplying milk to Bamako were located within a radius of 100 km around the city (Bonfoh, 2002). Due to urbanisation, herds are progressively forced to move away from the urban centre and thus from markets and consumption (Molina d'Aranda de Darrax, 2009). Nevertheless, a significant production still takes place in the direct vicinity of the city. Several studies emphasize the poor adaptation of European cattle breeds to less-favoured husbandry conditions, in terms of health, feeding and housing, which are prevailing in developing countries (Madalena et al., 1990; Syrstad & Ruane, 1998). This study proposes a typology of periurban dairy production around Bamako. It aims at a better understanding of the different production types and management practices as well as the exploited animal genetic resources (AnGR) in the periurban zone of Bamako.

II. Material and Methods

II.1. Study area

Bamako is the capital of Mali. It is located on the Niger River (12° 39' N, 8° 0' W) and belongs to the Sahelo-Sudanian climatic zone, with a dry season from November to April and a wet season from May

to October. Rain patterns present a high inter-annual variability (McSweeney et al., 2010). Bamako has more than 2 million inhabitants and it is expected to increase further due to an urban population growth of 4.8% in the whole country (UN, 2014). The cattle number in the district is estimated as 44,000 heads (DNPIA, 2010).

II.2. Data collection

A survey was conducted with a sample of 52 smallholder dairy producers with a stated, although not exclusive, milk-marketing objective. The producers were identified through administrative services, collection centres and snowball sampling. They were selected inside a 70 km radius around Bamako, the selection being constrained by their accessibility. Each producer was visited twice in 2011. The first visit occurred in March-April, during the dry season, when pastures are poor. The second visit was in October-November, at the beginning of the harvest season, when fodder is abundant. The survey consisted in face-to-face interviews, with a close-ended questionnaire. Questions tackled the following topics: herd structure and management, feeding and health practices, milk production genetic make-up of the animal (breed, parents, pedigree). Four of the 52 farms were followed by a veterinary agent and had accurate on-farm records as well as on the input structure of each producer, real costs (for fodder, feed and veterinary medicines) were estimated for each producer, disregarding opportunity cost (land, labour). In addition to the questionnaire, open discussions were led with all interviewed producers in order to collect discursive data about the farmer's perception of constraints and motives.

II.3. Statistical analysis

Both quantitative and qualitative variables were derived from the questionnaire. They can be grouped as follows:

- Identification of production units: location, environment, and personal information about the manager;
- Farm structure: labour, equipment and breeding infrastructure, calendar of agricultural operations, and available cropland;
- Livestock: herd composition, feeding, housing and breeding systems, (cross-) breeds owned;
- Milk production per year and cow (quantity).

All statistical analyses were performed with the R software (version 3.0.0). Descriptive statistics were calculated for both, quantitative (mean or median, standard deviation, ranges) and qualitative variables (percentages, ranges). A Principal Component Analysis (PCA) was performed including eight quantitative variables (herd size, milk production, fodder costs, fodder crops surface, feed costs, veterinary costs, relative variation of inventory, age of the herder) and one qualitative variable (use of artificial insemination, binary). The variables were selected according to the a priori knowledge of the production system and the variability observed through descriptive statistics. PCA analyses the relation between variables without any a priori structure, neither of variables, nor of individuals (Palm, 1998). A Hierarchical Classification Analysis (package FactoMineR, function HCPC) was then used for the initial

variables and supplementary categorical variables (breed, mobility, main activity of the owner, herd ownership, housing) to categorize the farms and establish a local typology based on the three first principal components. This measure is called v.test, i.e. a normally distributed parameter, indicating the “standardized” deviation between the mean of individuals belonging to certain category and the general mean (Lebart et al., 1997). The squared cosine (cos²) of each supplementary variable with the axes was also calculated, reflecting the actual correlation (r). Main and supplementary variables selected for PCA are presented in Table 2.

Table 2. Variables used for functional typology of periurban dairy farms around Bamako (PCA, hierarchical clustering and further cluster description)

	Description
Quantitative variables	
Herd size	Number of heads (average of the two records)
Milk production	Quantity of milk (kg) per cow and year
Fodder crops surface	Agricultural surface allocated to fodder (ha)
Fodder costs	Cost per cow and year (quantity x market price, FCFA) of straw (millet, rice...) produced on-farm or collected/bought off-farm
Feed costs	Cost per cow and per year (quantity x market price, FCFA) of oil cakes (cotton and peanut) and cereal brans
Veterinary costs	Prophylaxis and curative treatments (FCFA) per cow and per year
Relative variation of inventory	Calculated, = $(\sum HS_{\text{period2}} - \sum HS_{\text{period1}}) / HS_{\text{period1}}$ (HS: Herd size)
Age	Age of the interviewee (years)
Qualitative variables	
Artificial insemination	Practiced vs. not practiced
Breed *	Pure local breed vs. exotic/crossbred
Mobility *	Movement of animals within or beyond a 50 km radius
Activity *	Main activity of the owner of the herd (breeder, civil servant, liberal profession)
Herd ownership *	Hired herder (absentee owner) vs. owner-herder
Housing *	Individual vs. Communal

* Variables included in the PCA as supplementary variables (not included in the calculation of principal component)

III. Results

III.1. Farms’ and breeders’ characteristics

The median number of cattle per farm was 17 with an inter-quartile range of 12, the minimum and maximum being 5 and 118 heads, respectively. The herds were mainly constituted of females (77 ± 10%).

Adults represented $44 \pm 8\%$ of the herds, i.e. dairy cows ($39 \pm 9\%$) and bulls ($5 \pm 2\%$). Young bulls represented $12 \pm 10\%$ of the herds, and heifers $15 \pm 10\%$. Calves, males and females, amounted to $29 \pm 7\%$ of the herds (Table 3).

The median of milk production per cow and lactation was 900 kg with an inter-quartile range of 650 kg, the minimum and maximum being 180 kg and 3800 kg, respectively (length of lactation between 210 and 330 days). The average age of the sampled interviewees was 40 ± 12 (minimum 18, maximum 55). Livestock husbandry was the main activity of about 44% of them (pastoral herders). Other actors involved were civil servants (20%) and liberal professionals (36%). 42% of livestock keepers also owned some cropland ranging from 1 to 25 ha.

III.2. AnGR management: general overview

In the 52 surveyed farms, a total of 1428 animals were recorded and 30 genetic profiles were identified (Table 3). The majority of herds (68%) were composed of different breed types, including indigenous purebreeds and crossbreeds. 32% of herds were composed of only one indigenous purebreed. The Fulani Zebu was the most predominant breed, representing 46% of the total animals. Crossbreeds were mainly Holstein \times Fulani Zebu crosses, amounting to 31% of the total animals. Other crossbreeds were present in smaller numbers, including Normande and Limousin crossbreeds (0.7% and 0.3% of total animals, respectively).

Among the 29 livestock keepers exploiting exotic germplasm, 17 (59%) stated their preference for the use of crossbred bulls which are shared between several farms. Nine respondents (30%) preferred the use of artificial insemination (AI) with exotic germplasm (and sometimes also local germplasm) and expressed their satisfaction regarding the quality of the service as it is now organised. AI was, according to the breeders' own terms, « a warrant of the transmission of good production ability ». The three remaining respondents (10%) preferred their own bull to be used for mating because they judged the success rate of AI discouraging and showed distrust for shared bulls.

Two of the respondents (4%) stated their willingness to progress towards an exclusive use of exotic breeds for outcrossing. These livestock keepers owned Holstein and Montbéliarde crossbreeds at the time of the surveys.

The remaining 21 dairy producers exclusively use natural mating for their cows using the same breed as the cow (purebreeding).

Table 3. Genetic make-ups of cattle raised in dairy farms around Bamako *Genetic make-ups of cattle raised in dairy farms around Bamako*

Genetic types	Farms (N)	Female adults	Male adults	Young bulls	Heifers	Calves	Total	Share (%)
Pure breed								
Fulani Zebu	29	255	18	81	99	201	654	45.8
Maure Zebu	11	43	10	12	17	49	131	9.2
Holstein	3	20	4	6	10	3	43	3.0
Azawak Zebu	1	5	2	2	2	7	18	1.3
Mere Zebu	1	2	1	1	2	1	7	0.5
Kuri	1	1	0	0	0	0	1	0.1
Crossbreds								
Holstein x Zebu	21	177	30	57	66	106	436	30.5
Montbéliarde x Zebu	7	33	8	5	10	38	94	6.6
Normande x Zebu	1	2	0	2	4	2	10	0.7
Limousin x Zebu	1	2	0	0	1	1	4	0.3
Azawak x Maure	1	1	1	0	0	0	2	0.1
Unknown	2	11	5	3	4	5	29	2.0
Total		552	79	169	215	413	1428	100

III.3. Multivariate analysis and farm typology

III.3.1. Overall description of PCA results

The three first factorial components accounted for 74% of total variability (i.e. 40.5%, 20.6% and 12.9%, respectively) and were retained for analysis (Table 4). The main variables contributing to each of the three principal components are shown in Table 4, as well as their correlation with the considered principal components.

Table 4. *Principal components and their best-correlated variables*

	<i>Variables</i>	<i>Correlation</i>			<i>Variance explained</i>	
		<i>Principal component 1</i>	<i>Principal component 2</i>	<i>Principal component 3</i>	<i>%</i>	<i>Cumulative %</i>
Axis 1	<i>Herd size</i>	0.88	-0.41	0.03	40.5	40.5
	<i>Fodder crops surface</i>	0.87	-0.27	0.10		
	<i>Feed costs</i>	0.84	-0.10	0.09		
	<i>Veterinary costs</i>	0.96	0.003	0.15		
Axis 2	<i>Fodder cost</i>	0.40	0.73	0.12	20.6	61.1
	<i>Artificial Insemination</i>	0.36	0.62	-0.03		
	<i>Milk production</i>	0.18	0.82	0.003		
Axis 3	<i>Relative variation of inventory</i>	-0.37	-0.018	0.62	12.9	74.0
	<i>Age</i>	-0.15	-0.02	0.84		

The first component accounted for 40.5% of total variation. It is positively correlated to the herd size ($r = 0.88$), to the area allocated to fodder crops ($r = 0.87$), the feed costs per cow, composed by groundnut oilcake and cereal brans ($r = 0.84$) and veterinary care expense per cow ($r = 0.96$) (Table 4). The breed, as a supplementary variable, is also significantly (*v.test*, $p < 0.001$) linked to this axis ($\cos^2 = 0.84$), opposing “local breed” (coordinate -1.31) and “crossbreed” (coordinate 1.04). Other qualitative categories with a positive coordinate on this axis and highly significant *v.tests* ($p < 0.001$) are mobility beyond a 50-km radius (coordinate 4.95; $\cos^2 = 0.83$), main activity as licensed professional (coordinate 2.98) and civil servant (coordinate 0.60). The coordinates of the categories “communal housing” and “individual housing” on this axis are negative (-1.11) and positive (1.40), respectively, with a significant *v.test* ($p < 0.001$) and a high correlation to the axis ($\cos^2 = 0.95$).

The second component is positively correlated to the fodder costs ($r = 0.73$), as well as with total milk production ($r = 0.62$). The use of artificial insemination ($r = 0.62$) accounted for 20.6% of total variation (Table 4). The categories “crossbreed” and “local breed” (coordinates 0.40 and -0.50, respectively) show a significant link with this axis ($p < 0.001$) and a low square cosine ($\cos^2 = 0.12$). Mobility beyond a 50-km radius has a significant *v.test* ($p < 0.001$) and a negative coordinate on this axis (-2.18).

The third component is positively correlated to the relative inventory variation ($r = 0.62$) and to the age of interviewee ($r = 0.84$). It represents 12.9% of total variation (Table 4). No qualitative variable showed a statistically significant link to this axis.

III.3.2. Hierarchical classification and clusters' description

Classification analysis helped in defining three clusters of farmers. Figure 10 shows their distribution according to the two first principal components.

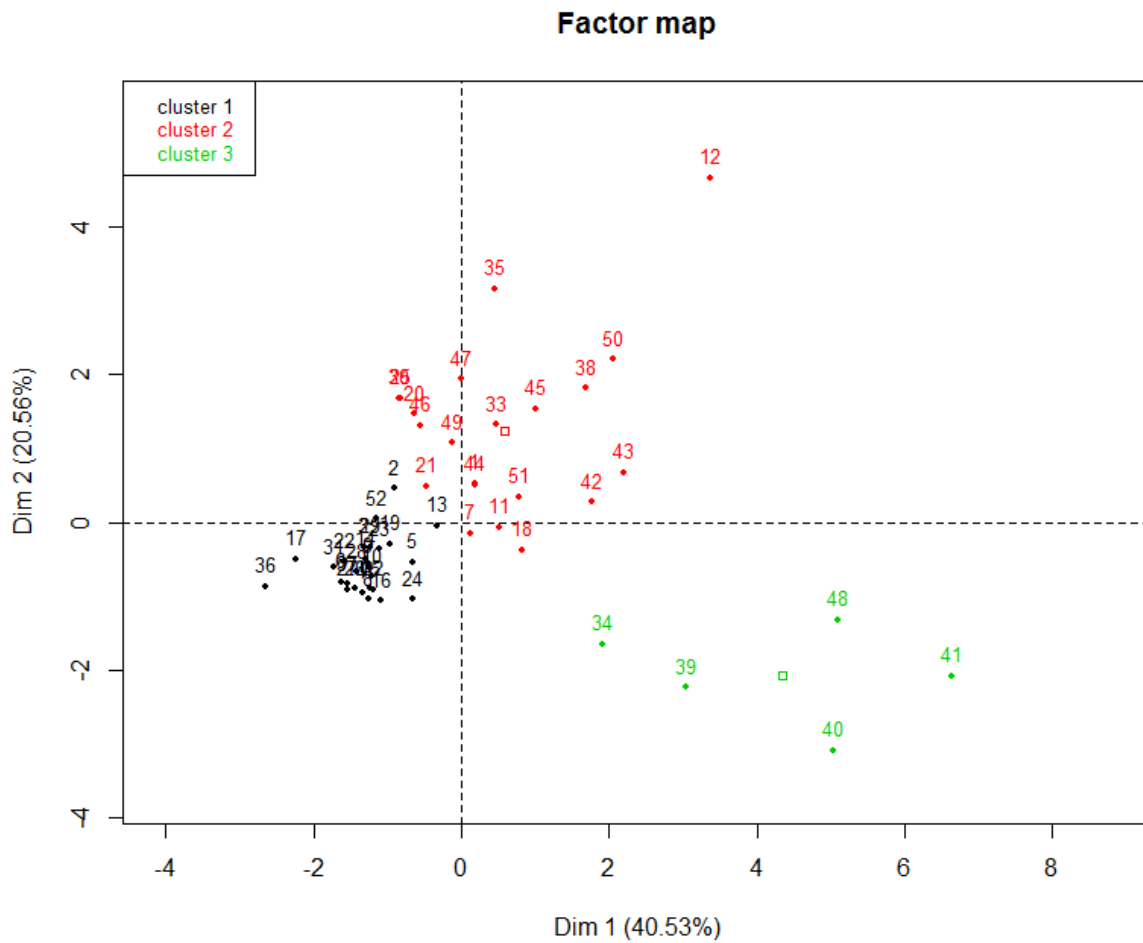


Figure 10. Distribution of farm clusters according to the two first principal components

The means per cluster for the variables included in the hierarchical classification analysis are presented in Table 5 and described in the following.

Table 5. General comparison of structural characteristics and performance of dairy farm clusters defined by hierarchical classification

	Cluster 1		Cluster 2		Cluster 3		
<i>Number of farms</i>	26		21		5		
Quantitative variables	mean	Sd	Mean	Sd	Mean	sd	ANOVA R²
<i>Herd size (number)</i>	14.4 ^a	5.8	23.9 ^a	11.3	90.1 ^b	22.9	0.80
<i>Fodder crop (ha)</i>	0.2 ^a	0.6	3.7 ^b	4.3	19.0 ^c	5.8	0.73
<i>Milk production (kg/cow/year)</i>	726.3 ^a	297.9	1672.5 ^b	822.4	584.8 ^a	213.6	0.42
<i>Veterinary costs (x10³ FCFA/head/year)</i>	4.0 ^a	9.0	17.5 ^c	10.9	12.3 ^b	3.1	0.72
<i>Feed costs (x10³ FCFA/head/year)</i>	23.7 ^a	21.0	103.6 ^c	124.6	94.4 ^b	41.1	0.54
<i>Fodder costs (x10³ FCFA/head/year)</i>	0.05 ^a	0.1	0.3 ^b	0.2	0.02 ^a	0.02	0.36
<i>Relative Inventory variation</i>	0.20 ^a	0.43	0.21 ^a	0.32	-0.28 ^b	0.11	0.10
<i>Age (years)</i>	38.1 ^a	10.6	42.3 ^a	11.4	45.4 ^a	5.2	0.03
<i>Adult cows¹ (% of total herd)</i>	36.1 ^a	8.9	43.4 ^b	6.4	29.5 ^a	4.1	0.77
<i>Adult bulls¹ (% of total herd)</i>	3.9 ^a	1.6	4.6 ^a	1.6	12.8 ^b	6.3	0.70
Qualitative variables	Share (% of breeders)	Share (% of breeders)	Share (% of breeders)	Share (% of breeders)	Share (% of breeders)	Share (% of breeders)	Chi² p-value
<i>Exotic germplasm</i>	19.2	100	100	100	100	100	**
<i>Mobility over 50 km</i>	0	0	0	0	100	100	**
<i>Artificial insemination</i>	0	66.7	66.7	66.7	20.0	20.0	***
<i>Communal housing</i>	84.6	0	0	0	0	0	***
<i>Herder-owner</i>	53.8	19.0	19.0	19.0	0	0	***

For quantitative variables, a different superscript letter (a, b, c) on a same line indicate statistically significant differences between cluster means. The ANOVA test considered a $p < 0.001$, except for

Relative Inventory Variation ($p < 0.05$). For qualitative variables, the chi-square test was applied. ** indicate p-values under 0.01 and *** p-values under 0.001.

¹ The share of cows and bulls in the herds are calculated on basis of the mean of the two survey periods.

Cluster 1 (n= 26; 50% of total sample): small pastoral herds

The herds of cluster 1 count 14 heads on average, with a minimum of 5 and a maximum of 31. Costs for concentrate feeding (23.700 ± 21.000 FCFA per head and year; $p < 0.001$) as well as veterinary costs (4.000 ± 9000 FCFA per head and year; $p < 0.001$) are lowest among clusters (Table 5). Milk production is low, with 73% of herds having an annual production below 1000 kg/cow (Table 5). 81% include only local breeds. None of the breeders in cluster 1 use AI (Table 5). Half of the herds belong to the herder and only some herders are hired by civil servants (11%) or licensed professionals (16%). The average breeder's age in this cluster is 38 years (minimum 19, maximum 58). 85% of these herds are kept in enclosures that communal authorities freely allocate to herders (Table 5).

Cluster 2 (n= 21, 40% of total sample): agro-pastoral systems

The mean herd size in cluster 2 is 24 (minimum 8 and maximum 48) not being statistically different from the average herd size in cluster 1 (Table 5). This cluster shows the highest milk production among clusters, with 1672.5 ± 822.4 kg/cow/year ($p < 0.001$), 71% of the herds being above 1000 kg/cow/year. It also displays the highest costs among clusters, for feed, health care and fodder ($p < 0.001$) (Table 5). 57% of the farms own land, with a mean of 3.7 ha (minimum 2, maximum 15) (Table 5). All farms from this cluster make use of exotic breeds. 58% strictly rely on these breeds, while the remaining maintain some local purebreds in their herd. 67% of these farms use artificial insemination. The owners are mainly urban dwellers from Bamako such as merchants (47%) or civil servants (33%). In half of the herds, the management is operated by livestock technicians who may live with the herd (Table 5).

Cluster 3 (n= 5; 10% of total sample): large mobile herds

The cluster 3 includes the largest herds of the sample with a mean of 91 cattle (minimum 57, maximum 118) ($p < 0.001$; Table 5). Veterinary and feed costs are higher than in cluster 1 but lower than in cluster 2 ($p < 0.001$; Table 5). Fodder crops surface is highest among clusters ($p < 0.001$) with a mean of 19.0 ± 5.8 ha per farm. None of the herds in cluster 3 exceeds 1000 kg milk per cow and year and the average milk production is the lowest of the three clusters, although no statistical difference with cluster 1 appears from analysis of variance. The management is handed over to one or several hired animal herders. These herders move more than 50 km away with the cattle herds. The relative variation of inventory is $-0.28\% \pm 0.11\%$, which distinguishes this cluster from the other clusters ($p < 0.05$). Finally, the herd structure also appears different in this cluster, with a higher share of bulls as compared to clusters 1 and 2 ($p < 0.001$).

IV. Discussion

IV.1. Production objectives and dairy production types in Bamako

This survey focused on smallholder dairy producers supplying milk to markets in Bamako. The average percentage of female breeding stock in the sample, which is close to 40%, confirms the general orientation of the selected farms towards dairy production (Dehoux & Hounsou-Ve, 1993). The low individual yields and the lack of a tradition of milk marketing in this area show this orientation to be clearly the result of stimulation by demand, as theorized by the concept of Livestock Revolution (Delgado et al., 1999). In the present case, this stimulation occurs through an active and direct approach of breeders by urban dwellers to buy milk.

Cluster 1 is composed of sedentary pastoral breeders not involved in cropping activities. Although milk production is relatively low, milk sales hold nevertheless a key-role in the food security strategy of the animal keeper. This key-role of milk production for sedentary pastoralist was found also by Thornton (2010). In this cluster, low feed costs result from the fact that these producers distribute very few concentrates to their animals, consisting of cereal brans bought in villages around Bamako. This bran is available all year long but these herders use it only during the dry season, with a priority to lactating cows (own data, not shown). Thus, while the low amount distributed is in accordance with the low priority given to milk production for marketing, the targeting of milking cows for supplementary feeding highlights their key-role in the livelihood strategy.

Cluster 2 is composed of sedentary breeders cultivating crops and achieving higher milk production levels than the two other clusters. Discursive data from interviews tend to confirm that marketing represents a greater share of the farm objectives, being part of a profit-oriented milk production. The higher costs observed in this cluster fit in this production goal. Integration between livestock and crops also fits in this optimization behaviour, by fodder cultivation (manly *Vigna unguiculata* (L.), *Panicum maximum* Jacq., *Andropogon gayanus* Kunth) and conservation, use of animal draught power and manure for fertilization as also described by Tiffen (2006) for peri-urban regions in Senegal, Nigeria and Niger. This group corresponds to a first step towards intensive milk production. Fernández-Rivera et al. (2004) distinguished different sub-groups among such farms according to the specific roles ascribed to crops and livestock. The emergence of milk collection centres and mini-dairies, set up by livestock development projects, spurred a renewed interest in livestock activities. Hence, well-off urban newcomers are progressively investing their savings in livestock, benefitting from the social status derived from livestock ownership and for their leisure time (Bonfoh et al., 2007). As a result, the management of livestock is most often entrusted to livestock technicians.

In cluster 3, the herds represent savings for their owners, who are high-ranking civil servants or well-off merchants. The symbolic value of the ownership of livestock may also be considered as part of the objective of the owner (Turner, 2009). Nevertheless, the orientation of the herd production is also driven by the objective of the herdsman to whom it is entrusted. Again, discursive data from interviews indicate

that milk marketing is not central in the objectives of the cattle breeders of cluster 3, who give greater priority to the sale of live animal. This orientation is illustrated in the present results by the relative variation of inventory, which proved in this cluster negative and significantly different from other clusters. Indeed, the second period took place after the religious festivals Eid el Fitr, during which sales of bulls and young males occur. The variations in herd structure and performance between clusters are also in agreement with the different production objectives among the identified clusters (Millogo et al., 2008). Also Dicko et al. (2006) reported of a varying relative importance of different categories of animals (age and sex) in a herd according to production objectives. The low proportion of males above 3 years-old (5% in this study) is also a feature described for the periphery of Addis Ababa (Lemma & Kebebe, 2011).

IV.2. Milk production performances and production management

Milk production performances and production management are important parameters in differentiating dairy production types around Bamako. The average milk yield in this study is close to that reported for Fulani-Montbéliarde crossbreeds in experiments led in rural settings in Mali, i.e. around 1012 litres for an average lactation length of 243 days (Coulibaly et al., 2005). Nevertheless, a wide variation of milk performances could be observed. While all (cluster 3) or most of the herds (cluster 1) are below the performance level of 1000 kg/cow/year, 71% from cluster 2 are above that average. This is mainly due to the improved feeding practices based on the purchase of concentrate feed, as well as the use of fodder crops and crop residues. Moreover, livestock keepers from cluster 2 most often have personally invested in animal housing while cluster 1 herds are fed on common pastures and kept at night in common paddocks, as described by Debrah et al. (1995). These common paddocks are located in or at the immediate surroundings of the city. They are often allocated to several livestock keepers by the communal authority. Herders reported here that private agents also attribute paddocks to breeders on temporarily unexploited fields. Besides the environmental effects that were not studied in this survey, the wide variability of performances may thus result from the observed differences in herd management, mainly in the feeding management, as has been also described by Mouli (2001) and Ba Diao et al. (2006).

The genetic make-up also influences the herd performance. However, in developing countries, improved breeds often do not express their full genetic potential for high milk yields because of the harsh climatic and husbandry conditions, especially insufficient or unbalanced feeding (Tamboura et al., 1982; Madalena et al., 2002).

IV.3. Urbanisation and pastoral management

While urbanisation is a driving factor of the rise of the dairy sector around Bamako, it also leads to a decrease in the available pastoral area. As a result, the herds are forced away from the urban centre, and thus, from the consumption centre (Molina, 2009). Increasing distances are leading to higher transport costs and lowers the competitiveness of local milk against imported milk powder at their usual retailing places (Ouologuem, 2007; Molina, 2009). Moreover, in accordance with the classical theory of spatial organisation of agriculture by Schultz (1953), in the vicinity of urban markets for products and inputs,

production systems that are more productive per surface unit are often preferred to the pastoral activity that is land consuming. Therefore, livestock is replaced in these peri-urban zones by market gardening or other crops (Graefe *et al.*, 2008).

Facing the diminishing land availability, the different groups of breeders adopted unique strategies. Livestock keepers from cluster 1 and 2 opted for a restricted mobility. Breeders of cluster 1 centre on communal pens where animals are kept at night. Livestock keepers of cluster 2 have a similar strategy, but with even more restricted movements, and keep their animals at night in their own pens or buildings. This sedentary strategy is allowed by and allows for cropping activities, benefitting from the crop-livestock integration. Livestock keepers from cluster 3 adopt wider movements, delocalising non-productive animals to less densely populated locations. This practice of herd division according to productive status is now common innovation across West Africa as in other parts of the world (Dongmo *et al.*, 2007).

As described by Turner (2009), the case of cluster 3 is a typical illustration of the growing involvement of well-off urban dwellers in livestock activities, for whom livestock represents an opportunity for investing their savings while gaining social status. Farms from cluster 2 also witness this process of urban investment. Therefore these clusters are the illustration of the fact that urban investments may feed in both mobile and sedentary breeding. In cluster 3, the hired herdsmen belong to the Fulani ethnic group. Therefore, the mobile herding described here above is part of a wider picture, involving the respect of a traditional way of life, and the maintaining of social network (Lhoste, 1984).

IV.4. Erosion of animal genetic resources

Across the world, the main causes for the erosion of animal genetic resources (AnGR) are the massive diffusion of a few highly-productive breeds, the evolution of production systems and of producers' and consumers' preferences, spurred by socio-economic factors, as well as disasters (drought, famine, epidemics, civil conflicts) (Rege & Gibson, 2003).

In this survey, the proportion of crossbreds is close to 40%, which is far greater than the 9% reported in 2004 (Bonfoh *et al.*, 2006). Besides the possible sampling bias, this might point to a gradual absorption of native breeds by exotic ones. Only two breeders expressed here the intentional practice of outcrossing, but a larger number of breeders participate to this dynamic in a less conscious manner. This process, being in the hand of the commercial sector, is a threat to AnGR diversity. Without public measures aiming at a rational use of exotic germplasm, the impact on native breeds may be severe (FAO, 2008). Since 2000 and the Bovine Spongiform Encephalopathy crisis in Europe, public authorities of Mali forbade the import of animals from Europe. The animals presently observed in the suburbs of Bamako are, thus, probably descendants from animals imported before 2000 (Bonfoh *et al.*, 2006).

Despite this major trend to erosion of AnGR diversity through uncontrolled crossbreeding, the diversity of dairy production systems shown in this survey point to a distinct role in this process for each of the three systems described. Indeed, using artificial insemination and exotic crossbreeding, cluster 2 may be

considered as a focal point of the erosion process, whereas the situation is clearly different in cluster 1. In cluster 3, although all of the five herds concerned use crossbred animals, their more traditional practice lead them to retain and keep for part of the herd a strong preference for resilience, conservation and mobility traits. Indeed, these herders practice a separate management of crossbreds and local breeds. Hence, they are also home to native breeds and biodiversity. In accordance with this observation, national strategies for AnGR conservation may gain from involving these breeders and supporting their mode of production. The third cluster might be nevertheless promising for conservation goals, the involved actors being well-off urban dwellers, not needing public support, and still attached to traditional breeding practices and native breeds. Their integration to national conservation policies should be considered.

While an erosion of genetic diversity is seemingly at play, this does not give a full picture of the on-going dynamic. Indeed, some breeders are experimenting crossbreeding between different native breeds. Crossbreds between Fulani and Azawak zebu are more particularly tested in farms owned by merchants or civil servants with the stated aim of experimenting the adaptation of such animals to the evolving climatic conditions in Sahel. This point confirms the potential role for such actors in a general policy aiming at the promotion of native breeds. This also opens a way for the evolution of breeds that would not entail the use of the globally dominant exotic germplasm that are Holstein and Jersey breeds.

V. Conclusion

This study highlights the diversity of dairy herds around Bamako. The discriminating variables refer to the level of intensification of production and the endowment of the livestock keepers: herd size, surface allocated to fodder crops, expenses for livestock care (feed, fodder, health). Also, the genetic types exploited, labour and mobility proved interesting variables. Whereas three clusters could be described, the variability within cluster remains significant, amounting to 26% of total variability. The urban development has an important impact on livestock in the surrounding areas. This survey illustrates the multiple influences of urbanization in the case of Bamako, namely through the growing demand for livestock products, through the competition for space, and through the investment of urban savings in more intensive crop-livestock integrated production systems or in highly mobile capitalisation-driven herds. The diversity of farms involved in the supply of milk to Bamako results from that differentiated impact of urbanisation on livestock actors, according to their resource endowment (land, labour, links to urban investors). In turn, the evolution of AnGR is tied to this diversity of actors. Policies aiming at the development of the local dairy production should take this diversity of actors into account.

VI. References

- BA DIAO, M., DIENG, A., SECK, M. M., NGOMIBÉ, R. C. (2006). Pratiques alimentaires et productivité des femelles laitières en zone périurbaine de Dakar. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 59 (1-4), 43–49.
- BONFOH, B. (2002). Lait Sain pour le Sahel. Atelier de restitution des résultats "Hygiène et qualité du lait et des produits laitiers au Mali: Implications en production laitière et en santé publique", LCV/ INSAH – STI/ ETHZ, Bamako, Mali. URL http://www.hubrural.org/IMG/pdf/laitsainsahel_rapport_seminaire_2002.pdf (last accessed: 21.03.2013).
- BONFOH, B., CORNIAUX, C., COULIBALY, D., DIABATE, M., DIALLO, A., FANE, A., KONE, Y., NAPO, A., POCCARD-CHAPUIS, R., TRAORE, A. (2006). Synthèse bibliographique sur les filières laitières au Mali. Réseau de recherches et d'échanges sur les politiques laitières. Institut sénégalais de recherche agricoles Bureau d'Analyses Macro-Economiques (ISRABAME). URL http://fsg.afre.msu.edu/promisam_2/references/Bonfo_et_al_2006_Synthese_Bibliographique_Lait_Mali.pdf (last accessed: 10.12.2012).
- BONFOH, B., FOKOU, G., OULD TALEB, M., FANE, A., WOIRIN, D., LAIMAIBAO, N., ZINSSTAG, J. (2007). Dynamiques des systèmes de production laitière, risques et transformations socio-économiques au Mali. *Revue de médecine vétérinaire*, 60 (1-4), 67–76.
- BOSMA, R., BENGALY, K., TRAORE, M., ROELEVELD, A. (1996). *L'élevage en voie d'intensification : Synthèse de la recherche sur les ruminants dans les exploitations agricoles mixte au Mali –Sud*. Amsterdam : (KIT) Royal Institute of the tropics, Pays-Bas ; Institut d'Economie Rurale, Bamako, Mali. Pp.202.
- COULIBALY, M. D., OUOLOGEM, B., TOGOLA, D. (2005). Recherche par voie de croisement de génotypes appropriés pour la production de lait. Rapport final de recherche, 11ème Session du comité de programme. Programme Bovin/IER, Bamako. Pp 32.
- DEBRAH, S., SISSOKO, K., SOUMARE, S. (1995). Etude économique de la production laitière dans la zone périurbaine de Bamako au Mali. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 48 (1), 101–109.
- DEHOUX, J. P., HOUNSOU-VE, G. (1993). Productivité de la race bovine Borgou selon les systèmes d'élevage traditionnels au Nord-Est du Bénin. *Revue mondiale de Zootechnie*, (74–75), 36–48.
- DELGADO, C., ROSEGRANT, M., STEINFELD, H., EHUI, S., COURBOIS, C. (1999). Livestock to 2020. The next food revolution. IFPRI, FAO paper.
- DICKO, M. S., DJITÈYE, M. A., SANGARÉ, M. (2006). Les systèmes de production animale au Sahel. *Sécheresse*, 17 (1-2), 83–97.
- DNPIA (2010). *Rapport d'activités annuelles*. Direction Nationale des Productions et des Industries Animales (DNPIA) de Bamako, Mali. Pp.113.

- DONGMO, A. L., DJAMEN, P., VALL, E., KOUSSOU, M. O., COULIBALY, D., LOSSOUARN, J. (2007). L'espace est fini ! Vive la sédentarisation ? Innovations et développement durable en question chez les pasteurs des zones cotonnières d'Afrique de l'ouest et du centre. *Rencontres Recherches Ruminants*, 13, 153–160.
- FAO (2008). L'état des ressources zoogénétique pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde. Commission des Ressources génétiques pour l'Alimentation et l'Agriculture. L'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), Rome. URL <http://www.fao.org/docrep/011/a1250f/a1250f00.htm> (last accessed: 22.01.2013).
- FERNÁNDEZ-RIVERA, S., OKIKE, I., MANYONG, V., WILLIAMS, T. O., KRUSKA, R. L., TARAWALI, S. A. (2004). Classification and description of the major farming systems incorporating ruminant livestock in West Africa. In T. O. Williams, S. A. Tarawali, P. Hiernaux, & S. Fernandez-Rivera (Eds.), *Sustainable croplivestock production for improved livelihoods and natural resource management in West Africa. Proceedings of an international conference* (pp. 87–122). International Livestock Research Institute (ILRI).
- GRAEFE, S., SCHLECHT, E., BUERKERT, A. (2008). Opportunities and challenges of urban and peri-urban agriculture in Niamey, Niger. *Outlook on Agriculture*, 37 (1), 47–56.
- KOUAMO, J., SOW, A. A., LEYE, A., SAWADOGO, G. J., OUEDRAOGO, G. A. (2009). Amélioration des performances de production et de reproduction des bovins par l'utilisation de l'insémination artificielle en Afrique Subsaharienne et au Sénégal en particulier : état des lieux et perspectives. *Revue africaine de santé et de productions animales*, 7 (3-4), 139– 148.
- LEBART, L., MORINEAU, A., PIRON, M. (1997). *Statistique Exploratoire Multidimensionnelle*. Dunod, Paris. Pp. 439.
- LEMMA, A., KEBEDE, S. (2011). The effect of mating system and herd size on reproductive performance of dairy cows in market oriented urban dairy farms in and around Addis Ababa. *Revue de médecine vétérinaire*, 162 (11), 526–530.
- LHOSTE, P. (1984). Le diagnostic sur le système d'élevage. *Cahiers de la Recherche – Développement*, 3-4, 84–88.
- MADALENA, F., AGYEMANG, K., CARDELLINO, R., JAIN, G. (2002). Genetic improvement in medium to low-input systems of animal production. Experiences to date. In *7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, August 19-23, 2002. INRA, Cedex, France.
- MADALENA, F., TEODORO, R. L., LEMO, A. M., MONTEIRO, J. B. N., BARBOSA, R. T. (1990). Evaluation of Strategies for Crossbreeding of Dairy Cattle in Brazil. *Journal of Dairy Science*, 73 (7), 1887–1901.

- MCSWEENEY, C., NEW, M., LIZCANO, G. (2010). UNDP climate change country profiles: Mali. United Nations Development Programme (UNDP), University of Oxford. URL <http://country-profiles.geog.ox.ac.uk/> (last accessed: 10.05.2013).
- MILLOGO, V., OUEDRAOGO, G. A., AGENÄS, S., SVENNERSTEN-SJAUNJA, K. (2008). Survey on dairy cattle milk production and milk quality problems in periurban areas in Burkina Faso. *African Journal of Agricultural Research*, 3, 215–224.
- MOLINA D'ARANDA DE DARRAX, S. (2009). Le lait local en périphérie de Bamako : une filière en sursis ? *EchoGéo*, 8. URL <http://echogeo.revues.org/11012> (last accessed: 18.08.2013).
- MOULI, C. L. (2001). Diversité des pratiques et variabilité des performances animales dans un système agropastoral sahélien. In *Pratique d'élevage extensif. Identifier, modeler, évaluer*. INRA Etude et Recherche sur les Systèmes Agraires et le Développement, 27. Pp.390.
- OUOLOGUEM, B. (2007). Recherche de mode de gestion du troupeau pour une exploitation économique durable des bovins laitiers dans les zones périurbaines du Mali : production, commercialisation et consommation de produits laitiers en zones périurbaines du Mali. Résultats de Recherche 2003–2007. Pp.48.
- PALM, R. (1998). L'analyse en composantes principales : principes et applications. Notes de Statistique et d'Informatique. (Gembloux) 98/2, Belgique. Pp. 33.
- REGE, J. E. O., GIBSON, J. P. (2003). Animal genetic resources and economic development: issues in relation to economic valuation. *Ecological Economics*, 45 (3), 319–330.
- SCHULTZ, T. (1953). The economic organization of agriculture. McGraw-Hill, New York. Pp. 374.
- SYRSTAD, O., RUANE, J. (1998). Prospects and strategies for genetic improvement of the dairy potential of tropical cattle by selection. *Tropical Animal Health and Production*, 30, 257–268.
- TAMBOURA, T., BIBE, B., RABILE, R., PETIT, J. P. (1982). Résultats expérimentaux sur le croisement entre races locales et races améliorées au Mali. *Sommaire*, 4, 401–412.
- THORNTON, P. K. (2010). Livestock production: recent trends, future prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365 (1554), 2853–2867. doi:10.1098/rstb.2010.0134.
- TIFFEN, M. (2006). Urbanization: impacts on the evolution of “Mixed farming” systems in Sub-Saharan Africa. *Experimental Agriculture*, 42, 259–287.
- TURNER, M. (2009). Capital on the move: The changing relation between livestock and labor in Mali, West Africa. *Geoforum*, 40, 746–755.
- UN (2014). *World Statistics Pocketbook, 2014 edition*. United Nations Statistics Division. New York, US.
- UNDP (2012). World DataBank. URL <http://databank.worldbank.org/data/home.aspx> (last accessed: 09.08.2013).

VALLE ZÁRATE, A., MUSAVAYA, K., SCHÄFER, C. (2006). *Gene flow in animal genetic resources: a study on status, impact and trends*. Institute of Animal Production in the Tropics and Subtropics, University of Hohenheim, Germany. URL <ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1250e/annexes/Thematic%20Studies/Geneflow/GeneflowStudy.pdf> (last accessed: 18.03.2012).

Chapitre III: Phenotypic parameters affecting reproduction and production performances of dairy cattle in peri-urban of Bamako, Mali

Abdoulaye Toure, Nicolas Antoine-Moussiaux, Fikremariam Geda, Ali Kouriba, Diakaridia Traore, Bakary Traore, Pascal Leroy and Nassim Moula. Phenotypic parameters affecting reproduction and production performances of dairy cattle in peri-urban of Bamako, Mali (2019). **Veterinary World, 12(6) : 817-822**

Après avoir caractérisé les systèmes d'élevage, il convient de s'intéresser aux performances de production laitière et de reproduction des races en élevage dans le périurbain. Ce chapitre approfondit cette question en décrivant les performances de reproduction par la détermination de l'âge au premier vêlage et l'intervalle inter-vêlage. Les performances de production laitière ont été évaluées à partir des enregistrements la quantité journalière de lait produite dans les exploitations suivies.

Phenotypic parameters affecting reproduction and production performances of dairy cattle in peri-urban of Bamako, Mali

Abdoulaye Toure¹, Nicolas Antoine-Moussiaux^{1,3}, Fikremariam Geda¹, Ali Kouriba², Diakaridia Traoré⁴, Bakary Traore¹, Pascal Leroy^{1,3} and Nassim Moula^{1,3}

¹ Fundamental and Applied Research for Animal Health (FARAH), Faculty of Veterinary Medicine, University of Liege, Boulevard de Colonster, 20, building B43, 4000 Liege, Belgium;

² Comité National de Recherche Agronomique (CNRA), Bamako / Mali; ³ Tropical Veterinary Institute, Faculty of Veterinary Medicine, University of Liege, Boulevard de Colonster, 20, building B43, 4000 Liege, Belgium; ⁴ LaboREM-biotech / Faculté des Sciences et Techniques (FST)/ Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTTB) Bamako, Mali

Corresponding author: Nassim Moula: Nassim.Moula@uliege.be

Co-authors: AT: nantoine@uliege.be; NAM: nantoine@uliege.be; FG: fikremgeda@gmail.com; AK: aly.kouriba@yahoo.fr; DT: dtraore@laborem-biotech.com; BT: imzkoul@gmail.com; PL: Pascal.Leroy@uliege.be;

Abstract

Aim: The present study was conducted to evaluate the reproduction and production performances of crossbred and local dairy cattle in peri-urban of Bamako, the capital of Mali.

Materials and Methods: A total of 17 randomly selected households with 450 dairy cattle from four peri-urban of Bamako were individually interviewed, given register format and divided into four focus group discussions. The participants were dairy farmers and they were asked to know the phenotype that seem to them the more interesting for the reproduction and production performances of their dairy cattle.

Results: The calving interval (CI) obtained exceeded 433 days in all phenotypic types with average milk yields of 5.1 ± 1.8 kg/ day, 4.8 ± 2.4 and 3.05 ± 1.3 kg/ day, respectively, for the Holstein crossbred, Montbeliard crossbred and the local breeds (Zebu Peul and or Zebu Maure). Crossbred were more productive than local breeds with significant ($p < 0.05$) differences for lactation length, CI and total production and not significant on parity. The results also showed the advantages of the crossbred cows in terms of CI (460 ± 80 days) compared to local zebu breeds (433 ± 115 days) to keep the time of milking as long as possible. However, the Zebu Azawak breed whose cradle is located in northern Mali, managed under extensive peri-urban rearing conditions, has less favorable production parameters than those of other local cattle breeds in milk production (636 ± 43.3 kg vs 681 ± 41.1 kg).

Conclusion: The present study revealed that the crossbred dairy cattle are performed better in terms of calving interval, lactation length and production compared to the local breeds. The study also showed that the local Azawak breed numerically performed less compared to the other local breeds evaluated in this study, namely, Peul and Maure.

Keywords: Cattle, reproduction, milk production, peri-urban, Mali

I. Introduction

In Mali, the cattle breeds are currently mixed with exotic breeds either through artificial insemination or by crossing with bulls such as Montbeliard, Steppe Red, and Holstein. Crossbreeding optimizes the additive genetic and non-additive (heterotic) breed effects of *Bos taurus* and *Bos indicus* with consistently improving the lactation milk yield and calving interval with increasing European gene fraction, for at least up to 50% (Kahi et al., 2000). Despite the dairy potential that can be mobilized throughout the livestock sector and the main policies and strategies promoting the dairy sector, Mali remains one of the largest importers of dairy products to meet the needs of consumers. The import represents CFA 15 billion (US \$ 30 million) in milk and milk products to cover the needs of its population.

To cope with the deficit in milk production in Mali, exotic cattle breeds are increasingly imported and contributed to the genetic improvement of the local breeds. However, due to lack of sufficient knowledge of available genotypes, several cattle productivity improvement in peri-urban area of Bamako has failed. The consequence for the situation could be the existence of a multitude of crossbred whose genotypes are not always known only on the basis of their phenotypes. Some studies were undertaken on phenotypic characterization and evaluation of dairy cattle for milk production performances (N’Goran et al., 2016; Çilek, 2009a).

However, studies in several developing countries emphasize that European breeds can only be profitable in a more intensive system that is favorable in terms of housing, food and sanitary conditions (Çilek, 2009a; Kumar et al., 2014; Scholt & Theunissen, 2010; Bakir & Çilek, 2009; Çilek, 2009b). Today, it becomes essential to evaluate the phenotypic parameters of dairy cattle in Mali, particularly the herds in the peri-urban area of Bamako to generate better knowledge and more rational use of crossing for sustainable milk production. Therefore, the present study was conducted to evaluate the reproduction and production performances of crossbred and local dairy cattle in peri-urban of Bamako, the capital of Mali.

II. Materials and Methods

II.1. Study area

The study was conducted in four peri-urban areas of Bamako, the capital of Mali (a sub-Saharan country in West Africa) covering the main road-networks to other major regions (Ségou, Sikasso, Bougouni, Koulikoro and Sibi/Kangaba road to Guinea) (Figure-11). Bamako is located on the Niger River (12°39' N, 8°0' W) and belongs to the Sahelo-Sudanian climatic zone, with a dry period from November to April and a wet period from May to October. The area has rain patterns of higher inter-annual variability. This study was carried out within a 100 km radius around Bamako, taking into account the established empirical estimates of Scholt et al. (2010). In this study, sampling was performed in ten selected peri-urban districts of Bamako (Bananko, Farakob, Fougad, Kabala, Kabalan, Moribab, Tienfal, Titib, Tiomadi, and Toubana) based on their potentiality in having a large number of cattle.

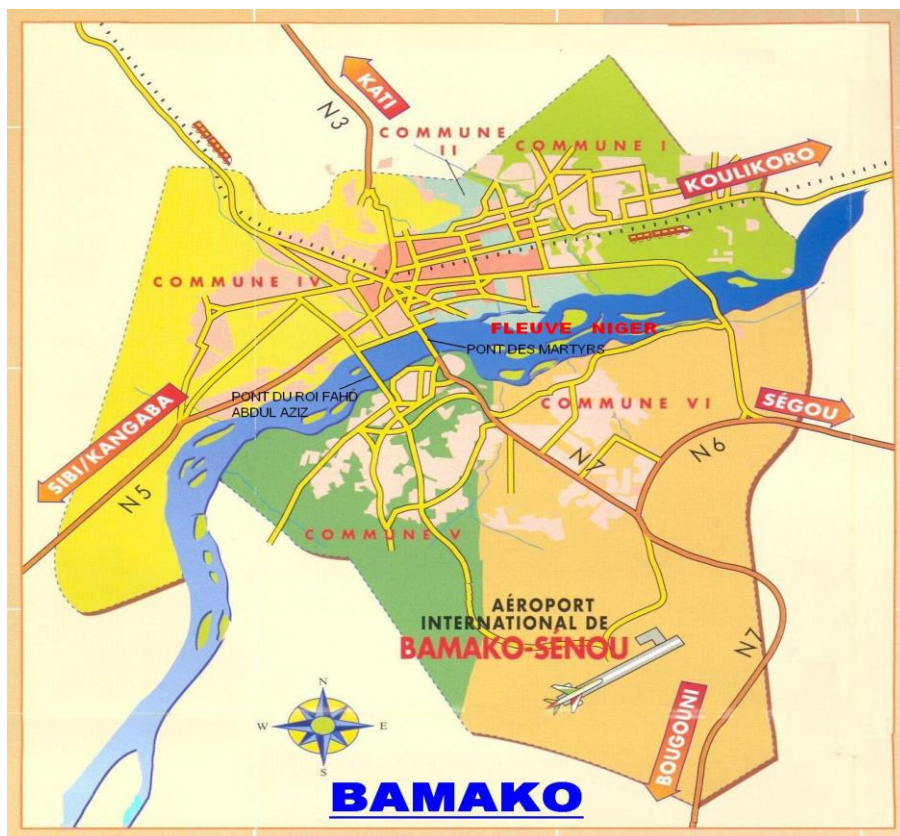


Figure 11. Map showing four peri-urban sampling regions of Bamako indicated by arrows and connecting the major regions of Mali. Source: http://www.mapnall.com/fr/map/Carte-g%C3%A9ographique-Bamako_13744.html

II.2. Sampling procedure

A participatory approach survey involving focus group discussions and visual tools was conducted on a total of 17 dairy farmers, with a herd monitoring records in the period January 2012 to December 2015. The farmers were identified through administrative services, dairy cooperatives and accessibility. The selection was also based on the stability levels of their herds (installed for at least 10 years and have a fixed breeding nucleus) and the sites are easily accessible from the main road-networks to the major administrative regions of Mali. The dairy farmers were grouped into four FGD and they had a total of 450 dairy cattle. The focus groups were made up of 94% men or one woman out of seventeen. Besides the register, the farmers were asked to know the phenotype that seem to them the more interesting for the reproduction and production performances of their dairy cattle. The crossbreds were grouped without taking into account the crossing level and the origin of the sire (artificial insemination or natural reproduction). For data collection, livestock technician and shepherd who could read and write data in the register and had easy road access were identified and trained as interviewers and supervised during data collection. The data were collected after visiting the farms by the interviewers and a focus group interview with local breeders or at the time of the deposit of milk to the cooperative. At least one sample was available in each direction indicated in Figure-11.

II.3. Statistical analysis

In order to access different trends in the studied parameters, the collected data were subjected to a basic statistical analysis (frequency, calculation, mean, standard deviation, minimum and maximum). The Mixed procedure was used to compare the reproduction and production performances between breeds. Least squares means and standard deviation were calculated for all parameters. The variance analysis was performed using the General Linear Models Procedure (GLM) with SAS software (SAS Institute, Inc., Cary, NC., USA) (SAS, 2001). The model retained can be written as follows:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + e_{ij}$$

Y = calving interval; lactation length; daily milk yield; total milk production per lactation; parity

μ = Overall mean

A_i = Fixed effect of genetic type (i= Holstein crossbred; Montbeliard crossbred; Azawak zebu; Peul and Maure zebu).

e_{ij} = Random error

III. Results

III.1. Reproduction and production parameters

The phenotypic parameters of reproduction and production performances of cows are summarized in Table 6. The median dairy production for the 450 cattle studied was 895.5 kg, the minimum and maximum being 122 and 3267 kg, respectively for 50 and 420 days of lactation.

III.2. Calving interval

The calving interval of Holstein varied from 297 to 618 days with an average of 460 ± 80 days. These intervals were significantly ($p < 0.05$) shorter than those of the local breed, which ranges from 331 to 658 days with an average of 433 ± 115 days. Moreover, this interval remains non-significant for Montbeliards crossbred (298 and 707 days). This value was very high in previous researches in Holstein breed cows (Çilek, 2009; Bakir & Çilek, 2009).

III.3. Lactation length

The lactation length varies from 210 days to 420 days for cow survival without any other form of unforeseen such as the sale or death of the calf and the sale of the mother. However, this duration is shorter in Zebu Azawak than in the other local breeds (Peul and Maure).

Table 6. *Reproduction and production performance parameters (LS means±SD) of dairy cattle (Holstein crossbred, n=86; Montbeliard crossbred, n=239; Azawak zebu, n=25; other local breeds (Peul and Maure), n=100) in peri-urban of Bamako*

Parameters	Holstein crossbred	Montbeliard crossbred	Azawak zebu	Peul and Maure	p-value
CI (days)	460±80 ^a	443±97 ^b	450±93 ^c	433±115 ^d	0.041
LL (days)	235±88 ^a	229±85 ^b	192±87 ^c	221±79 ^c	0.021
DMY (kg)	5.13±1.84 ^a	4.76±2.41 ^a	3.17±1.31 ^b	3.05±1.32 ^b	0.037
TPML (kg)	1210±60.4 ^a	1065±54.9 ^b	636±43.3 ^c	681±41.1 ^c	0.001
Parity	2.99±1.52	3.15±1.85	2.92±2.10	3.35±1.96	0.78

n = number, CI = calving interval, LL = lactation length, DMY = daily milk yield, TMPL = total milk production per lactation, LS = least squares, SD = standard deviation, **Means with different superscripts in a row differ significantly (p<0.05), NS: non-significant (p>0.05).

III.4. Milk production

The average daily milk production of milk per day and lactation of Holstein crossbred was significantly (p<0.05) higher than local Zebu and Maure breeds. However, these two crossbred cows (Holstein and Montbeliard) showed non-significant difference between the average annual milk yield and lactation length (Table-6). The milk yields varied from 3 to 12 kg per day and 586 to 3492 kg/ lactation for Holstein crossbred, from 2.5 to 13.8 kg per day for Montbeliard crossbred. These values were lower than pure milk production (5606 kg) of Holstein cows previously (Çilek, 2009b).

IV. Discussion

IV.1. Dairy production and herd management

The choice of an adequate dairy system is relative to the individual need of the farmer and to the optimal interaction between the physiological regulation of the animal and the technical skill of the farmer. The equipment and the quality of the work provided by the farmer used in the process of harvesting milk have been notified by other authors (Genzebu et al., 2016; Hatungumukama et al., 2009; Delgado et al., 1999). The milk production of the local Zebu Azawak breed was significantly different from the other local breeds (Zebu Peul and Zebu Maure) under the same breeding conditions. This could possibly due to not only a non-adaptation to better southern condition but also to the physiology of the animal adapted to Sahelian conditions (Tellah et al., 2017; Orgeur & Signoret, 1990). The superiority of Holstein and Montbeliard crossbreds respectively of 2210±548 kg per lactation vs 681±411 kg compared to the local breeds has been confirmed over several years and under the same farming conditions (Figure-12) (Coulibaly et al., 2014). The average dairy production per day is lower than that of Giroland cattle (6.0±0.2 to 8.7±0.2 kg/ day and 1367±48 to 2230± 48 kg/ lactation) in the Benin station (Dalcin et al., 2016). It was the same as that obtained with F1 Ankolé X Sahiwal (4kg/day) in Burundi (Gezu & Moges, 2018). The superiority of crossbreds was preferred by breeders who think that individuals from cross of

F1 with a crossbred adapt without difficulty to the conditions of breeding of the area. Although the phenotype is the expression of the genotype influenced by the environment (Scholt & Theunissen, 2010; Bakir & Çilek, 2009; Çilek, 2009a; Lari, 2006), the production objectives of the peri-urban livestock farmers in Bamako fall within a logic trend of dairy improvement with the various exotic breeds.

On station, research conducted at the Sotuba Zootechnical Center in Mali has observed average animal production of females from the Zebu Peul-Montebeliard cross in the order of 1012 kg of milk as an average lactation of 243 days (Bassirou, 2002). Studies in tropical countries have shown that 50% blood Friesian produced more milk than 75% Friesian (Leroy et al., 2016; Ba Diao et al., 2006; Ahmed et al., 1992)

Adaptation to the local conditions is necessary for a balance between the breed potential towards optimum productivity. It is at this level that the individual objectives of the breeders are played out (the existence of an optimum). This option needs further investigation both by selection and by crossing.

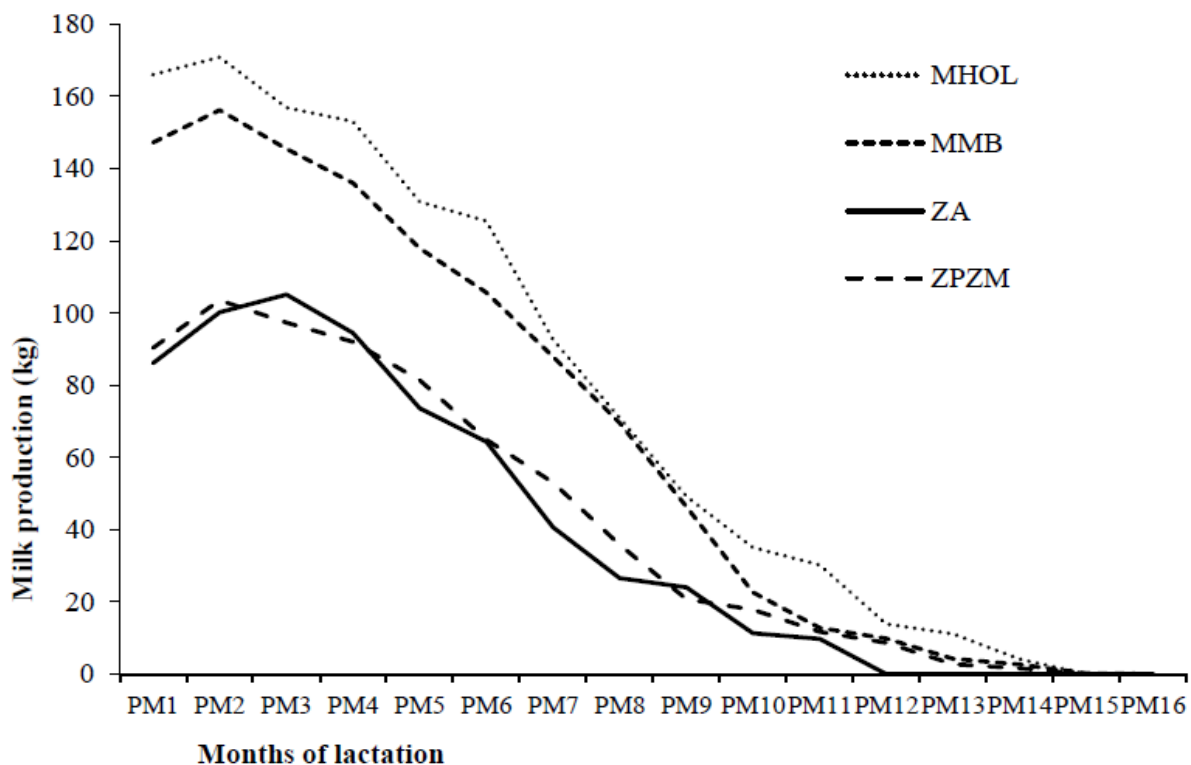


Figure 12. Lactation curve according to the declared genetic type (MHOL: Holstein crossbred, MMB: Montbéliard crossbred, ZA: Zébu Azawak, ZPZM: Peul and Maure Zebu) and PM: Month Production

IV.2. Reproduction and calving interval

Breeders have some expertise in cattle breeding, but management improvement is possible. They know that unexperienced bulls need accompanying during coitus. The breeders also know the bull to cow ratio, but there was only one breeding bull for a herd of 20 to 30 cows. This ratio thus reported involves the effectiveness of the bull in providing irregular fertilizing projection. Some authors (N’Goran et al., 2016; Hanuš et al., 2007) have reported factors affecting the sex ratio such as year, season, bull, as well as blood

hormone levels reported by Lari (2006). The average calving interval was 460 ± 80 days for the Holstein crossbreeds against 443 ± 97 days for the Montbeliard crossbreeds. At 42.41% of calving intervals occurred between 421 and 480 days Montbeliard crossbred against 34.78% between 481 and 540 for the Holstein half-breeds. Indeed, the calving interval and first insemination has not been calculated because most cows were not systematically inseminated at 90 days after calving.

The longest calving interval for the crossbreeds (Figure 13) could be due to a guaranteed purchase of milk by cooperatives but also the managerial capacity of farmer, for instance in providing appropriate diet (Doko et al., 2012) and according the season of birth (Haftu, 2015). However, this long calving interval reduces the annual production cycle and the amount of milk a cow could likely give during a period (Abebe, 2014).

The reproductions characterized globally by an absence of control of the coitus, especially in *community grazing land*. This phenomenon, in the context of the practice of cross breeding by some breeders to negative externalities (purity of their herd) for reasons of hardness and undermines the sustainability of the systems through an uncontrolled system increase on the parts of genetics (Tadesse et al., 2015). Thus the interval between the ages showed strong variation and was neither shorter than that observed on the cows in Kenya which was an average 646 days (Madalena et al., 1990) and 477 ± 119 days nor than the calving interval in Tchad (Syrstad & Ruane, 1998). However, these values are improved, compared to the parental breed (N'Dama 300 to 822 days) at the Yamoussoukro breeding station (Lari, 2006).

Exchange practices or purchases of external breeders were also observed in the present study. The low turnover rate of breeding bulls may lead to some inbreeding in the herd. The high number of genetic profile reveal the absence or non-mastery of crossing patterns appropriate to achieve a high performing synthetic breed adapted to local conditions. This would require the involvement of public authorities in dynamic process of innovation: breeders are trying.

The breeders are under various influences and must be framed in obtaining and taking into account their specific objectives. "A soft" approach to biodiversity conservation can be adapted with the goal of not keeping local breeds as they are, but ensure that the animals in the world are not all the same and that some particularly interesting characters are not lost.

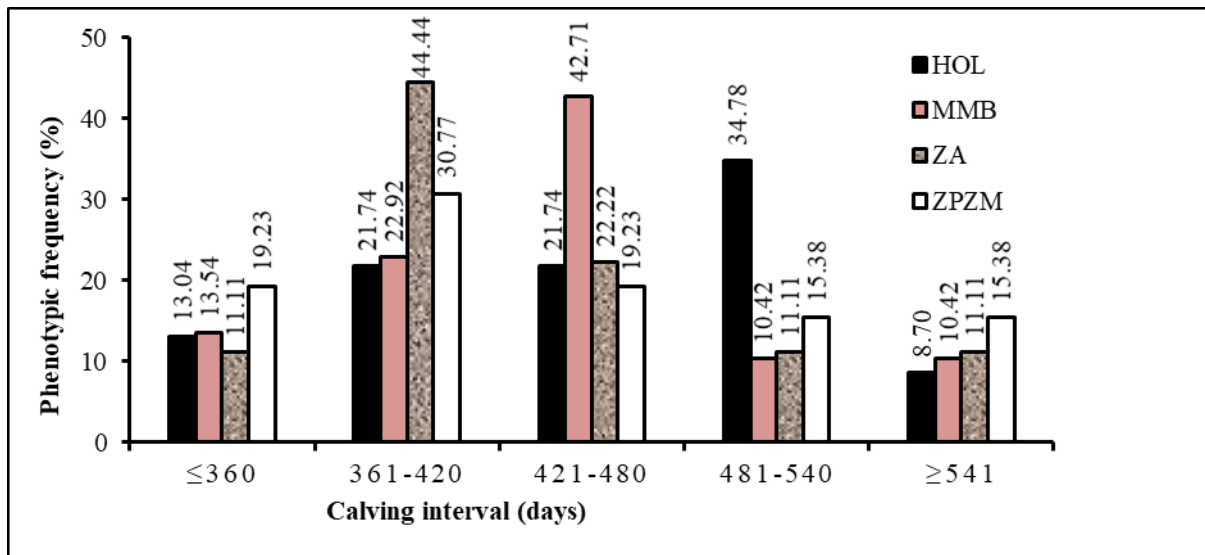


Figure 13. Distribution of calving interval frequencies of declared phenotype (MHOL: Holstein crossbred, MMB: Montbéliard crossbred, ZA: Zébu Azawak, ZPZM: Peul and Maure Zebu)

IV.3. Optimal milk production strategy

Three main trends emerge in this strategy, namely, the poor conservatives whose opinion is probably related to their living conditions; evolutionists / enhancers and farmers with no tendencies between the first two strategies. The assumption that dominant homozygous parental lineages for different favorable loci crossed, the resulting offspring are more heterozygous than their parents. The crossbred performance is superior than of their parents (Molina, 2009; Kaygisiz & Vanlli, 2008; Odima & Mcdermolt, 1994). Breeders as part of their breeding goals know this strategy. The dairy trend as expressed in the previous study (Odima & Mcdermolt, 1994) shows an interest in cattle breeding and may explain the choice of certain breeders for the practice of crosses. If these crosses allow an improvement in the quantity of milk, they nevertheless contribute to reducing the adaptation to environmental stresses of the animals (Çilek, 2009b). The breeding practices thus observed are presented as a compromise according to the objectives in order to make the best use of the animal resources available to the breeder.

Several options for increasing milk productivity and developing smallholder and large-scale herds. However, farmers faced major technological and environmental challenges in the current production as described elsewhere (Tadesse & Mengistie, 2016; Coulibaly et al., 2005; Djoko et al., 2003). These challenges need government intervention.

V. Conclusion

The present study revealed that the crossbred dairy cattle performed better in terms of calving interval, lactation length and production compared to the local breeds. The study also showed that the local Azawak breed numerically performed less compared to the other local breeds evaluated in this study, namely, Peul and Maure.

Authors' Contributions

NAM, PL and NM conceived and designed the study. AT and BT conducted the survey under the guidance of AK and DT. AT, FG, NAM and NM drafted and revised the manuscript. All authors read and approved the final manuscript.

Acknowledgments

The authors would like to thank the dairy cooperatives, farmers, livestock technicians and shepherds who agreed and participated in this study.

Competing Interests

The authors declare that they have no competing interests.

Ethical approval

Informed permission was obtained from all participants involved in this study.

VI. References

- ABEBE, B., ZELALEM, Y., AJEBU, N. (2014). Dairy production system and constraints in Ezha districts of the Gurage zone, Southern Ethiopia. *Global Veterinaria*, 12(2): 181-186.
- AHMED, F.A., BABIKER, B.A., MOHAMED, T.M., ALI, T.E. (1992). The effect of genetic upgrading of Kenana (Sudan Zebu cattle) with European Friesian on calf performance, milk yield and milk composition. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 45(3-4): 329-333.
- BA DIAO, M., DIENG, A., SECK, M.M., NGOMIBE, R.C. (2006). Pratiques alimentaires et productivité des femelles laitières en zone périurbaine de Dakar. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 59, (1-4): 43-49.
- BAKIR, G., CILEK, S. (2009). A research on reproductive traits of Holstein cattle reared at tahirova state farm in balikesir province in Turkey. *Journal of Animal Veterinary advances*, 8(11): 2383-2387.
- BASSIROU, B. (2002) "Lait Sain pour le Sahel". Atelier de restitution des résultats "Hygiène et qualité du lait et des produits laitiers au Mali: Implications en production laitière et en santé publique". Available from: http://www.hubrural.org/IMG/pdf/laitsainsahel_rapport_seminaire_2002.pdf. Accessed on 12-09-2018.
- COULIBALY, M.D., OUOLOGEM, B., TOGOLA, D. (2005). Recherche par voie de croisement de génotypes appropriés pour la production de lait. Rapport final de recherche, 11^{ème} Session du comité de programme. Programme Bovin/IER, Bamako. Pp 32.
- COULIBALY, M.D., TRAORÉ, A., CISSÉ, A.B., TRAORÉ, D., OUOLOGUEM, B. (2004). Amélioration de la productivité des races bovines autochtones par le croisement, performances laitières des croisés Rouge des Steppes. *Etudes et Recherches Sahéliennes de l'Institut du Sahel* (8-9): 99-106.
- ÇILEK, S. (2009a). Reproductive traits of Holstein cows raised at Polatli state farm in Turkey. *Journal of Animal Veterinary advances*, 8(1): 1-5.
- ÇILEK, S. (2009b). Milk yield traits of Holstein cows raised at Polatli state farm in Turkey. *Journal of Animal Veterinary advances*, 8(1): 6-10.
- DALCIN, V.C., FISCHER, V., DALTRO, D.S., ALFONZO, E.P.M., STUMPF, M.T., KOLLING, G.J., SILVA, M.V.G.B., MCMANUS, C. (2016). Physiological parameters for thermal stress in dairy cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45(8): 458-465.
- DELGADO, C., ROSEGRANT, M., STEINFELD, H., EHUI, S., COURBOIS, C. (1999). Livestock to 2020: the next food revolution. Food, Agriculture and the Environment. Discussion paper 28. IFPRI/FAO/ILRI.

- DJOKO, T.D., MBAH, D.A., MBANYA, J.N., KAMGA, P., AWAH, N.R., BOPELET, M. (2003). Crossbreeding cattle for milk production in the tropics: Effects of genetic and environmental factors on the performance of improved genotypes on the Cameroon Western high plateau. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 56(1-2): 63-72.
- DOKO, A.S., GBEGO, T.I., TOBADA, P., MAMA YARI, H., LOKOSSOU, R., TCHOBO, A., ALKOIRET, T.I. (2012). Performances de reproduction et de production laitière des bovins Girolando à la ferme d'élevage de Kpinnou au sud-ouest du Bénin. *Bulletin de la recherche agronomique du Bénin*. Numéro spécial élevage & faune: 1840-7099.
- GENZEBU, D., TAMIR, B., BERHANE, G. (2016). Study of productive and reproductive performance of cross breed dairy cattle under smallholders' management system in Bishoftu and Akaki Towns. *International Journal of Agriculture Sciences*, 6(2): 913-917.
- GEZU, T., MOGES, D. (2018). Impact of climate change on smallholder dairy production and coping mechanism in sub-Saharan Africa - Review. *Agricultural Research & Technology*, 16(4): 556000.
- HAFTU, K. (2015). Productive and reproductive performance of Holstein-Friesian cows under farmer's management in Hossana town, Ethiopia. *International Journal of Dairy Science*, 10(3): 126-133.
- HANUŠ, O., FRELICH, J.L., JANŮ, A., MACEK, I., ZAJÍČKOVÁ, V., GENČUROVÁ J.R. (2007). Impact of different milk yields of cows on milk quality in Bohemian spotted cattle. *Acta Veterinaria*, 76: 563-571.
- HATUNGUMUKAMA, G., SIDIKOU, D.I., LEROY, P.L., DETILLEUX, J. (2009). Effects of non-genetic and crossbreeding factors on dairy milk yield of Jersey x Sahiwal x Ankolé cows in Burundi. *Journal of Animal Veterinary advances*, 8(4): 794-798.
- KAHI, A.K., NITTER, G., THORPE, W., GALL, C.F. (2000). Crossbreeding for dairy production in the lowland tropics of Kenya: II. Prediction of performance of alternative crossbreeding strategies. *Livestock Production Science*, 63: 55-63.
- KAYGISIZ, A., VANLI, Y. (2008). Factors influencing sex ratio in Brown Swiss cattle. *Indian journal of animal sciences*, 78(6): 656-657.
- KUMAR, N., ABADI, Y., GEBREKIDAN, B., WOLDEAREGAY, Y.H. (2014). Productive and reproductive performance of local cows under farmer's management in and around Mekelle, Ethiopia. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 7(5): 21-24.
- LARI, M.A. (2006). Sex ratio at birth in dairy herds in Fars province, southern Iran. *Tropical Animal Health and Production*, 38(7-8): 593-595.

- LEROY, G., BAUMUNG, R., BOETTCHER, P., SCHERF, B., HOFFMANN, I. (2016). Review: sustainability of crossbreeding in developing countries, definitely not like crossing a meadow. *Animal*, 10: 262-273.
- MADALENA, F.E., TEODORO, R.L., LEMO, A.M., MONTEIRO, J.B.N., BARBOSA, R.T. (1990) Evaluation of strategies for crossbreeding of dairy cattle in Brazil. *Journal of Dairy Science*, 73(7):1887-1901.
- MOLINA A.D.S. (2009) "Le lait local en périphérie de Bamako : une filière en sursis ?" *EchoGéo*. Available from: <http://echogeo.revues.org/11012>. Accessed on 10-11-2017.
- N'GORAN, K.E., ZAKPA, L.G, NOEL, D.D., LALLIÉ, H.D.M.N., SOKOURI, D.P., DOUMBIA, L. (2016). Production and reproduction parameters analysis of N'Dama cattle breed in the dairy station of Yamoussoukro (SLY), in the savannah zone, in Côte d'Ivoire. *International Journal of Current Research and Review*, 3(6): 15-20.
- ODIMA, P.A., MCDERMOTT, A. (1994). Reproductive performance of dairy cows on smallholder dairy farms in Kiambu district, Kenya: design, methodology and development considerations. *Kenya Veterinarian* 18(2): 366-368.
- ORGEUR, P., SIGNORET J.P. (1990). L'activité sexuelle du taureau : Revue bibliographique. INRA. *Production Animale*, 3(4): 235-242.
- SAS. (2001) Statistical System Institute, User's Guide: Statistics. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- SCHOLT, M.M. AND THEUNISSEN, A. (2010). The use of indigenous cattle in terminal cross-breeding to improve beef cattle production in Sub-Saharan Africa. *Animal Genetic Resources*, 46: 33-39.
- SYRSTAD, O., RUANE, J. (1998). Prospects and strategies for genetic improvement of the dairy potential of tropical cattle by selection. *Tropical Animal Health and Production*, 30: 257-268.
- TADESSE, G., MENGISTIE, A. (2016). Challenges, opportunities and prospects of dairy farming in Ethiopia: A review. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 11(1): 01-09.
- TADESSE, B., TASSEW, M., KEFELEGN, K., MILLION, T. (2015). Estimation of Crossbreeding Parameters for milk production and reproduction traits in Holstein Friesian and Ethiopian Boran crosses. *Journal of Reproduction and Infertility*, 6(3): 63-69.
- TELLAH, M., ZEUH, V., MOPATE, L.Y., MBAÏNDINGATOLOUM, F.M., BOLY, H. (2017). Paramètres de reproduction des vaches Kouri au Lac Tchad. *J. Appl. Biosci.*, 8(6): 17821-17827.

Chapitre IV: Préférences bovines des éleveurs et consentement à payer selon des critères d'appréciations phénotypiques dans le périurbain de Bamako, au Mali

Ce chapitre vise à mettre en évidence les déterminants des objectifs d'élevage des éleveurs périurbains. Dans cette perspective, cette étude propose d'estimer les valeurs attribuées par les éleveurs de zébu Azawak à différents critères d'appréciation des reproducteurs. Ces valeurs sont calculées sous forme de consentements à payer, par une analyse conjointe menée auprès de 120 éleveurs au sein des systèmes d'élevage caractérisés par l'étude précédente. Cette étude recherche notamment le poids relatifs que les éleveurs accordent à différents caractères, identifiés comme objectifs de sélection dans les précédentes études. Elle vise également à éclairer le compromis qui est fait entre les caractères de production, visant à satisfaire le marché, et le besoin de rusticité, crucial pour certains éleveurs dans la dynamique de conservation et de gestion des races locales. Ce chapitre est présenté sous forme d'article et sera soumis pour publication à la revue « **Pastoralism** ».

Préférences bovines des éleveurs et consentement à payer selon des critères d'appréciations phénotypiques dans le périurbain de Bamako, au Mali

Abdoulaye Toure¹, Benoît Govoeyi¹, Nicolas Antoine-Moussiaux^{1,3}, Ali Kouriba², Diakaridia Traoré⁴, Bakary Traore¹, Pascal Leroy^{1,3} and Nassim Moula^{1,3}

¹ Fundamental and Applied Research for Animal Health (FARAH), Faculty of Veterinary Medicine, University of Liege, Boulevard de Colonster, 20, building B43, 4000 Liege, Belgium;

² Comité National de Recherche Agronomique (CNRA), Bamako / Mali; ³ Tropical Veterinary Institute, Faculty of Veterinary Medicine, University of Liege, Boulevard de Colonster, 20, building B43, 4000 Liege, Belgium; ⁴ LaboREM-biotech / Faculté des Sciences et Techniques (FST)/ Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTTB) Bamako, Mali

Résumé

Les caractéristiques et critères énumérés par les éleveurs périurbains comme faisant partie de leurs objectifs d'amélioration diffèrent selon le système de production. La demande du marché aussi a son importance dans cette orientation du choix des critères. La production laitière telle qu'elle est valorisée dans le système périurbain, provient essentiellement de l'élevage bovin à travers un croisement avec les races exotiques (Holstein et Montbéliard principalement). Si ces croisements ont permis une amélioration rapide de la production de lait, ils contribuent néanmoins à réduire la capacité des petits éleveurs de races locales d'accéder au marché laitier. Cette étude se propose d'estimer les valeurs attribuées par les éleveurs de races bovines à différents critères d'appréciation. Ces valeurs sont calculées sous forme de consentements à payer à travers une analyse conjointe (enquête de préférences déclarées) menée auprès de 120 éleveurs autour de la ville de Bamako. Les critères pris en compte sont l'exigence en alimentation, l'orientation viandeuse ou laitière en terme de production, le format (gabarit), la race type et le prix à payer selon l'animal. Les résultats ont montré que la race, la santé, et l'alimentation ont été les attributs les plus importants dans le choix des reproductrices. Les utilités marginales ont représentées respectivement $0,61\pm 0,1$ et $0,26\pm 0,20$ pour la race et l'exigence sanitaire. Le plus haut consentement à payer a été observé pour la préférence à la race à faible intrants (163€). La résistance aux maladies et l'alimentation donnent presque les mêmes tendances (70€ et 69€) respectivement. Par contre, l'orientation laitière est moins importante pour les éleveurs (24€). La tendance actuelle sur la promotion du genre dans les activités rurales, n'est pas respectée (4,16%). Ces informations ont permis de comprendre l'enjeu du marché laitier et de prévoir les actions nécessaires et possibles pour une meilleure gestion en termes d'amélioration génétique appropriée de ce secteur.

Mots clés : Analyse conjointe, race bovine, critère de sélection, Périurbain, Bamako.

Abstract

The characteristics and criteria listed by peri-urban farmers as part of their improvement objectives differ according to the production system. The demand of the market also is important in this orientation of the choice of criteria. Dairy production as it is valued in the peri-urban system is mainly driven by cattle breeding through a cross with exotic breeds (mainly Holstein and Montbéliard). While these crosses have led to a rapid improvement in milk production, they nevertheless contribute to reducing the capacity of small breeders of local breeds to access the dairy market. This study proposes to estimate the values attributed by the cattle breeders to different criteria of appreciation. These values are calculated in the form of willingness to pay through a joint analysis (survey of declared preferences) conducted with 120 farmers around the city of Bamako. The criteria taken into account are the food requirement, the meat or dairy orientation in term of production, the format (template), the race and the price to be paid according to the animal. The results showed that race, health, and nutrition were the most important attributes in the selection of breeders. The marginal utilities represented respectively 0.61 ± 0.1 and 0.26 ± 0.20 for the breed and the sanitary requirement. The highest willingness to pay was observed for the low-input breed preference (163€). Disease resistance and diet give almost the same trends (70€ and 69€) respectively. On the other hand, meat orientation is less important for breeders. The current trend of promoting gender in rural activities is not respected (4.16%). This information made it possible to understand the stakes of the dairy market and to plan the necessary and possible actions for a better management in terms of appropriate genetic improvement of this sector.

Keywords: Conjoint analysis, bovine breed, selection criteria, Peri-urban, Bamako.

I. Introduction

Le Mali, pays enclavé d’Afrique de l’Ouest, reste dominé par le secteur primaire et notamment agricole. Il existe divers indicateurs liés à l’élevage au niveau national, sous forme de produits bruts ou transformés (FAOSTAT, 2018). Cependant, la qualité des données disponibles est souvent remise en cause par les acteurs du secteur, même quand il s’agit des indicateurs les plus simples, comme le nombre d’animaux (Pica-Ciamarra et al., 2016).

Plusieurs références du secteur de l’élevage s’accordent sur le fait que la demande en produits d’origine animale ira en augmentant au rythme de la croissance de la population et tenant compte de l’urbanisation (FAOSTAT, 2018; Delgado et al., 2001). En dépit du rôle central que joue l’élevage dans l’économie du pays, il reste peu valorisé. Les ressources animales constituent en effet la base des systèmes de production, de résilience et d’adaptabilité. Les zones suburbaines de Bamako, lieu d’innovation génétique à travers l’introduction de races exotiques ou par croisement peut affecter la durabilité du système (Touré et al., 2015; Leroy et al., 2015). Outre l’amélioration de la productivité, l’élevage au Mali devra de plus en plus faire face à des défis techniques et environnementaux. Bamako compte environ 2300000 habitants (INSTAT, 2016), contre 37400 bovins et ayant enregistré au niveau des deux abattoirs du district 162257 bovins abattus (DNPIA, 2017). Ceci est illustré par la dépendance persistante pour certains produits animaux tels que la viande de bovin et le lait. L’amélioration génétique consiste principalement en un croisement (monte naturelle ou insémination artificielle) de bovins exotiques et locaux dans le but d’exploiter la complémentarité entre ces races. Malheureusement, le manque de structuration entre les acteurs, conduit progressivement à un usage excessif de la race locale au détriment de sa conservation (Touré et al., 2015; Tindano et al., 2015).

Afin de comprendre les pratiques et la stratégie des éleveurs pour élaborer un plan commun d’amélioration bovins, en tenant compte des besoins des éleveurs, cette étude analyse les caractéristiques des élevages à travers les préférences déclarées (Roosen et al., 2005). Celle-ci peut se résumer comme suit:

- la multifonctionnalité de l’élevage (Hoffmann et Scherf, 2006)
- la valeur socio-culturelle de l’animal et de ses attributs (Gandini et Villa, 2003)
- la gestion des marchés (des intrants, des produits, marchés financier) dans lequel ils opèrent

II. Matériel et méthodes

II.1. Description générale du protocole

Les élevages bovins de la périphérie de Bamako ont été caractérisés par une enquête menée entre mars et novembre 2011 auprès de 52 éleveurs.

D’autre part, un suivi annuel des performances de reproduction et de production d’un échantillon de dix-sept exploitations ont été réalisées entre 2012 à octobre 2015. Le choix a été porté sur les éleveurs enquêtés dans les travaux précédents. L’enquête a ensuite contribué à élargir la base de données sur les déterminants des objectifs d’élevage auprès d’autres éleveurs. Pour ce faire, un système

d'échantillonnage aléatoire basé sur leur accès et leur disposition à répondre aux questions a été appliqué pour compléter les données de bases

Les entretiens ont consisté en des séries de questionnaires semi-structurés et structurés. Ils ont été conduits pour collecter des données sur les caractéristiques des exploitations, la composition du troupeau, les raisons pour lesquelles les races ont subi un changement dans la génétique bovine et le choix de la race à élever pour les 10 à 15 prochaines années. L'étude a été menée dans la périphérie de Bamako auprès de 120 éleveurs, de mars à mai 2018. Elle a mobilisé une expérience de choix déclaré pour évaluer l'importance relative de traits définis (attributs) dans le choix des reproducteurs par les éleveurs, et enfin obtenir leur consentement à payer (WTP) pour l'amélioration de ces caractéristiques. Ces résultats ont abouti à l'élaboration d'une stratégie qui aiderait aux éleveurs dans le choix d'acquisition des reproducteurs selon l'objectif d'élevage.

II.2. Zone d'étude

Bamako est situé sur le 7° 59' de longitude ouest et le 12° 40' de latitude nord sur les deux rives du fleuve Niger.

- La rive Nord construite entre le fleuve Niger et le Mont Manding dans la plaine alluviale de 15 km se réunissant à ses deux extrémités Est et Ouest.
- La rive sud sur un site de plus de 12000 ha. La périphérie de Bamako appartient à la zone Nord-soudanienne avec une saison sèche dure de novembre à avril et l'hivernage de mai à octobre selon les années (Figure 14). L'effectif bovin estimé par la Direction Nationale des Productions et Industries Animales a été de 37 400 têtes (DNPIA, 2017).

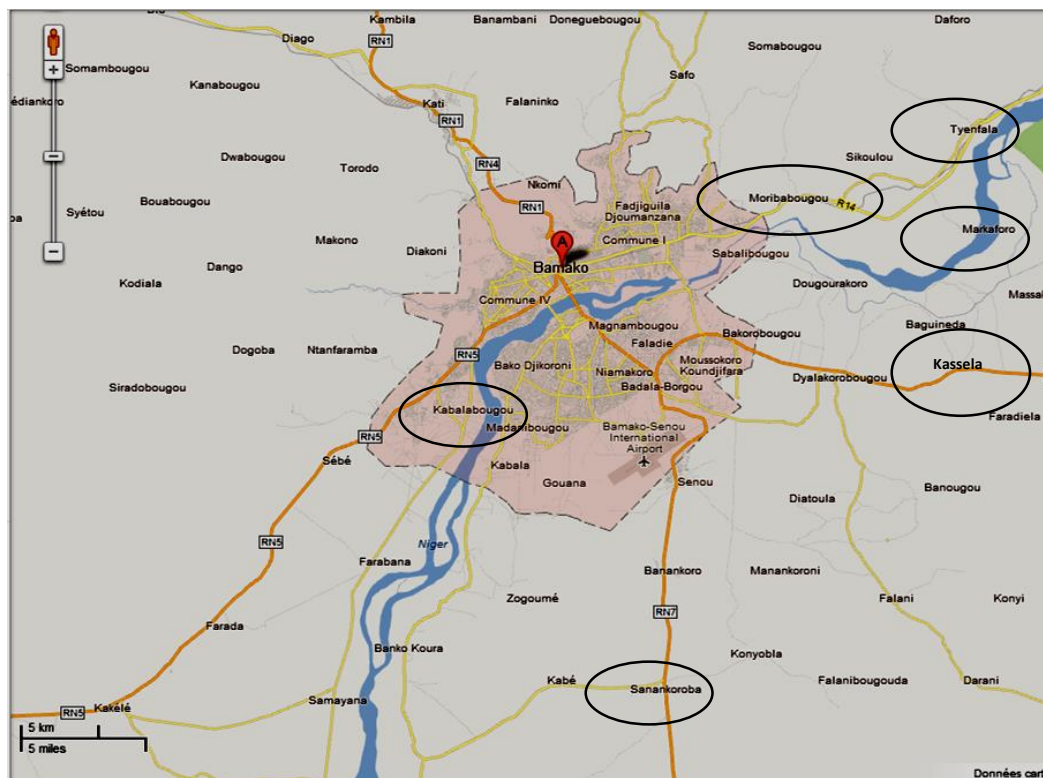


Figure 14. Carte indicative des zones d'enquête autour de Bamako

II.3. Échantillonnage et collecte de données

Sur chaque site, tous les éleveurs acceptant de collaborer ont été inclus dans l'échantillon. Après discussion avec le focus group, des entretiens ont été tenus individuellement avec les éleveurs afin de confirmer les informations et minimiser l'effet de leadership dans les prises de paroles. Les interlocuteurs étaient tous détenteurs de troupeaux et parmi eux, 03 femmes.

Le détail des six critères autour desquels les discussions ont porté pour la réalisation du guide d'entretien est indiqué ci-après :

1. Race : ce critère décrit l'origine de l'animal, qu'il soit local, hybride ou exotique en race pure.
2. Format : ce trait décrit la taille de l'animal (mesure de la hauteur du sol à la croupe ou à la bosse).
3. Production laitière : elle exprime la quantité de lait obtenue par jour ou au cours d'une lactation.
4. Alimentation : l'exigence alimentaire en terme de besoin pour extérioriser une production.
5. Santé : référence à la résistance aux maladies dominantes en termes de fréquence de la maladie sur l'année.
6. Prix : ils représentent la valeur marchande, l'attribut "prix" a été ajouté sur la base de la moyenne des données collectées dans les marchés à bétail autour de Bamako. La combinaison des différents niveaux de ces six attributs et de leurs modalités a permis de générer les profils de bovins utilisés dans les enquêtes individuelles.

II.4. Analyse statistique

Toutes les données ont été analysées à l'aide du logiciel R (version 3.3.1). Les données sur les caractéristiques des exploitations ont fait l'objet d'une analyse descriptive, tandis que celles relatives aux expériences de choix ont été analysées par régression « logit conditionnel » tel que décrit par Aizaki, (2012) et par Aizaki et Kazushi (2008). L'estimation des coefficients d'utilité a été réalisée en utilisant le modèle Logit conditionnel par la formule: $P_{ij} = \exp(V_i) / \sum \exp(V_j)$; où P_{ij} , la probabilité pour que l'objet i soit préféré parmi j objets. L'utilité V_j a été modélisé comme une fonction linéaire des niveaux de chaque attribut de l'objet j , selon la formule $V_j = \beta_0 + \sum \beta_{kl} X_k + \varepsilon_j$; où β_0 est une constante, β_{kl} le coefficient d'utilité du niveau l de l'attribut X_k pour l'objet j et ε_j un terme d'erreur aléatoire. Le WTP correspond à une conversion monétaire des coefficients d'utilité du niveau de chaque attribut, selon la méthode décrite par Tada et al. (2013). La WTP pour un niveau l d'un attribut k est calculée comme suit : $WTP_{kl} = -\beta_{kl} / \beta_e$, avec β_{kl} tel que défini précédemment et β_e étant le coefficient d'utilité de l'unité monétaire (EUR).

Afin d'analyser l'effet du prix sur le choix, la variable de prix a été considérée comme catégorique dans une seconde analyse utilisant le même modèle.

L'importance relative d'un attribut k a été calculée comme suit: $RI_k = 100 * (\beta_{kl_max} - \beta_{kl_min}) / \sum (\beta_{kl_max} - \beta_{kl_min})$, où β_{kl_max} et β_{kl_min} sont respectivement le coefficient d'utilité maximal et minimal parmi les niveaux l de l'attribut k .

Les critères ont été énumérés, écrits et représentés par des symboles sur papier (pour les participants analphabètes). Chaque participant a été invité à donner son opinion sur d'autres critères qui lui semblerait être utiles. Il choisit ainsi l'animal pour chaque paire de profils ou le rejette (Figure 15). A la fin de l'interview, les motivations du choix de l'interviewé sont recueillies ainsi que les difficultés rencontrées dans leur élevage respectif.



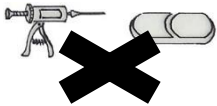

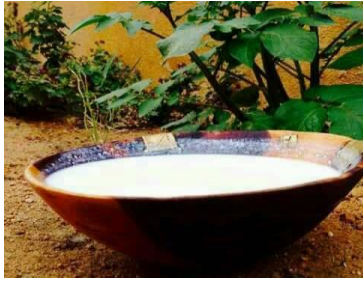



Animal 1	Animal 2	Autres
Race: Locale 	Race: Hybride 	Aucune préférence pour l'animal 1 et l'animal 2
Exigences sanitaires : faible 	Exigences sanitaires : élevée 	
Production laitière : faible 	Production laitière : élevée 	
Prix : 300 000 f CFA (458 €) 	Prix : 1500 000 f CFA (2290 €) 	

Figure 15. Exemple de scénario de paire de choix

III. Résultats

III.1. Caractéristiques des exploitations

La Table 7 résume les caractéristiques socioéconomiques des 120 personnes interrogées et de leur ménage. Tous sont sédentaires, avec une très grande majorité de fermes dirigées par des hommes (97,5%). Leur âge varie de 20 à 67 ans (moyenne 43 ans). En termes d'éducation, 32,5% des éleveurs n'ont reçu aucune forme d'apprentissage formelle, alors que 23,2% ont un niveau secondaire / professionnelle. 72,6% des éleveurs sont impliqués dans l'élevage pour la recherche de profit (revenu, revenu supplémentaire) et 27,4% dans le maintien d'un héritage (culture, conservation du patrimoine).

Table 7. Caractéristiques socio-économiques des exploitations

Variabes	Modalités	Pourcentage (%)
Age	< 35 ans	18,3
	35 à 40	17,5
	41 to 45	24,2
	46 to 51	16,7
	≥52	23,2
Taille des ménages	≤ 5 personnes	30
	6 à 10	41,7
	11 à 15	15,2
	≥11	13,3
Niveau d'instruction	Illettré	32,5
	primaire/ou arabe	41,
	secondaire/professionnelle	23,2
	Universitaire	2,5
Activité	50	41,7
	27	22,5
	43	35,8

III.2. Critères d'appréciation des reproducteurs : résultats de l'empilement proportionnel

Les critères majeurs et ou importants du choix des bovins sont d'ordre phénotypiques et fonctionnels (santé et alimentation).

Parmi les attributs morphologiques, le trait majeur d'appréciation des reproducteurs est la race qui est citée par 100% des *focus group* avec un score moyenne de 39,2 et de minimum-maximum de 8-51. L'attribut fonctionnel (santé et alimentation) obtient un score moyen de 21,3 et 19,2 respectivement. Concernant les traits génétiques, la bonne production laitière a été citée par 31% des participants au *focus group* avec un score moyen de 14,4 (Table 8). L'automédication est une pratique courante malgré la proximité relative des services de santé animale et un fort taux de citation en *focus-group*.

Table 8. Résultat de l'empilement proportionnel sur les critères 10 focus groups d'agro-pasteurs et pasteurs dans le péri-urbain du Mali

Critères	Taux de citation (%)	Score empilement proportionnel (%)	Moyenne	Min	Max
Race	100	39,2	24	8	51
Production laitière	31	14,4	13	7	33
Santé	87	21,3	25	10	47
Alimentation	85	19,2	28	15	30
Format	38	5,9	7	1	18

III.3. Analyse des choix déclarés et disposition à payer des éleveurs et agro-pasteurs

Les coefficients estimés des différentes modalités représentent l'utilité indirecte des répondants en choisissant une alternative. Les utilités marginales des modalités considérées sont positives et fortement significatives ($p < 0,001$). Ceci indique que passer de la modalité de référence à la modalité valorisée augmente l'utilité indirecte des répondants. À partir de l'enquête participative, les coefficients d'utilité et le WTP estimés pour chaque niveau de chaque attribut sont présentés dans la Table 9.

Pour chaque attribut, un niveau est défini comme une référence avec un coefficient nul et les coefficients des autres niveaux représentent l'utilité acquise lors du passage du niveau de référence au niveau considéré.

Le coefficient de la variable monétaire est négatif (-0.003) et fortement significatif ($p < 0,001$). Cela dénote de la préférence des éleveurs à des prix raisonnables à bas prix. Concernant la race, son coefficient d'utilité est positif et statistiquement significatif. Par contre, pour la santé et l'alimentation, les coefficients d'utilités sont positifs, mais non significatifs ($p > 0,01$).

III.4. Consentement à payer

La Table 9 présente le consentement à payer pour les différentes modalités des critères d'utilité de l'animal. Pour chaque attribut, les modalités valorisées se voient attribuer un consentement à payer (CAP). Il correspond à l'importance relative que les répondants accordent à chacune des modalités valorisées. Un signe positif du CAP signifie que les éleveurs sont prêts à payer à ce montant pour acquérir cette modalité. Ainsi, une race bovine répondant à une faible demande alimentaire et ayant une production laitière jugée suffisante vaut 163€ de plus qu'une race locale. Ce paramètre semble le plus important pour la prise de décision des éleveurs et agro-pasteurs. De même, un animal qui manifeste une résistance à certaines maladies infectieuses est à 70 € de plus qu'un animal sensible au plan sanitaire. Le consentement à payer pour la faiblesse des exigences alimentaires est de 69€.

Table 9. Les coefficients des utilités et le consentement à payer estimés pour les attributs du bovin au Mali

Attributs	Utilités Marginales	CAP (EUR)	IC 97,5% (EUR)
Race	0,61± 0,14**	163,47	[80,55 ; 335,17]
Alimentation	0,23± 0,29 ^{ns}	69,22	[-73,00 ; 295,45]
Santé	0,26± 0,20 ^{ns}	70,45	[-33,02 ; 221,34]
Production laitière	0,08± 0,13 ^{ns}	23,80	[-92,11; 134,47]
Prix	-0,003±0,002**	–	–

CAP: Consentement à payer; IC: Intervalle de Confiance; codes de Signif.:*** = $p < 0.001$; et ns : Non Significatif

IV. Discussion

IV.1. Enquête participative sur les critères d'appréciation

Il est essentiel de prendre en compte les points de vue des praticiens / éleveurs à toutes les étapes de la conception et de la mise en œuvre des programmes de conservation des ressources zoo génétiques afin de promouvoir l'appropriation et la durabilité de d'un programme (Phocas et al., 2017; Wollny, 2003). Or, il est aussi démontré que sans cette durabilité, il y a pas d'avenir pour l'élevage (Lacy, 2012; Williams et Hoffman, 2009). Cette étape de l'étude a permis de stimuler un réveil de conscience des éleveurs pour la recherche et l'enjeu sur les pratiques actuelles. Des approches similaires ont été mise en œuvre au Burkina où le bétail exerce de multiples fonctions et est exposé à un certain nombre de maladies tropicales et à d'autres stress environnementaux (Tano et al., 2003) et de définir les caractéristiques préférées des éleveurs ovins (Kisito et al., 2017). Les résultats reflètent les pratiques de production de la race bovine. Pour toutes les catégories d'éleveurs, la race animale est considérée comme l'élément déterminant dans l'expérience de choix. En conséquence, une étude centrée sur la possibilité d'adopter une stratégie basée sur l'adoption de taureaux de race locale sélectionnée serait une piste de valorisation du progrès génétique ainsi obtenu.

IV.2. Critères d'appréciation pour les caractères retenus des bovins

Pour mieux comprendre la logique d'utilisation et de choix du type génétique bovins pour les besoins de production laitière ou de viande, il est nécessaire de comprendre les préférences de choix des agropasteurs concernant les décisions d'élevage. Plusieurs auteurs (Kamuanga et al., 1997; Tada et al., 2013; Omasaki et al., 2003) ont évoqué cette nécessité. La préférence pour la résistance aux maladies apparaît donc chez les pasteurs comme un levier prometteur d'un système durable dans la mesure où la productivité numérique est garantie. Le manque de tolérance vis-à-vis d'une sous-alimentation et le prix d'achat des animaux ont été les inconvénients les plus souvent cités des races croisées pour les éleveurs pasteurs et aussi par les commerçants de bovins sur pied.

En effet, le sous-groupe pratiquant le croisement, par rapport au premier, montre une moindre préférence pour la résistance aux maladies. Par contre, une faible exigence alimentaire est souhaitée. Comme ces phénotypes présentent des coefficients positifs, il s'agirait plutôt d'un refus d'élevage à susceptibilité intermédiaire (Tindano et al., 2017). Etant donné la pertinence de leur pratique de croisement, avec une race laitière, ils pourraient s'attendre à ce que les produits de croisement expliqueraient la bonne acceptation de la forte sensibilité (maladies et aliments). Bien que la résistance aux maladies soit importante pour la plupart des personnes interrogées des petits éleveurs, elle pourrait être à la limite prévenue par un traitement traditionnel moins onéreux. Au cours des discussions de groupe, la race locale zébu Peul serait facile à élever pour un éleveur sans expérience en raison de la réduction des coûts liés aux intrants sans s'attendre à un rendement jugé performant. Dans les communautés pastorales africaines, la taille du troupeau est un indicateur de richesse et de statut social (Cantoni et Lallau, 2000). Au Kenya, Ouma et collaborateurs (2004) ont rapporté une semblable préférence des performances de reproduction par rapport à la production laitière. De plus, la sélection des facteurs de résistance aux maladies serait entravée par le manque de paramètres génétiques pour les races pures exotiques et sur les avantages du croisement (Kariuki, et al., 2017).

Des discussions en focus group, il ressort que le lait n'a d'utilité que pour la consommation des ménages chez les pasteurs (Touré et al., 2015), par contre chez les agropasteurs, il est un indicateur de rentabilité de la ferme. La faible importance du caractère laitier dans l'économie des ménages signifie surtout l'hétérogénéité des objectifs au sein du ménage (Siddo et al., 2015). Les taureaux en reformes sont embouchés pour être vendus en période de la fête de l'Aïd el kbir (Ramadan). Cette option est valable aussi pour toutes les catégories d'éleveurs périurbains.

IV.3. Implications de stratégies

L'élevage du périurbain de Bamako est composé d'éleveurs dont l'appréciation des facteurs esthétiques ne constitue pas le déterminant de l'élevage. La préférence pour les races à faibles intrants et une bonne production, donc l'aversion relative aux races locales est un signe fort de la négligence continue par les éleveurs.

Les géniteurs les plus appréciés chez les agropasteurs semblent être des bovins métis prim Holstein qui consommeraient moins d'aliments et donneraient plus de lait. Ce prototype de vache ainsi décrit, montre un paradoxe face aux facteurs de production actuels présents. Ce diagnostic complexe débouche sur la création d'une nouvelle souche à travers la sélection et le croisement. Or, le niveau d'organisation des éleveurs a un rôle important à jouer pour informer ses membres des possibilités d'acquisition de cette race. Pour ce faire, un investissement public dans l'élevage, priorisant plutôt une approche communautaire et l'assurance à moyen et long terme de répondre à la fois aux attentes réelles des éleveurs et la satisfaction des besoins laitiers de la population malienne. Ces préférences vont à l'encontre de la sélection et de la conservation de la race bovine locale telle que recommandée par certains éleveurs pasteurs.

Ainsi en rupture avec cette tradition pastorale de conservation de race locale, l'élevage périurbain actuel doit investiguer à nouveau l'adéquation du système de production en rapport avec l'environnement, les infrastructures, l'alimentation et sa durabilité.

Quant aux aliments, sa quantité et sa qualité sont souvent citées parmi les principales contraintes des agropasteurs et pasteurs (Molefi et al., 2016; Amadou et al., 2012). On peut donc s'attendre à ce que les agriculteurs manifestent un intérêt pour les attributs liés à l'alimentation (70€). Cependant, ce trait occupe ici un coefficient d'utilité de 0,23 ($p > 0.01$) non significatif. Cela expliquerait de la préférence des éleveurs pour les bovins à faible consommation alimentaire. Dans ce cas présent, certains éleveurs ont exprimé une dichotomie dans leur objectif d'élevage qui n'est très souvent pas défini à la base.

V. Conclusion

La présente étude menée a été un exercice apprécié par les éleveurs qui consistait à utiliser des méthodes de préférence énoncées dans un objectif de comprendre le management des ressources génétiques bovines pour assurer sa durabilité en moyen et long terme au Mali. Celle-ci représente une première dans le périurbain de Bamako. Les résultats révèlent une dichotomie marquée par les éleveurs pour les objectifs d'élevage (lait et/ou vente d'animaux sur pieds). En effet, le maintien d'une race facile à élever est un objectif commun de l'échantillon de toutes les catégories d'éleveurs rencontrées. A défaut de celle-ci, les éleveurs pasteurs préféreraient le maintien des races locales. Par contre, les agropasteurs, préfèrent évoluer avec les races croisées avec ces contraintes sanitaires et alimentaires. Un débat participatif impliquant les différents groupes d'éleveurs pourrait aider à rechercher un cadre stratégique commun permettant à la fois la prise en compte des groupes identifiés dans un programme national d'amélioration génétique et la sécurité de l'élevage des bovins. Un croisement de métissage est l'idéal qui correspondrait aux sollicitations de toutes les catégories d'éleveurs dans le périurbain pour une meilleure spécialisation de race laitière.

Les éleveurs ayant un intérêt culturel pour la préservation des races locales peuvent également être pris en compte pour un programme de conservation de la biodiversité locale basé sur des stratégies *ex situ*.

VI. Références

- AMADOU H, DOSSA LH, LOMPO DJP, ABDULKADIR A, ET SCHLECHT E, (2012). A comparison between urban livestock production strategies in Burkina Faso, Mali and Nigeria in West Africa. *Trop Anim Health Prod.*, 44(7): 1631–1642. Doi: 10.1007/s11250-012-0118-0
- AIZAKI H, (2012). Basic Functions for Supporting an Implementation of Choice Experiments in R, *Journal of Statistical Software*, 50, 1-24
- AIZAKI H, ET KAZUSHI N, 2008. Design and Analysis of Choice Experiments Using R: A Brief Introduction, *Agricultural Information Research*, 17, 86-94
- CANTONI C, ET LALLAU B, (2010). La résilience des Turkana, *Développement durable et territoires* (vol.1, n°2) [en ligne] (sans date) Adresse URL:<http://developpementdurable.revues.org/8497>, consulté le 25 /02/ 2019
- DELGADO C, ROSEGRANT M, STEINFELD H, EHUI S, ET COURBOIS C, (2001). Livestock to 2020: The next food revolution. *Outlook on Agriculture*, 30(1), 27–29
- DNPIA (2017). *Rapport d'activités annuelles de la Direction Nationale des Productions et des Industries Animales de Bamako*, Mali. 121p.
- FAOSTAT (2018). FAOSTAT Database Rome, Italy. Available at <http://faostat3.fao.org/browse/T/TP/F>. last access: 13/05/2018
- GANDINI GC, ET VILLA E, (2003). Analysis of the cultural value of local livestock breeds: a methodology. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 120 (1), 1–11
- HOFFMANN I, ET SCHERF B, (2006). Ressources zoogénétiques: faut-il s'inquiéter? Rapport sur l'élevage, division de la production et de la santé animale FAO. 102p
- INSTAT (2016). Enquête Modulaire et Permanente auprès des ménages (EMOP). Résultat d'analyse du premier passage. 73p
- KAMUANGA M, TANO K, POKOU K, JABBAR M, SWALLOW B, ET D'IETEREN G, (1997). Farmers' preferences of cattle breeds, their market values and prospects for improvement in West Africa: a summary review. *In* : K R Sones (ed): Proceedings of the 25th Meeting of the International Scientific Council for Trypanosomiasis Research and Control (ISCTRC), Mombasa, Kenya, September 1999.

Publication No 120, Stockwatch Ltd, Nairobi, Kenya. Pp.271-298

KARIUKI CM, VAN ARENDONK JAM, KAHI AK, ET KOMEN H, (2017). Multiple criteria decision-making process to derive consensus desired genetic gains for a dairy cattle breeding objective for diverse production systems. *Journal of Dairy Science*, Volume 100, Issue 6, 4671 – 4682. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11454>

LACY RC, (2012). Achieving True Sustainability of Zoo Populations. *Zoo Biology* 00: 1–13

LEROY G, BAUMUNG R, BOETTCHER P, SCHERF B, ET HOFFMANN I, (2015). Review: Sustainability of crossbreeding in developing countries; definitely not like crossing a meadow. *Animal*, 10, 262-273

OMASAKI SK, VAN ARENDONK JAM, KAHI AK, ET KOMEN H, (2016). Defining a breeding objective for Nile tilapia that takes into account the diversity of smallholder production systems. *J. Anim. Breed. Genet.*, 133: 404–413

OUMA E, ABDULAI A, DRUCKER AG, ET OBARE G, (2004). Assessment of farmer preferences for cattle traits in smallholder cattle production systems of Kenya and Ethiopia, Conference on International Agricultural Research for Development. Deutscher Tropentag, Humboldt-University Berlin, Germany, 5-7 October 2004, 2004, ID 387

PHOCAS F, BELLOC C, BIDANEL J, DELABY L, DOURMAD JY, DUMONT B, EZANNO P, FORTUN-LAMOTHE L, FOUCRAS G, FRAPPAT B, GONZALEZ-GARCIA E, HAZARD D, LARZUL C, LUBAC S, MIGNON-GRASTEAU S, MORENO CR, TIXIER-BOICHARD M, ET BROCHARD M, (2017). Quels programmes d'amélioration génétique des animaux pour des systèmes d'élevage agro-écologiques ? *INRA Prod. Anim.*, 30, 31-46

PICA-CIAMARRA U, BAKER D, MORGAN N, AZZARRI AZC, LY C, NOUALA LNS, OKELLO P, ET SERUGGA J, (2016). Investir dans le secteur de l'élevage L'importance de chiffres précis. Un manuel de référence destiné aux décideurs pour l'amélioration des données de l'élevage. Rapport de la Banque mondiale Numéro 85732-GLB. 154p

ROOSEN J, FADLAOUI A, ET BETTAGLIA M, (2005). Economic Evaluation and Biodiversity Conservation of Animal Genetic Resources. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 122: 217-228

SIDDO S, MOULA N, HAMADOU I, ISSA M, MARICHATOU H, LEROY P, ET ANTOINE-MOUSSIAUX N, (2015). Breeding criteria and willingness to pay for improved Azawak zebu sires in Niger, *Archives Animal Breeding*, 58, 251–259

TADA O, MUCHENJE V, ET DZAMA K, (2013). Preferential traits for breeding Nguni cattle in low-input in-situ conservation production systems. *Springer Plus*, 2:195

TANO K, KAMUANGA M, FAMINOW MD, ET SWALLOW B, (2003). Using conjoint analysis to estimate farmer's preferences for cattle traits in West Africa, *Ecological Economics*, 45, 393-407

TINDANO K, TRAORE A, MOULA N, LEROY P, ET ANTOINE-MOUSSIAUX M, (2017). Assessing the diversity of preferences of suburban smallholder sheep keepers for breeding rams in Ouagadougou, Burkina Faso. *Tropical Animal Health and Production*, DOI: 10.1007/s11250-017-1315-7

TOURÉ A, MOULA M, KOURIBA A, TRAORE B, TINDANO K, LEROY P, ET ANTOINE-MOUSSIAUX N, (2015). Dairy farms typology and management of animal genetic resources in the peri-urban zone of Bamako (Mali), *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 116, 37–47

WILLIAMS SE, ET HOFFMAN EA, (2009). Minimizing genetic adaptation in captive breeding programs: a review. *Biol Conserv* 142:2388–2400

WOLLNY CBA, (2003). The need to conserve farm animal genetic resources in Africa: should policy makers be concerned? *Ecol. Econ*, 45:341-351

Chapitre V : Caractérisation zootechnique et formule barymétrique de la race zébu Azawak à Ménaka au nord du Mali

Touré, A., Kouriba, A., Leroy, P., Antoine-Moussiaux, N., & Moula, N., Caractérisation zootechnique et formule barymétrique de la race zébu Azawak à Ménaka au nord du Mali (2017). *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 70 (4) : 115-120. Doi: 10.19182/remvt.31528.

Les chapitres 2, 3 et 4 ont permis la caractérisation de la demande en amélioration génétique dans les systèmes d'élevage traditionnels typés. Conformément à l'approche méthodologique retenue, une étude de l'offre en amélioration génétique s'avère nécessaire pour mieux évaluer son adéquation avec celle-ci. L'objectif des éleveurs étant d'avoir « une bonne race », ce chapitre valorise des données sur les performances de croissance et de reproduction d'une race bovine locale mixte (lait et viande). Ces données peuvent être capitalisées pour répondre à la spécialisation laitière progressive attendue par les éleveurs périurbains. Cette évaluation s'inscrit dans une optique de réorientation des stratégies d'élevage à mettre en œuvre.

Caractérisation zootechnique et formule barymétrique de la race zébu Azawak à Ménaka au nord du Mali

Auteurs : TOURE A.¹, ANTOINE-MOUSSIAUX N.^{1,3}, KOURIBA A.², LEROY P.^{1, 3} et
MOULA N.^{1,3},

Affiliation :

1 FARAHA (Fundamental and Applied Research for Animal and Health) – Productions animales
durables, Faculté de Médecine vétérinaire, Université de Liège, Quartier Vallée 2, avenue de
Cureghem 6, 4000 Liège, Belgique

2 Institut d'Economie Rural, IER, Bamako, Mali

3 Institut Vétérinaire Tropical, Faculté de Médecine vétérinaire, Université de Liège, Quartier
Vallée 2, avenue de Cureghem 6

Auteur pour la correspondance

Tél.: +32/4/366.41.24 / fax +32/4/366.41.22; email: Nassim.Moula@ulg.ac.be

Résumé

L'objectif de cette étude était de participer à la sauvegarde et à l'amélioration des performances du zébu Azawak au Mali en proposant une estimation des performances de croissance et de reproduction de cette race bovine élevée au nord du pays. Le suivi a concerné 1129 animaux dans quatre communes du cercle de Ménaka, entre novembre 2009 et février 2010. A 30 jours, les mâles pesaient en moyenne 39 ± 10 kg et les femelles 32 ± 4 kg. Aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a été enregistrée entre les poids adultes des taureaux (370 ± 88 kg) et des vaches (327 ± 46 kg). L'âge au premier vêlage a été de 50 ± 11 mois avec un intervalle entre vêlages de 16 ± 4 mois. Les corrélations du poids avec le périmètre thoracique ($r = 0,95$) et la hauteur au garrot ($r = 0,94$) ont été les plus élevées. Des équations baryométriques ont été établies pour chaque catégorie animale (veau/velle, génisse/taurillon, vache/taureau) au moyen de régressions polynomiales du poids (y) sur le périmètre thoracique (x). Celles-ci pourront servir à établir une table de conversion du périmètre thoracique en poids vif ou un ruban baryométrique à l'attention des agents de l'élevage, afin de faciliter un suivi zootechnique et sanitaire des animaux sur le terrain.

Mots-clés :

Bos indicus; bovin Azawak; croissance; performance de reproduction; poids corporel; Mali

Abstract

The objective of this study was to contribute to the preservation and improvement of the performance of the Azawak zebu in Mali by proposing an estimation of the growth and reproduction performances of this cattle breed reared in the north of the country. Monitoring involved 1129 animals in four townships in Menaka Circle, between November 2009 and February 2010. At 30 days, males weighed on average 39 ± 10 kg and females 32 ± 4 kg. No significant differences ($p > 0.05$) were recorded between the adult weights of bulls (370 ± 88 kg) and cows (327 ± 46 kg). The age at first calving was 50 ± 11 months with a calving interval of 16 ± 4 months. The correlations of weight with the thoracic girdle ($r = 0.95$) and the height at the withers ($r = 0.94$) were the highest. Barymetric equations were developed for each animal category (male calf / female calf, heifer / young bull, cow/bull) using polynomial weight regressions (y) on the thoracic girdle (x). These could enable livestock agents to establish a conversion table of the thoracic girdle into live weight or a barymetric measuring tape to facilitate husbandry and sanitary monitoring of animals in the field.

Keywords: Growth and reproduction performance, equations of regression, Menaka, Mali.

I. Introduction

Dans le nord du Mali, l'élevage bovin est soumis à des contraintes climatiques (aridité) et socioéconomiques (accès à l'eau potable et abris de nuit, parc de vaccination, marché à bétail) freinant son essor. De plus, dans un milieu aride, où la ressource alimentaire évolue fortement au cours de l'année, les éleveurs sont en quête permanente de satisfaction des besoins alimentaires des animaux (petite transhumance, séjour sur terres salées). En fin de saison sèche, les animaux sont très amaigris, ce qui affecte la viande en termes de flaveur et de qualité. Des études ont été menées au Niger, en Côte d'Ivoire et au Burkina Faso pour évaluer les performances de production de la race Azawak (Dodo et al., 2001 ; Marichatou et al., 2005 ; Sokouri et al., 2010). Cependant, rares sont celles qui ont concerné la race zébu Azawak au Mali. La race Azawak est à présent de plus en plus métissée avec les races Peuhle et M'bororo venant des cercles d'Ansongo et de Gao au Mali, voire du Burkina Faso ou du Niger. C'est donc pour faire face à la disparition de cette race bovine locale présentant d'intéressantes caractéristiques en termes de rusticité, d'adaptation et de production que le gouvernement malien a mis en œuvre le Projet d'appui à la sélection et à la multiplication du zébu Azawak au Mali (PASMZAM) visant à conserver la race Azawak. La présente étude s'inscrit dans ce programme et vise à caractériser le système d'élevage de la race Azawak, à déterminer ses caractéristiques de croissance et de reproduction dans son milieu d'élevage, ainsi qu'à déterminer une formule barymétrique permettant d'estimer facilement le poids vif des animaux sur le terrain.

II. Matériel et Méthode

II.1. Présentation de la zone d'étude

II.1.1. Zone d'étude

L'étude a été réalisée dans la région de Gao (cercle de Ménaka), située dans la vallée fossile de l'Azawak (figure 16). Le relief de la commune est essentiellement constitué de dunes de sables, de vallées, de basfonds et de plaines. Le climat se caractérise par l'alternance d'une longue saison sèche (huit à neuf mois) et d'une courte saison des pluies (quatre mois de juin à septembre) avec une forte variabilité interannuelle. C'est une zone aride avec une pluviométrie annuelle comprise entre 100 et 250 millimètres et des températures maximales moyennes élevées, plus de 40 °C en avril et mai. La végétation est de type désertique où prédominent les épineux du genre *Acacia* spp. Dans la strate herbacée prédominent les graminées annuelles comme *Aristida mutabilis*, *Cenchrus biflorus* et *Eragrostis tremula*. Modes d'élevage Dans cette région, et plus particulièrement dans le cercle de Ménaka, le zébu Azawak est le principal capital pour les communautés touarègues. L'Azawak est soumis à un élevage de type extensif, caractérisé par une longue période de mobilité (octobre à juin) et une population contrainte à une agriculture de subsistance (Beeler, 2006). Les animaux se déplacent sur les vastes pâturages naturels de la zone sahélienne sous la conduite d'un gardien à la recherche de ressources alimentaires et d'eau (Turner et al., 2014). La transhumance et le nomadisme sont les deux modalités générales de ces déplacements (Beeler,

2006). La culture du bourgou (*Echinochloa stagnina*) visant à affourager les bovins est pratiquée aux abords du fleuve et des grands lacs permanents. L'importance de l'élevage au nord du Mali a poussé le gouvernement à lancer plusieurs programmes de vulgarisation associés à des projets de développement local basés sur les productions animales (bovin et dromadaire) et végétales (mil, sorgho et riz).

II.1.2. Echantillonnage

L'étude a concerné cinq communes du cercle de Ménaka. Pour inclure un élevage (selon les termes du PASMZAM) l'éleveur devait a) être reconnu comme sélectionneur de la race zébu Azawak, et b) avoir un troupeau résidant dans la zone d'étude. Au total 1129 bovins dont 67 % de femelles ont été concernés par l'étude.

II. 2. Elevages bovins

La race zébu Azawak est disséminée aujourd'hui dans une grande partie du pays. Cette race utilisée comme mixte (viande, lait et traction animale). Du point de vue laitier, le zébu Azawak tient une place de choix et est considéré à juste titre comme la «Jerseyaise» de l'Afrique occidentale (Seydou, 1981). Selon Boly et al. (2000), elle produit en moyenne 5 litres par jour au Burkina Faso. Par ailleurs, au Niger, le rendement à l'abattage du zébu Azawak a été de 50 à 60% du poids vif et peu précoce (Oumarou, 2004). Ces zébus sont souvent utilisés pour le labour et le transport dans les zones centre et surtout sud du pays du Burkina Faso. Dans ce cas ils sont castrés entre 18 et 24 mois puis introduits au travail à l'âge de 2 à 3 ans (Nianogo et al., 1996).

Les vaches allaitantes et leurs veaux sont gardés à la ferme et conduits par de jeunes bouviers. Les veaux et velles sont attachés la nuit pour les empêcher de téter leur mère pour les besoins de la traite. Le surplus de lait produit par les vaches en lactation qui ne font pas la transhumance (20 %) est autoconsommé ou vendu pour les besoins de trésorerie. Les veaux sont mis au pâturage lorsqu'ils atteignent l'âge de trois à quatre mois. En saison sèche, les troupeaux broutent les résidus de récoltes. Ces zones constituent l'essentiel du territoire pastoral. Les résidus de récoltes constituent une source de biomasse non négligeable pour les bovins. Les pratiques locales admettent qu'après les récoltes l'espace champêtre soit ouvert à la pâture. La vente des résidus et des tas de bourgou aux éleveurs procure des revenus aux producteurs. Après épuisement des résidus, ils sont menés dans les bourgoutières. En saison des pluies, les animaux sont dans les pâturages des zones exondées avec un minimum de main-d'œuvre. Le pouvoir traditionnel est l'interlocuteur principal et incontournable dans les actions de décisions et des règles foncières qui en découlent.

II.2. 1. Suivi des élevages bovins

Dès l'installation du projet, chaque animal était bouclé et accompagné d'une fiche individuelle de suivi sur la période 2001–2010. Des informations d'identification relatives à chaque animal (numéro, date de naissance, sexe, rang de mise bas et site) ont été collectées lors d'une visite. Les pesées étaient réalisées tôt le matin avant le départ des animaux au pâturage. Lors des pesées, les animaux traversaient d'abord le

couloir de contention du parc de vaccination sur une bascule pèse-bétail d'une capacité de 1500 kg et d'une précision de 1,5 kg.

II.2.2. Méthode

Une bascule mobile d'une portée maximale de 300 kg avec une précision de 500 g a été affectée aux jeunes. Deux toises graduées en centimètres et des rubans métriques (de 1,5 m et 3 m) ont servi pour les mensurations des animaux (périmètre thoracique, hauteur au garrot et longueur scapulo-ischiale de la pointe de l'épaule à la pointe du bassin). Le périmètre thoracique et la hauteur au garrot (distance verticale entre le sol et le sommet du garrot, immédiatement en arrière de la bosse) ont été retenus pour établir la barymétrie.

II.3. Analyses statistiques

Le modèle de prédiction du poids (statistique descriptive, équation de régression) a été estimé en utilisant le logiciel R (version 3.0.1) (Coghlan, 2011). Les effets du sexe et de l'âge ont été étudiés au départ d'une analyse de la variance (Anova). La modélisation de la courbe de croissance des bovins a été réalisée selon SAS (Statistical Analysis System, 2001) à des âges type d'après l'équation de Gompertz (France et al., 1996 ; Martin, 1967) : $Y = \alpha \times \exp(-\beta \times \exp[-\gamma \times t])$ où Y est le poids des animaux (en kg), α le poids asymptotique (en kg), β la constante d'intégration, γ le paramètre de vitesse de croissance (facteur de maturation) et t l'âge (en mois). L'âge à l'inflexion (t) correspond à la période où la croissance est maximale et est calculé par la formule $t = (1/\gamma) \times \ln|\beta|$ où γ correspond au poids à l'âge t (Porter 2010). Ces paramètres ont été estimés par la procédure de la régression non linéaire selon la méthode Marquardt (Proc nln, SAS, 2001). L'équation de prédiction du poids a été déterminée à partir des différents paramètres morphologiques mesurés en appliquant la procédure statistique Stepwise (Linear regression, *proc reg, option stepwise*).

III. Résultats

III.1. Caractérisation des exploitations et des troupeaux

Parmi les éleveurs enquêtés 83 % pratiquaient l'élevage comme activité unique, et 17 % combinaient l'élevage et l'agriculture de subsistance. L'effectif moyen de bovins a été de 12 ± 6 têtes (médiane 16 ; min-max 3-31). L'âge moyen des taureaux a été de 4 ans et 2 mois ± 1 an et 5 mois, alors que chez les vaches il a été de 6 ans et 7 mois ± 1 an et 6 mois. Les adultes de plus de trois ans d'âge représentaient 46 % de l'effectif, dont 39 % étaient des vaches laitières en production et 7 % des taureaux. A partir de six ans les mâles représentaient 1 % de l'effectif et les femelles 26 %.

III.2. Performances

III.2.1. Croissance

La figure 17 présente les courbes de croissance par sexe. A 12 mois (veau/velle), les poids moyens des mâles et des femelles ont été respectivement de 118 ± 25 kg et 113 ± 36 kg. A 2 ans et 8 mois (taurillons), et 3 ans et 4 mois (génisses) ces valeurs ont été respectivement de 274 ± 57 kg et 242 ± 52 kg. A ce stade le gain moyen quotidien a été de 245 ± 77 g pour les mâles et de 214 ± 83 g pour les femelles. La croissance observée chez les jeunes entre 3 et 9 mois a été respectivement pour les mâles et les femelles de 219 ± 42 g/j et de 199 ± 53 g/j. La courbe de croissance a été différente selon le sexe ($p < 0,01$). Les paramètres relatifs à la courbe de croissance de Gompertz diffèrent entre les sexes (Dibanzilua et al., 1995). Le poids asymptotique (α) ainsi que la constante d'intégration (β) des mâles ont été supérieurs à ceux des femelles, respectivement de 438 contre 363, et de 2,4 contre 2,3. Les paramètres de la courbe de croissance estimés par l'équation de Gompertz sont :

Équation mâle

$$Y = 437,8e^{-2,36e^{(-0,0442 t)}}$$

Équation femelle

$$Y = 363,4e^{-2,34e^{(-0,0508 t)}}$$

III.2.2. Reproduction

L'âge moyen au premier vêlage, déterminé chez 363 primipares, a été de 50 ± 11 mois (médiane 48). Il a été entre 33 et 40 mois chez 14 % des animaux (Table 10). L'âge minimum au premier vêlage signifie une saillie fécondante à 20 mois. L'intervalle moyen entre vêlages a été de 16 ± 5 mois avec des extrêmes allant de 10 à 31 mois et une médiane de 15 mois. L'intervalle entre vêlages (IVV) a varié d'un an à un an et demi chez 53 % des vaches.

III.2.3. Equation de régression du poids

Le périmètre thoracique a été retenu pour la détermination de formules baryométriques en raison de sa corrélation plus élevée avec le poids ($r = 0,95$) par rapport à la hauteur au garrot. Chez les mâles et les femelles, le poids prédit avec la régression polynomiale de y sur x à deux degrés était très proche du poids observé (Table 11). Le coefficient de détermination du modèle de régression du poids des taureaux a été de 84 %.

IV. Discussion

IV.1. Performance de reproduction et de croissance

La distribution globale des paramètres étudiés présentée aux figures 18 et 19 indique que plus de la moitié des bovins avaient un intervalle entre vêlages compris entre 12 et 18 mois. L'âge au premier vêlage et l'IVV calculés ont été largement plus élevés que ceux observés chez le bovin zébu Azawak dans son berceau au Niger ($33,6 \pm 1,0$ mois et $11,9 \pm 2,2$ mois ; Achard et Chanono, 2006) mais en deçà par exemple de la race Boran en Ethiopie ($57,6 \pm 2,4$ mois et $20,7 \pm 0,5$ mois ; Denbarga et al., 2012). Habib et al. (2010), et Kibwana et al. (2012) suggèrent que des différences d'âge au premier vêlage et d'IVV sont d'ordres physiologique, sanitaire ou relative à la conduite de la mise à la reproduction. L'IVV (487 ± 133 jours) a été plus long que celui obtenu chez le zébu Gobra au Sénégal ($473,2 \pm 7,8$ jours; Denis, 1971) et chez le zébu Azawak au Niger (432 jours ; Achard et Chanono, 2006). Cette différence pourrait être liée à la mesure pratiquée sur un troupeau en station où les conditions d'élevage sont meilleures que celles en milieu paysan (Boujenane et Aissa, 2008 ; Denbarga et al., 2012). Quant au gain moyen quotidien, les valeurs observées ont été élevées en comparaison avec celles obtenues par Youssao et al. (2000) chez la race Borgou au Bénin qui étaient de 224 g et 201,7 g respectivement pour les mâles et les femelles de 3–6 mois. Ce résultat reste inférieur au gain moyen de poids de 500 g observé chez le zébu Azawak à la station de Toukounous au Niger (Achard et Chanono, 1995) et de 306 g chez le zébu Goudali au Burkina Faso (Marichatou et al., 2005). Le pourcentage de femelles âgées de six ans et plus (26 % de l'effectif des vaches) indique un regain d'intérêt des éleveurs pour cette race; au Niger seulement 6 % de l'effectif avait au moins douze ans (Achard et Chanono, 1995). Après la sécheresse des années 1980–1985 la race Azawak était en voie de disparition dans cette zone du Mali mais en la sélectionnant sur les critères phénotypiques et en évitant son croisement avec d'autres races qui transhument dans la zone elle a commencé à s'imposer. L'équation de Gompertz utilisée dans cette étude a montré un âge d'inflexion de la croissance respectivement à 19 et 17 mois chez les mâles et les femelles. Les femelles du groupe d'analyse ont présenté le poids asymptotique le plus faible (363 kg). Cet âge indique le moment où les animaux atteignent leur croissance maximale (Porter et al., 2010). C'est l'âge idéal où le rapport coût de l'alimentation / croissance est optimal, et où il est conseillé de garder ou de sortir les animaux du lot de testage (Poivey et al., 1980).

IV.2. Choix de formules de prédiction pour la barymétrie

La détermination rapide et facile du poids vif des bovins est souvent nécessaire pour faire face à certaines exigences techniques comme la détermination des besoins d'entretien des animaux et le contrôle de l'appétit à la production de viande (Akouango et al., 2010 ; Symoens et Hounsou-Ve, 1991). La valeur du coefficient de détermination (R^2) obtenue par l'utilisation de la régression multiple reste faible pour les vaches (0,55). Selon Symoens et Hounsou-Ve (1991), les formules linéaires sembleraient être plus adaptées aux jeunes dont le poids vif se situe entre 150 et 250 kg. Au-delà de ces limites, elles tendraient à le sous-estimer. Cela revient à dire que plusieurs facteurs comme l'âge et l'état physiologique de

l'animal interviennent dans l'estimation du poids vif des bovins (Akouango et al., 2010). De toutes les mesures et équations proposées, il apparaît clairement que le périmètre thoracique est le meilleur estimateur du poids (Kashoma et al., 2011; Poivey et al., 1980). Des droites de régression fractionnée, établies pour des intervalles de variation du poids correspondant aux différentes catégories animales (Denis, 1971; Nicholson et Sayers, 1987), permettent de suivre toutes les phases de croissance bovine. Elles sembleraient être pratiques dans les conditions d'élevage extensif notamment du Sahel pour des raisons liées aux déplacements fréquents et à la contention des animaux. Poivey et al. (1980) ont utilisé la liaison de curvilinéarité entre le poids et le tour de poitrine en les comparant avec des droites de régression linéaire et multiple qui tenaient compte de la mesure de la hauteur au garrot. Elles ont montré plus de précision au regard de leur R^2 observé. Dans l'ensemble, l'erreur dans l'estimation du poids par les équations linéaires s'avère plus importante que celle des régressions polynomiales proposées.

V. Conclusion

La modélisation de la croissance par l'équation de Gompertz a permis de choisir des animaux pour le testage. Le périmètre thoracique, paramètre facilement mesurable, a constitué un élément estimant le mieux le poids des animaux. Bien que les animaux aient été conduits dans un environnement non contrôlé (suivi vétérinaire et zootechnique approprié), les résultats de l'évaluation des performances de reproduction relatives à l'âge au premier vêlage et à l'intervalle entre vêlages ont révélé que la race locale zébu Azawak présentait de bonnes aptitudes pour l'amélioration de la productivité d'un élevage. A cet effet, elle constitue un atout considérable pour la valorisation et le développement de l'élevage bovin au Mali. Les différentes formules baryométriques établies en fonction du sexe et de l'âge chez le zébu Azawak fournissent une précision suffisante pour un suivi pondéral plus rapide et fréquent sur un nombre d'animaux plus élevé que par un système de pesage classique. Pour la mise en œuvre d'un programme de sélection basé sur les performances de croissance, il faudra alors choisir les animaux dont l'âge à l'inflexion (croissance maximale) soit de 19 mois pour un poids de 161 kg chez les mâles contre 17 mois pour un poids de 134 kg chez les femelles.

VI. Références

- ACHARD F., CHANONO M. (1995). Un système d'élevage performant bien adapté à l'aridité à Toukounous, dans le sahel Nigérien. *Sécheresse*, 2(6) : 215- 222
- ACHARD F., CHANONO M. (2006). Exemple d'une gestion pastorale réussie au Sahel : la station d'élevage de Toukounous (Niger). *Sécheresse*, 17(1-2) : 76-82
- AKOUANGO F., NGOKAKA F., MONPOUNDA C.P., EMMANUEL K. (2010). Barymetrie formulas and control of growth of breed cattle at Dihessé breeding farm in Congo Brazaville. *Pak. J. Nutr.*, 9(5): 475-480, doi: 10.3923/ pjn.2010.475.480
- BEELER S. (2006). Conflits entre agriculteurs et éleveurs au nord-ouest du Mali, dossier n° 141. IIED, Londres, UK
- BOLY H., SOMÉ S.S., KABRÉ A., SAWADOGO L., LEROY P. (2000). Performances laitières du zébu Azaouack en zone soudano-sahélienne (station de loubila au burkina Faso). *Annales de l'université de Ouagadougou.*, 8: 127-139
- BOUJENANE I., AISSA H. (2008). Reproductive and milk performances of Holstein and Montbeliarde cows in Morocco. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 61(3-4): 191-196, doi: 10.19182/remvt.9988
- COGHLAN A. (2011). A little book of R for Bioinformatics. Release 0.1. Wellcome Trust Sanger Institute, Cambridge, UK
- DENBARGA Y., WOLDEGEBRIEL B., SHEFERAW D. (2012). Reproductive performance of Boran cows at Tates, a cattle breeding center. *Adv. Bio. Res.*, 6(3): 101- 105
- DENIS J.P. (1971). Interval between calvings in Gobra zebu cattle (Senegalese Peulh). *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 24(4): 635-647, doi: 10.19182/ remvt.7725
- DIBANZILUA M.N.M., TANDU S.F., NGOMO L.A., COMPERE R. (1995). Performances pondérales des veaux issus de trois races locales de l'Ituri (Haut-Zaïre). *Tropicultura*, 13(2): 74-78
- DODO K., PANDEY V.S., ILLIASSOU M.S. (2001). Weight estimation from body measurements of the Azawak zebu in Niger. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 54(1): 63-68, doi: 10.19182/remvt.9808
- FRANCE J., DIJKSTRA J., DHANOA M.S. (1996). Growth functions and their application in animal sciences. *Ann. Zootech.*, 45: 165-174, doi: 10.1051/ animres: 19960637
- HABIB M.A., BHUIYAN A.K.F., AMIN M.R. (2010). Reproductive performance of Red Chittagong cattle in a nucleus herd. *Bangladesh J. Anim. Sci.*, 39. www.banglajol.info/index.php/BJAS/article/view/9673/71
- KASHOMA I.P.B., LUZIGA C., WEREMA C.W., SHIRIMA G.A., NDOSSI D. (2011). Predicting body weight of Tanzania shorthorn zebu cattle using heart girth measurements. *Livest. Res. Rural Dev.*, 23: e94
- KIBWANA D.K., MAKUMYAVIRI A.M., HORNICK J.L. (2012). Extensive farming practices and cattle performances of the local breed or crossed with exotic dairy breeds in the Democratic Republic of Congo. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 65(3-4): 67-74, doi: doi.org/10.19182/remvt.10125

- MARICHATOU H., ABDOULAYE S.G., KANWE A.B. (2005). Production laitière de la race Gudhali et croissance des jeunes purs et croisés, en zone périurbaine de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). *Cah. Agric.*, 14(3) : 291-296
- MARTIN P. (1967). Une application des fonctions de Gompertz à l'étude de la fécondité d'une cohorte. *Population*, 22 (6): 1085-1096, www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/pop_0032-4663_1967_num_22_6_11238
- NIANOGO A.J., SANFO R., KONDOMBO S.D., NEYA S.B. (1996). Le point sur les ressources génétiques en matière d'élevage au Burkina Faso. *Animal Genetic Resources Information*, 17: 11-28
- NICHOLSON M.J., SAYERS A.R. (1987). Relationships between body weight, condition score and heart girth changes in Boran cattle. *Trop. Anim. Health Prod.*, 19: 115-120, doi: 10.1007/BF02297329
- OUMAROU A. (2004). Production laitière et croissance du zébu Azawak en milieu réel: suivi et évaluation technique à mis parcours du projet d'appui à l'élevage des bovins de races Azawak en zone agropastorale au Niger. Thèse de médecine vétérinaire: Dakar (n° 2). Pp82.
- POIVEY J.P., LANDAIS E., SEITZ J.L. (1980). Use of body measurements to estimate liveweight in local taurine breeds of Ivory Coast. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 33(3): 311-317, doi: doi.org/10.19182/remvt.8217
- PORTER T., KEBREAD E., DARMANI K.H., LOPEZ S., STRATHE A.B., FRANCE J. (2010). Flexible alternatives to the Gompertz equation for describing growth with age in turkey hens. *Poult. Sci.*, 89(2): 371-378, doi: 10.3382/ps.2009-00141
- SEYDOU B. (1981). Contribution à l'étude de la production laitière du zébu Azawak au Niger. Thèse de médecine vétérinaire: Dakar (n° 14). Pp124
- SOKOURI D.P., YAPI-GNAORE C.V., N'GUETTA A.S.P., LOUKOU N.E., KOUAO B.J., TOURE G., KOUASSI A., SANGARE A. (2010). Performances de reproduction des races bovines locales de Côte d'Ivoire. *J. Appl. Biosci.*, 36: 2353- 2359
- SYMOENS C., HOUNSOU-VE G. (1991). Barymetric data in Borgou cattle breed in Northeast Benin. *Rev. Elev. Med. vet. Pays trop.*, 44(4): 487-490, doi: 10.19182/remvt.9158
- TURNER M.D., MCPEAK J.G., AYANTUNDE A. (2014). The role of livestock mobility in the livelihood strategies of rural peoples in semi-arid West Africa. *Hum. Ecol.*, 42(2): 231-247, doi: 10.1007/s10745-013-9636-2
- YOUSSAO A.K.I., AHISSOU A., TOURE Z., LEROY P.L. (2000). Productivity of the Borgu breed at the Okpara breeding farm in Benin. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 53(1): 67-74, doi: 10.19182/remvt.9766

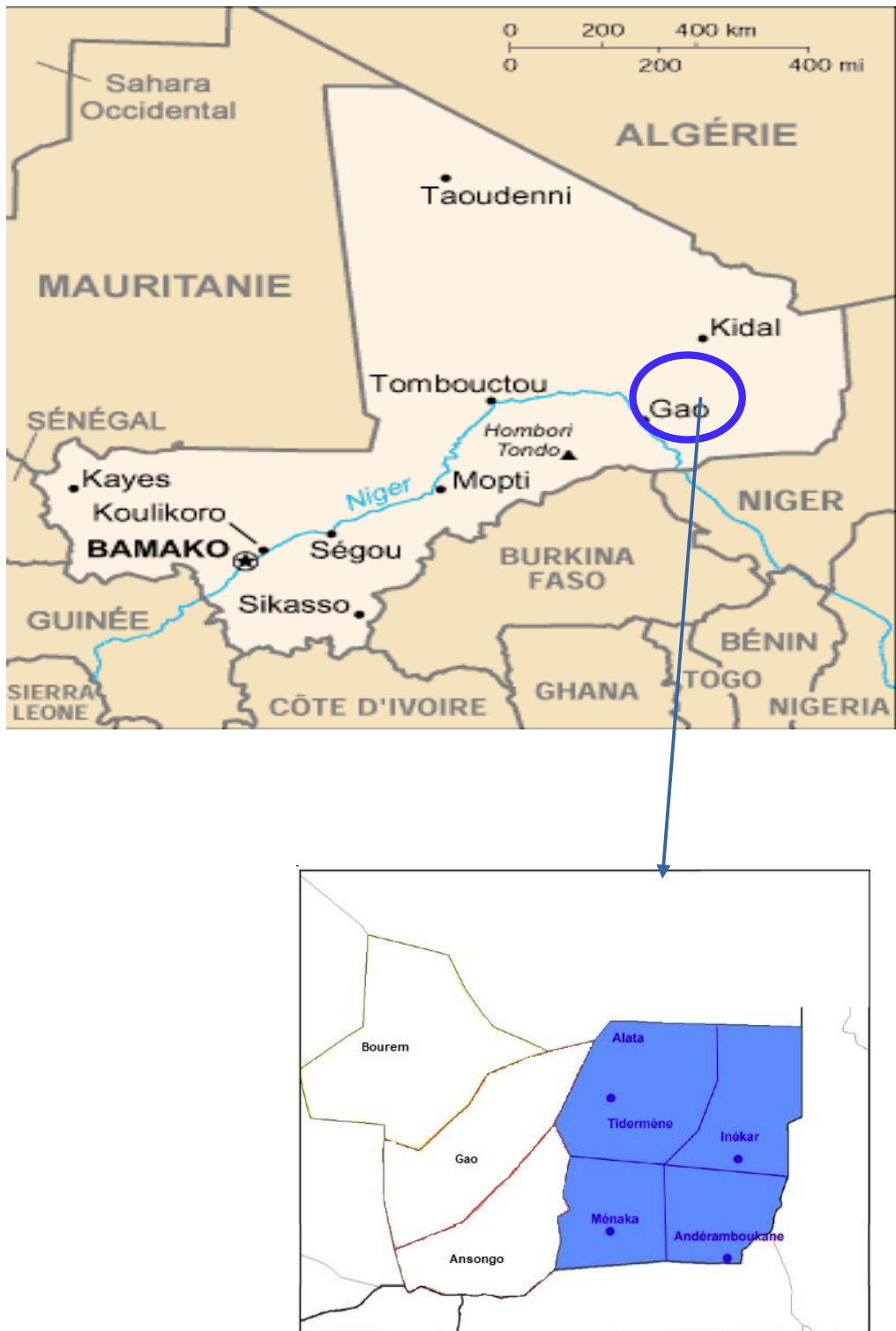


Figure 16. Carte de la zone d'étude (source : Google image)

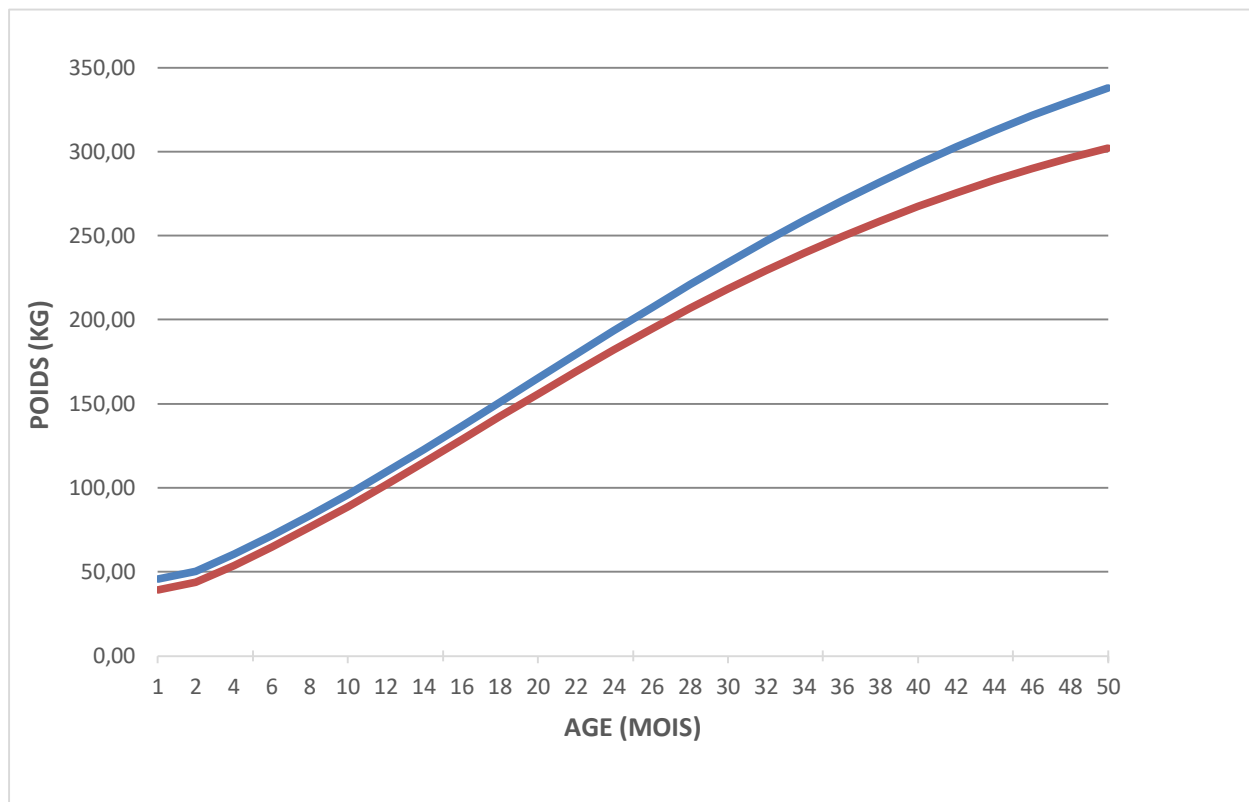


Figure 17. Courbe de croissance de la race Zébu Azawak estimée par l'équation de Gompertz dans les conditions d'élevage extensif (Ménaka)

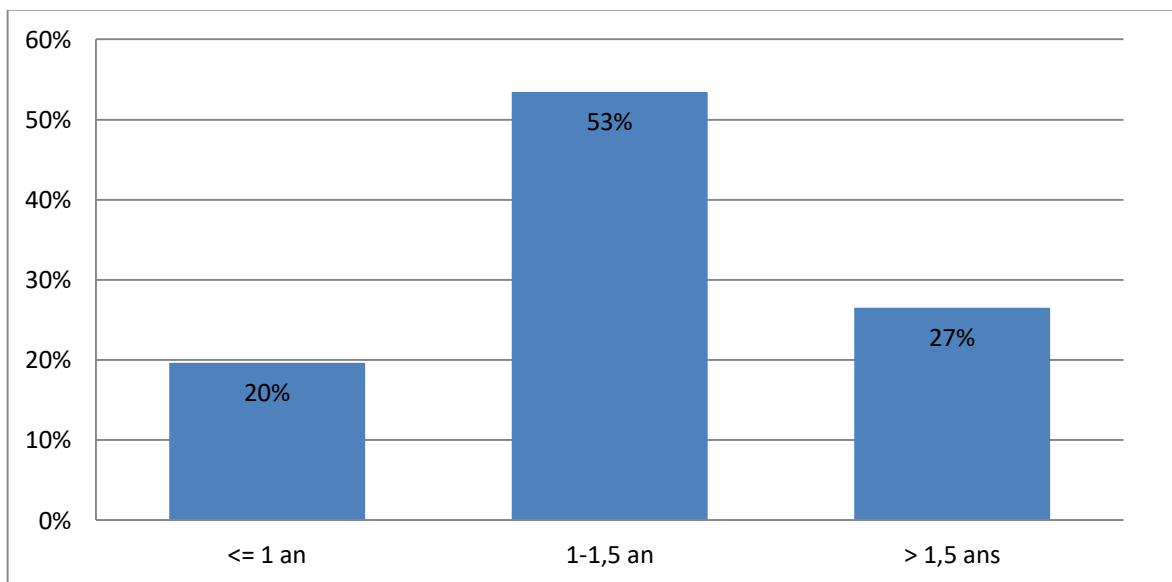


Figure 18. Distribution de fréquences des intervalles entre vêlages chez le zébu Azawak à Ménaka par tranches d'âges

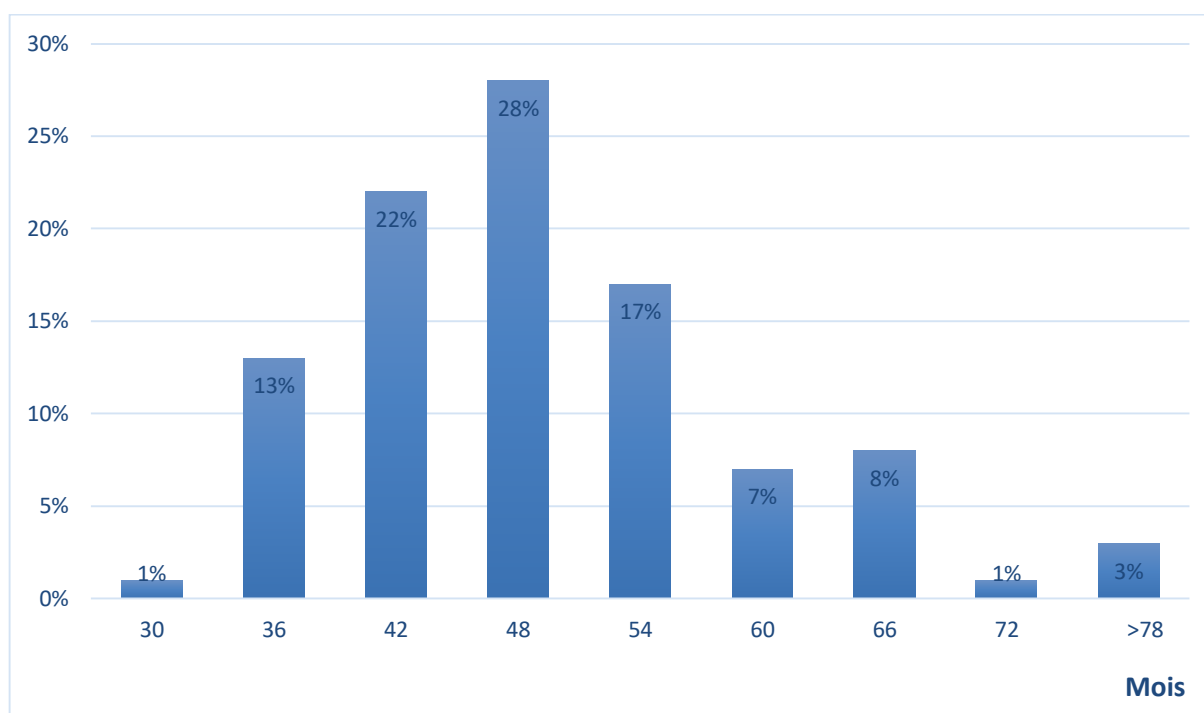


Figure 19. Distribution de fréquences des âges à la première mise bas chez le zébu Azawak dans le cercle de Ménaka (en mois)

Table 10. Age moyen au premier vêlage et intervalle entre vêlages des bovins zébus Azawak (Menaka)

	Age au premier vêlage (mois)	Intervalle entre vêlages (mois)
Moyenne	50,1	16,2
N	363	164
Ecart type	11,2	4,5
Médiane	47,9	15,4
Minimum	33,1	12,2
Maximum	94,2	18,2

N : nombre de vaches suivies

Table 11. Equations de régression par catégories d'âge

<i>Catégorie</i>				
<i>d'animaux</i>	<i>Age</i>	<i>Equation de regression</i>	<i>R²</i>	<i>Sy</i>
Veaux et				
velles	1 – 360 jours	$Y = 0,3X^2 - 2,6X + 93,8$	94	12,32
N = 296				
Taurillons et				
génisses	1 – 3 ans	$Y = 0,02X^2 - 1,9X + 101,3$	78	18,22
		$Y = 2,7X - 174,0$	57	24,7
N = 279				
Vache				
N = 379	Plus de trois	$Y = 0,04X^2 - 8,2X - 640,5$	55	35,45
Taureau	(3) ans	$Y = 0,04X^2 - 5,7X + 309,5$	84	44,81
N = 175				

Y= poids estimé (Kg) ; X= périmètre thoracique (cm)

R²= coefficient de détermination ; Sy= écart – type résiduel (Kg)

N : effectif

Chapitre VI : Discussion générale, Conclusion Générale et Perspectives de recherche

Après la présentation des études expérimentales dans les chapitres II, III, IV et V, une discussion générale de résultats obtenus fera l'objet d'une présentation dans la section VI. Cette section donne un aperçu des principales conclusions de cette recherche, ses implications pratiques et les limites de cette étude.

Discussion générale

I. Itinéraire technique

A l'issue de cette série d'études visant à mieux comprendre le fonctionnement des exploitations bovines maliennes, certaines tendances ont pu être dégagées. Dans la zone périurbaine de Bamako, on rencontre diverses situations qui traduisent le caractère individuel de la gestion de l'élevage. La participation limitée et irrégulière des producteurs à l'enregistrement des généalogies et des performances constitue un défi majeur pour la mise en place d'une amélioration génétique bovine. La première étude a mis en évidence la grande diversité des types de production de lait et a révélé l'existence d'une diversité d'éleveurs associée à la race élevée, aux infrastructures d'élevages et aux types d'intrants. Ainsi, dans les différents groupes identifiés, les croisements ne suivaient pas un schéma précis. Le savoir-faire des éleveurs et les disponibilités en capitaux semblent être des prérequis indispensables gouvernant l'orientation des objectifs d'élevage et donc le choix des schémas de croisement. La taille relativement petite des troupeaux dans la première étude, indiquerait que l'élevage bovin traditionnel implique davantage les petits exploitants et permet d'avancer que les politiques visant la conservation des races concernées par ce système devraient associer et soutenir ces acteurs.

Toutefois, cette première étude a soulevé le problème de la difficulté d'accès aux intrants liée à leurs coûts, et des infrastructures inadaptées au système périurbain. Ainsi, l'analyse de la rentabilité de la production laitière des fermes étudiées constitue une des limites à notre étude. Au sein de ces exploitations ainsi caractérisées, une analyse des performances de production et de reproduction a été réalisée dans la deuxième étude. Elle a concerné les éleveurs disposant d'un registre pour la collecte de données. La motivation principale de l'élevage d'après les résultats de cette étude est l'amélioration des moyens de subsistance de la famille à travers l'amélioration des conditions d'élevage et par infime la vente du lait ou d'animaux sur pieds. Ces objectifs ont conduit les éleveurs vers l'introduction de races étrangères. Pour comprendre les préférences des éleveurs, une troisième étude a été nécessaire afin de caractériser plus finement d'autres indicateurs de prise de décision qui pourraient avoir une influence sur l'adoption du zébu Azawak dans un système d'élevage périurbain.

La troisième étude a porté sur les préférences des éleveurs et leurs dispositions à payer pour différentes qualités d'une vache reproductrice, revenant à approfondir la compréhension de ces préférences sous l'influence du marché de consommation. Cette étude a révélé une vision multiple des éleveurs liée aux avantages comparatifs du zébu Azawak.

Une quatrième étude a été réalisée pour déterminer dans quelle mesure ces avantages comparatifs peuvent être valorisés. Elle consistait à comparer les performances de la race zébu Azawak « connue pour sa bonne production de viande et de lait » par rapport aux autres races locales. Le recours à cette race pour les

éleveurs laitiers traditionnels pourrait être envisagé. Nos résultats ont montré que 20% de notre échantillon de race zébu Azawak au nord du Mali avait présenté un intervalle entre vêlage d'un an et une production journalière moyenne de $3,17 \pm 1,31$ litres, contre $3,05 \pm 1,32$ pour les races locales, zébus Maure et Peul. La crise sécuritaire de 2012 dans la zone de notre étude a été un frein à l'approfondissement de nos recherches concernant le système d'élevage sahélien, qui devrait aboutir à la mise en place d'un centre de testage des bovins. Ce conflit a mis fin à la collecte des données sur la race zébu Azawak.

Ainsi, cette représentation simplifiée du fonctionnement des systèmes d'élevage va au-delà de la seule connaissance du cheptel bovin. Un protocole de collecte des informations et un suivi d'élevage ont été nécessaires pour parvenir à ces résultats. Pour Roeleveld et Van Den Broek (1999), ces deux volets sont complémentaires mais privilégier l'un par rapport à l'autre est nécessaire lorsque les moyens matériels ne suffisent pas à les assumer pleinement.

II. Analyse des ressources zoogénétiques bovines

Nos résultats ont montré que les pratiques adoptées par les éleveurs, notamment en matière de croisement, d'alimentation du cheptel, d'hygiène des bâtiments et de la traite, ne correspondent pas aux exigences de races laitières spécialisées. Les performances de production et de reproduction obtenues sont variables selon les zones (sahélienne ou périurbaine de Bamako). Ces résultats indiquent que la gestion des ressources génétiques est la résultante de facteurs liés au sol (environnement ou le logement), à l'animal (caractéristiques biologiques ou état physiologique) et à l'homme (connaissance, savoir-faire ou pratiques utilisées).

II.1 Influence du type de croisement et de la race sur la production laitière

Les stations zootechniques ont conduit des améliorations génétiques par l'introduction de races exotiques plus productives. De 1966 à 1989, les chercheurs du Centre de Recherches Zootechniques au Mali ont réalisé des programmes de croisement des races zébu Maure et zébu Peul avec des races exotiques (Montbéliarde, Rouge des steppes, Jersiaise, Holstein) (Tamboura et al., 1982). Ces recherches ont contribué à la diffusion en milieu périurbain de bovins croisés chez les fermiers progressistes (agropasteurs). Les croisées Holstein et Montbéliardes ont enregistré respectivement des productions journalières moyennes de 5,1 litres et 4,7 litres. L'effet des croisements sur la production du lait a été rapporté dans de nombreux travaux (Boujenane et Aïssa, 2008; Gbangboche et Alkoiret, 2011).

Nos résultats ont montré une meilleure production laitière pour les croisées Holstein. Toutefois cette production est faible par rapport à celle rapportée par d'autres auteurs dans d'autres systèmes de production (Keïta, 2005; N'Goran et al., 2015). Ce faible niveau de production constaté chez les agropasteurs utilisant des bovins croisés serait lié à des problèmes techniques et politiques qui maintiennent l'élevage dans une situation peu dynamique. Cependant, au niveau national, la politique d'insémination artificielle (IA) utilisant la semence des races étrangères a permis d'augmenter de manière

significative le niveau de production laitière du cheptel malgré les conditions défavorables du milieu (Kassa et al., 2016; Gbodjo et al., 2013).

Les éleveurs enquêtés du groupe appartenant à la catégorie « Agropasteurs » recouraient à la monte (60%) ou à l'insémination artificielle (30%) et 10% préféraient le service d'un taureau métis dont les ascendants sont connus. Le taux d'éleveurs pratiquant l'IA au sein du milieu périurbain (17%) est toutefois largement inférieur à celui de 27,7% rapporté au Zimbabwe par Matondi et al. (2014). Selon les éleveurs, l'IA a tendance à favoriser la naissance des veaux mâles et un accouplement naturel a plus de chances de donner naissance à un veau femelle. Ce constat a été rapporté aussi par Berry et Cromie (2006). Cependant, la raison pour laquelle l'accouplement naturel a été rapporté donner plus de descendants femelles que de mâles par rapport à l'IA n'est pas clairement connue (Bekele, 2005). Les semences animales introduites récemment pour l'amélioration de la productivité de l'élevage ont été subventionnées. Le coût réel moyen d'une insémination artificielle (IA) s'élève à 36393 Fcfa soit (environ 56 Euros), alors que le prix moyen payé par l'éleveur est de 27597 Fcfa (environ 42 Euros) soit une subvention de l'ordre de 24 % (Ouattara et al., 2001). Malgré cette dernière, les éleveurs préfèrent le service d'un taureau croisé pour la reproduction que le recours à cette biotechnologie. Cela pourrait avoir entraîné une utilisation anarchique du croisement sans fixation de niveau de consanguinité. Trois projets successifs financés par la coopération française se sont succédés entre 1989 et 1999 dans le domaine de l'appui à la filière lait périurbaine. L'objectif de leur action était de diffuser au maximum la génétique « exotique ».

Le niveau d'intégration des gènes des races laitières exotiques est peu connu dans la population bovine chez les éleveurs agropastoraux et le groupe d'élevage mixte (orienté vers la vente de lait et d'animaux sur pieds). Vraisemblablement, ce degré d'intégration est plus élevé que ne le laisse penser l'analyse des phénotypes déclarés.

Les enquêtes ont permis de mettre en évidence un effectif plus important de femelles que de taureaux, leurs proportions respectives étant de 39% et 4%. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par Zampaligré et al. (2019) qui ont obtenus une proportion moyenne des reproductrices de 40%, indiquant la spécialisation des troupeaux dans la production laitière. Dans les groupes adoptant le système pastoral périurbain, la rentabilité de l'élevage est en rapport avec le nombre numérique de vaches reproductrices et de génisses. Plus il y a de vaches reproductrices, plus il y a de lait et de veaux dont la commercialisation génère des revenus pour le ménage. Dans ce système, l'élevage est particulièrement orienté vers la recherche de la sécurisation du troupeau, la satisfaction des besoins alimentaires et monétaires courants. Il est fragilisé davantage par l'urbanisation progressive liée à une forte croissance démographique dans la zone périurbaine de Bamako. En revanche, dans le contexte d'élevage au nord du Mali, il peut être considéré comme une forme d'adaptation à ces environnements et de valorisation des complémentarités écologiques entre zones sahéliennes et régions du sud (Kamouanga et al., 2008).

L'élevage extensif, largement répandu au Mali, n'est pas en mesure de procurer le lait nécessaire à l'ensemble des populations concernées. L'offre génétique doit être adaptée à chaque système. Les

performances de production laitière diffèrent selon la race. Les vaches de races locales ont produit respectivement 602 litres de lait en moyenne par lactation au Burkina Faso (Sib et al., 2017) contre 681 et 636 respectivement pour le zébu Peul et le zébu Azawak dans la périphérie de Bamako.

L'alimentation est un élément incontournable du rendement de l'exploitation animale (Ondarza et Tricarico, 2017; Nalubwama et al., 2016). La faible production laitière obtenue par les vaches locales témoigne, certes, de leur faible potentiel génétique laitier (Bebe et al., 2003; Mwenya, 2006). Toutefois, Kibwana et al. (2012) a montré un effet positif de la supplémentation fourragère, selon le type génétique, sur la production de lait et sa durée. Les durées de lactation obtenues ont été de 235 ± 88 jours pour les croisées Holstein contre 192 ± 87 et 221 ± 79 jours pour les zébus Azawak et Peul respectivement. Ce résultat est inférieur à celui obtenu par les croisées Holstein en Ethiopie (338 ± 6) jours. Il corrobore celui rapporté par Djoko et al. (2003) sur les bovins Holstein x zébu Goudali (260 ± 20 jours) au Cameroun. L'éleveur gère sa réserve fourragère en fonction des difficultés de trésorerie. Ces conditions, issues d'une tradition d'élevage allaitant, font que les vaches n'extériorisent pleinement leur potentiel que lors des rares moments d'abondance alimentaire, c'est-à-dire la période allant de juin à octobre. Notre étude s'est déroulée sur des périodes isolées de l'année. Il aurait été intéressant de réaliser un échantillonnage étalé sur plusieurs années afin d'obtenir des enregistrements technico-économiques sur les effets des saisons sur les pratiques d'élevage.

Quant à la zone sahéenne dans le nord du Mali, la rébellion de 2012 n'a pas permis de tirer des conclusions probantes sur la production laitière en lien avec les conditions d'élevage.

II. 2. Influence de la race sur les paramètres de reproduction (l'âge au vêlage et l'intervalle entre vêlage)

Le fait que le nombre de veaux produits par vache soit d'une extrême importance sur le plan de la productivité du troupeau (Denis, 1971) est totalement en accord avec la vision de l'éleveur traditionnel extensif dans le nord du Mali ainsi que dans la périphérie de Bamako. L'âge au premier vêlage, l'intervalle entre vêlage et le nombre de services par mise bas font partie des principaux indicateurs à prendre en considération pour évaluer les performances de reproduction (Wathes et al., 2014; Nuraddis et al., 2011). La distribution des âges au premier vêlage dans les élevages du Nord Mali ne suit pas une distribution normale. Elle présente une asymétrie droite, indiquant l'existence d'une forte proportion de génisses présentant un âge au premier vêlage anormalement élevé. Les résultats ont indiqué que les bovins Azawak sont tardifs pour leur premier vêlage comme les autres bovins tropicaux *Bos indicus* (Tellah et al., 2015; Sokouri et al., 2010). Ce retard est vraisemblablement dû à la sous-alimentation. En raison de la faible quantité et qualité des fourrages (Nantouné et al., 2018), des carences nutritionnelles et de mode de conduite peuvent ainsi affecter la croissance des vaches. Ces résultats sont aussi constatés d'après nos résultats sur l'étude du système sahéen. Les facteurs physiques du système extensif de ces régions caractérisées par une rareté de pâturage ont une influence sur l'âge au premier vêlage tel que constaté chez les zébus Kouri au Tchad et au Sénégal (Tellah et al., 2015 ; Kouamo et al., 2018). Il faut aussi

remarquer qu'au-delà du déficit alimentaire, l'ensemble de nos études indique une association de l'élevage des bovins avec d'autres espèces animales notamment les petits ruminants. Ce fait pourrait diminuer l'attention de l'éleveur sur le troupeau bovin et aurait comme conséquence une conduite inadaptée à l'élevage des bovins croisés et donc un faible niveau de reproduction.

L'intervalle entre vêlage est probablement le meilleur indice d'efficacité de la reproduction d'un troupeau de bovins (Mukasa-Mugerwa, 1989). Cet intervalle chez le zébu Azawak est assez long (486 ± 135 jours) contre 433 ± 115 jours pour le zébu Peul en zone périurbain de Bamako. Chez les croisées Holstein et Montbéliardes, ils ont été respectivement de 460 ± 80 jours et 443 ± 97 jours. Cette analyse démontrerait une meilleure fertilité des races locales en comparaison des croisées élevées dans les mêmes conditions. Cependant 20% des vaches zébus Azawak ont présenté un intervalle entre vêlages de 365 jours dans les élevages extensifs du Nord Mali. Cette valeur est en adéquation avec l'objectif d'un veau par vache et par an et permet d'envisager la possibilité d'atteindre de bons résultats économiques en productions laitières bovines (productivité et production laitière). L'intervalle entre les vêlages est un phénomène complexe dont tous les composants méritent une étude approfondie, en particulier la durée de l'involution utérine, l'intervalle vêlage – première saillie, et enfin l'intervalle première saillie – fécondation (Denis, 1971). La présence permanente d'un taureau dans le troupeau traditionnel périurbain et extensif au nord du Mali, est un autre facteur expliquant la bonne fertilité des races locales (Demeter, 2007). Le long intervalle entre vêlage dans les troupeaux des éleveurs agropastoraux, ayant davantage recours à l'insémination artificielle, s'expliquerait par un fréquent retour de chaleur après insémination. Autrement dit, cette technique d'insémination s'est heurtée à des difficultés de conservation des semences. Malgré cela, des efforts sont en cours pour améliorer l'efficacité de cette technique au Mali. Les éleveurs commencent à capitaliser les expériences et restent aujourd'hui demandeurs de l'IA, surtout sur chaleur naturelle (Keïta et al., 2002). L'IA présente des avantages dans la mesure où il est possible de choisir les taureaux qui s'avèrent transmettre des traits génétiques désirables. Le choix de l'IA s'expliquerait sans doute par sa contribution à l'amélioration des performances laitières mais aussi afin d'éviter le coût élevé relatif à l'achat et à l'entretien d'un taureau.

II.3. Usage de la barymétrie sur la croissance des bovins zébu Azawak

La détermination rapide et précise du poids vif des bovins s'est souvent heurtée chez la majorité des éleveurs au problème de l'acquisition d'une bascule et à la difficulté de contention des animaux. Cette donnée devient pourtant de plus en plus importante devant les impératifs techniques modernes de l'élevage. Le zébu Azawak suscite un intérêt croissant dans la périphérie de Bamako aussi bien pour l'embouche bovine que pour la production laitière. Il constitue aussi un patrimoine public à préserver et à exploiter. Le gain quotidien moyen observé chez les jeunes entre 3 et 9 mois a été respectivement, pour les mâles et femelles, de 219 ± 42 g/j et de 199 ± 53 g/j. Entre 32 mois et 40 mois d'âge, ces valeurs ont été de 245 ± 77 g/j pour les mâles contre 214 ± 83 g/j pour les femelles. Ces résultats sont inférieurs à ceux obtenus par Alkoret et al. (2011) chez la race zébu Borgou avec un GQM de $236 \pm 6,1$ g/j. Les valeurs

ont été de 151 ± 35 et de 145 ± 326 pour les âges compris entre 2 à 3 ans chez le zébu Borgou au Bénin (Youssao et al., 2013). Sur la période allant d'un mois à 6 mois, le GQM enregistré chez le zébu Arabe au Tchad a été de 252 ± 53 g/j chez les mâles et 232 ± 51 g/j chez les femelles (Koussou et al., 2017).

Par classe d'âge et par sexe, les modèles de prédiction ont été développés avec des coefficients de détermination de 0,84 chez les mâles adultes et de 0,55 chez les vaches. Les modèles de prédiction obtenus dans la présente étude ont été plus précis chez les mâles adultes que chez les vaches. Par contre, chez les veaux et les taurillons, il n'y a presque pas de différence de prédictibilité entre les équations. De manière générale, dans la présente étude le périmètre thoracique est la meilleure mensuration qui estime le mieux le poids des animaux chez les mâles et les femelles. Ces résultats confirment ceux de nombreux auteurs qui rapportent que le périmètre thoracique est la mensuration qui apporte le plus de précision sur la valeur du poids vif (Dineur et Thys, 1986; Symoens et Houssou-vê, 1991; Youssao et al., 2000). Après le périmètre thoracique, la hauteur au garrot ou la longueur scapulo-ischiale peuvent être utilisés dans le modèle de prédiction. Le coefficient de corrélation d'une régression multiple du poids sur plusieurs mensurations corporelles (périmètre thoracique, la hauteur au garrot, la hauteur au sacrum, la longueur scapulo-ischiale) est supérieur ou égal à celui de la régression simple sur une des variables (Gréma et al., 2018). L'information apportée par deux ou plusieurs variables est en effet plus riche que celle fournie par une seule d'entre elles (Landais, 1996).

L'évolution de la courbe de croissance chez les bovins Azawak a montré que le poids asymptotique des mâles était supérieur à celui des femelles (Alassane et al., 2018). Les équations de Gompertz déterminées sur le zébu Azawak ont montré que les femelles parviennent les premières à leur point d'inflexion de croissance: 134 kg au 17^{ème} mois d'âge, les taurillons atteignant une croissance maximale deux mois après les femelles, à 161 kg. L'âge au point d'inflexion est plus précoce que celui obtenu par Youssao et al. (2013) chez le zébu Borgou, avec des valeurs respectives de 22,9 mois et 23,4 mois pour les mâles et les femelles. Par contre, chez les zébus Girlando, cet âge a été de 9,2 mois pour les mâles et 7,9 mois pour les femelles (Alassane et al., 2018).

L'étude de la courbe de croissance chez les bovins a principalement utilisé des modèles non linéaires associant le poids et l'âge des animaux. Pour ce faire, diverses fonctions peuvent être utilisées telles que celles de Richards, de Gompertz, ou la fonction logistique (Bahashwan, 2015).

Le modèle de Gompertz a été retenu au regard de sa simplicité et son degré de précision avec un coefficient de détermination (R^2) élevé pour certains auteurs (Budimulyati et al., 2012 ; Singh et al., 2015). D'autres auteurs tels que Perotto et al. (1992) et Tutkun (2019) ont rapporté le modèle de Richards comme étant le plus approprié en raison de sa capacité à prédire avec précision le poids bovin à maturité.

Ainsi, parmi les mensurations effectuées, il apparaît opportun de garder la mesure du périmètre thoracique qui nécessite un ruban métrique. La forte corrélation entre le poids vif et le périmètre thoracique constitue un outil de mesure simple et efficace dans le choix des animaux pour le suivi de la croissance (Adanléhoussi et al., 2003; Touré et al., 2017). Les présents résultats soulignent l'importance de tenir

compte du sexe et de l'âge dans la détermination des équations de prédiction de poids vif, comme recommandé par Poivey et al. (1980).

Cette étude est d'un intérêt essentiel pour l'appréciation des performances pondérales du zébu Azawak en divers lieux et pour diverses raisons :

- Une contention simple des animaux et une mesure facile ;
- Une évaluation des animaux les plus lourds aux jeunes âges (1 à 3 ans) d'une population, qui peuvent ensuite entrer dans un programme de sélection ;
- Une diminution des coûts liés à la gestion de l'animal en écartant ceux qui ne présentent pas un grand intérêt pour les évaluations génétiques, comme rapporté par Siddo et al. (2018). Cet auteur a démontré une forte corrélation positive entre le poids des bovins à un an et le poids adulte.

Les résultats obtenus ont montré une performance de croissance faible des bovins Azawaks en comparaison avec ceux rapportés dans la station de Toukounous au Niger, prise comme référence (Chartier et al., 1989; Achard et Chanono, 2005).

Une des limites de cette étude est que les mesures ont été réalisées sur des animaux dans leur berceau à Menaka. Bien que certaines fermes possèdent la race Azawak en élevage en zone périurbaine, cet effectif demeure encore faible.

Comme décrit plus haut, la race Azawak n'a pas à proprement parler de rôle de spécialisation viandeuse dans les exploitations. Celle-ci intervient occasionnellement soit par achat d'animaux de réformes ou d'animaux de faibles poids corporel. Toutefois, on note le développement de l'embouche bovine où les animaux sont alimentés de façon intensive et vendus quand ils atteignent le poids requis par le marché.

II.4. Incidence des résultats de cette étude dans la stratégie d'amélioration bovine

Un point intéressant à soulever dans cette étude est le fait que les acteurs chargés de la promotion et de la diffusion des résultats des biotechnologies et les bénéficiaires ne partagent souvent pas les mêmes opinions concernant l'utilisation des races améliorées. A cela s'ajoute la vision des éleveurs de la zone périurbaine et les propriétaires du troupeau qui sont le plus souvent impliqués dans plusieurs activités, rendant difficile une gestion concertée. En effet, les éleveurs doivent être considérés comme un maillon fort dans le processus de vulgarisation technique et d'identification des animaux, qui est un pré requis à toute politique de développement durable de l'élevage dans la zone et à un suivi plus optimal des acquis de la gestion raisonnée des ressources génétiques animales locales. Ainsi, pour comprendre les prises de décision en matière d'amélioration génétique, il est nécessaire de comprendre les liens existants entre les différents éléments du système d'exploitation, les points de vue et critères de décisions des acteurs impliqués. La caractérisation des pratiques d'élevage, les performances de production et de reproduction des animaux, l'analyse des préférences déclarées et la caractérisation d'une race locale ont été développés dans ce sens. Il apparaît nécessaire de montrer une flexibilité dans la prise en considération des objectifs de production dans les systèmes d'élevage étudiés. Dans les systèmes intensifs, il est parfois possible de caractériser les objectifs d'élevage de façon formelle, permettant de comprendre les logiques de gestion

économique. La question ne se pose pas dans les mêmes termes au sein de systèmes d'élevage traditionnels. Les objectifs des éleveurs en question intègrent plusieurs considérations liées aux prérogatives du ménage. Ces objectifs couvrent la production (lait, viande et traction), l'épargne, le prestige social et d'autres dimensions culturelles faisant partie de l'identité communautaire. L'analyse des préférences déclarées donne un poids à chaque caractère, reflétant ainsi la hiérarchie des préoccupations de l'éleveur dans le souci de l'amélioration génétique de son cheptel. La méthode barymétrique obtenue avec le zébu azawak vise à mettre un outil de mesure simple à disposition des éleveurs pour sélectionner le plus tôt possible le bovin qui répond à leurs attentes. A l'instar de la barymétrie, d'autres éléments de mesures peuvent s'appliquer comme l'équation de Gompertz.

Ces pratiques par les éleveurs de bovins laitiers au Mali indiquent que les races élevées regroupent un ensemble d'animaux de la même espèce présentant des caractéristiques phénotypiques différentes. L'introduction massive de races allochtones, par croisements avec les animaux de races locales doit au préalable donner lieu à l'étude de la mise en place de facteurs techniques et environnementaux par les pouvoirs publics. Malheureusement, jusqu'à ce jour, le gain de production rapide et les facilités obtenues par les croisements à travers les projets et programmes ont prévalu. Un des objectifs de ces projets a été la démonstration des aspects liés à la vitesse de croissance et aux fortes productions laitières des races exotiques en croisement ou élevées en race pure.

Pour des besoins d'amélioration génétique et de conservation ultérieure, les décideurs publics devraient s'appuyer sur la définition de standard de la race par les éleveurs. Une telle définition peut répondre aux besoins de certains éleveurs en suscitant autour de ces races une identité culturelle mais aussi géographique (Kisito, 2017). L'analyse des préférences déclarées des éleveurs qui s'est traduite par l'estimation de compensations pour l'élevage mixte (-33€ avec un intervalle de confiance entre -124 et 58,6 €) a confirmé cette hypothèse. Ces éléments doivent aider à comprendre les stratégies développées par les éleveurs et agir pour la mise en place d'un programme de gestion et de conservation ex situ approprié à chaque système d'élevage dans cette zone. Quelques rares éleveurs ont le souci de la sauvegarde des races locales pour des raisons culturelles. Une attention particulière doit être accordée à la sélection et aux méthodes de conservation au niveau national. En effet, dans l'état actuel des marchés, l'utilisation d'animaux considérés comme race pure locale n'apportera pas nécessairement les résultats escomptés en matière d'effet d'hétérosis si l'animal est en réalité déjà métissé. En outre, le manque de contrôle de la monte en lien avec la divagation des animaux ne garantit pas que les souhaits des éleveurs soient toujours traduits dans les faits. Un contrôle à la fois de la génétique du reproducteur et de la reproduction dans l'élevage permettra des accouplements dirigés plus profitables, avec un meilleur contrôle de la qualité des descendances produites. In fine, à l'échelle macro-économique, les stratégies doivent converger vers un palliatif aux inévitables importations de poudre de lait.

III. Conclusion générale et perspectives de recherche

Dans le souci d'augmenter la productivité de l'élevage bovin au Mali, il serait nécessaire de repenser les mécanismes de gestion du cadre d'élevage sur le terrain. Ceux-ci nous renseignent sur les niveaux techniques de ces élevages. Devant cette situation, caractérisée par la faiblesse des performances des bovins, l'encadrement des éleveurs en vue de l'amélioration du mode de conduite de leurs troupeaux (reproduction, alimentation, prophylaxie, bâtiments d'élevage...) devrait être une initiative prioritaire. La seconde démarche serait de caractériser les différentes races ou populations afin de connaître leurs performances réelles pour chaque caractère économiquement important (reproduction, croissance, engraissement, lait...).

Ainsi, nos travaux de recherche se sont inscrits dans une perspective de développement, afin d'assister les exploitations agricoles dans leurs tentatives d'améliorer leurs résultats techniques et économiques. Les conclusions ainsi obtenues devraient permettre de baliser le chemin vers de premières interventions techniques au niveau des fermes d'élevage bovin au Mali. Nos résultats montrent la très grande diversité des situations d'élevage qui reposent sur le mode de fonctionnement individuel des exploitations selon la taille du troupeau et/ou le volume des intrants. Un deuxième constat est l'absence, chez la très grande majorité des éleveurs, d'une orientation laitière spécialisée. On constate toutefois la forte présence de bovins croisés « local x Holstein ou local x Montbéliard ». Avec un rendement laitier annuel moyen de 1210 Kg, beaucoup de fermes d'élevage n'ont pas tiré pleinement profit du potentiel laitier des races importées. De plus, ces éleveurs affichent une stratégie de production bien plus viandeuse que laitière, ce qui nous mène à nous interroger sur l'intérêt de la race Holstein face à de tels objectifs de production et motive de caractériser d'autres races au Mali, moins laitières que les races étrangères, et avec davantage de caractères de rusticité et de facilités d'engraissement, telle que la race locale zébu Azawak qui afficherait des niveaux de production intéressants en termes de production de lait et de viande.

L'animation d'un cadre institutionnel a un poids notoire sur le secteur de l'élevage bovin. Il prendra davantage d'importance dans les années à venir et sera lié à la mise en œuvre des politiques nationales de développement de l'élevage au Mali. A cet effet, l'Etat doit veiller sur toutes les stratégies dans le sens d'une amélioration de l'élevage par un système de contrôle et de suivi de ses activités.

Par conséquent, les axes d'intervention pour améliorer la situation des éleveurs passent par:

- L'évaluation de l'impact financier généré dans la gestion des races croisées en comparaison avec celle des races locales.

Le choix de races bovines adaptées à la diversité des situations de production doit être mis en exergue. Dans l'étude de la caractérisation de l'élevage périurbain, il a été observé une préférence pour les races améliorées. Les éleveurs qui en disposent mobilisent les moyens financiers pour l'assainissement de l'environnement, l'achat des équipements et l'installation des infrastructures d'élevage. Les prochaines

études devraient donc intégrer cette dimension de prise en charge de races locales afin de mieux apprécier leur efficacité dans la gestion des élevages. La réponse à cette question permettra de déterminer si de meilleurs rendements peuvent être associés aux races locales dans une gestion empirique. Autrement, la production laitière actuelle obtenue avec des animaux performants (de types croisés Holstein ou Montbéliarde), et ayant un fort besoin en fourrages et concentrés, ne serait-elle pas soutenue par un apport financier dont la rentabilité est à démontrer ?

- La mise en place d'un dispositif de contrôle laitier performant.

Les programmes d'amélioration se basent entre autres sur l'élaboration de bases de données fiables et sur plusieurs descendants. Ainsi, les paramètres génétiques et environnementaux du croisement, notamment les effets maternels et d'hétérosis, peuvent être obtenus. Par la même occasion se pose la question du dimensionnement des projets d'élevage laitier, par rapport aux potentialités offertes par la zone où ils sont implantés.

- Le recadrage des prérogatives de l'état pour la définition d'un cadre institutionnel de l'amélioration génétique

L'Etat est le premier responsable de l'orientation de la politique de l'amélioration génétique. A cet effet, il doit réglementer l'activité d'amélioration génétique en permettant le contrôle de la sélection et l'élaboration d'un Herd Book national.

- L'amélioration des performances des élevages à travers une intégration des cultures fourragères. A ce niveau, un très important effort de vulgarisation du rôle de ces cultures dans la production de lait et même dans la gestion de la fertilité des sols est à entreprendre.

- L'évaluation technico-économique et génétique des contributions des zébus Azawak dans la zone périurbaine pour sa sélection vers une race locale laitière.

Cette approche intervient dans le cadre de la diffusion progressive de la race Azawak dans le système de production bovine périurbaine tout en modifiant sa forme actuelle multifonctionnelle.

La présente étude connaît des limites qui n'ont pas permis d'élucider l'influence de paramètres tels que l'importance des ressources alimentaires sur certains paramètres de reproduction, ou les contraintes budgétaires pour accompagner les éleveurs dans la recherche de mieux-être technique et économique. Des propositions et des études complémentaires ont été suggérées afin de permettre aux différents intervenants en matière d'élevage bovin de développer une meilleure politique visant à augmenter les niveaux de production laitière et viandeuse des bovins.

IV. Références

- ACHARD F. et CHANONO M. (2005). Un système d'élevage performant bien adapté à l'aridité de Toukounous dans le Sahel nigérien. *Sécheresse*, (6) : 215 – 222
- ADANLEHOUSSE A., BASSOWA B., DEFLY A., DJABAKOU K., ADOME F.A.K. et KOUAGOU N'T. (2003). Les performances de la race taurine Somba en milieu paysan. *Tropicicultura*, (21), 3 : 135-141
- ALASSANE Y., AHOUNOU S.G., TOLEBA S.S., ADJAKPA A.A., DOTCHE I.O., HOUAGA I., MOULA N., ANTOINE-MOUSSIAUX N., HORNICK J.L., YOUSSEAO A.K.I. (2018). Zootechnical performance of Girolando cattle at Kpinnou Breeding Farm, South-West of Benin Republic. *J. Adv. Vet. and Anim. Res.*, 5(2) :123-130
- ALKOIRET I.T., YARI H.M., GBANGBOCHÉ A.B., LOKOSSOU R. (2011). Reproductive performance and milk production of Girolando cows in the ranch of Kpinnou, South-West of Benin Republic. *J. Anim. Vet. Adv.*, 10 (19) : 2588-2592
- BAHASHWAN S. ALRAWAS A.S., ALFADLI S. et JOHNSON E.S. (2015). Dhofari cattle growth curve prediction by different non-linear model functions. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 27, Article #236. Retrieved October 25, 2019, from <http://www.lrrd.org/lrrd27/12/baha27236.html>
- BEBE B.O., UDO H.M.J., ROWLAND G.J. et THORPE W. (2003). Smallholder dairy systems in the Kenya highlands: breeds preferences and breeding practices. *Livest. Prod. Sci.*, 82 (2-3) : 117-127
- BEKELE, T. (2005). Calf Sex Ratios in Artificially Inseminated and Natural Mated Female Crossbred Dairy Herd. In: *proceedings of the 13 annual conference the Ethiopian Society of Animal Production. Addis Ababa, Ethiopia*, :225-230
- BERRY D.P. et CROMIE A.R. (2006). Artificial insemination increases the probability of a male calf in dairy and beef cattle. *Theriogenology*, pp: 1-7
- BOUJENANE I. et AISSA H. (2008). Performances de reproduction et de production laitière des vaches de races Holstein et Montbéliarde au Maroc. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 61(3-4) : 191-196
- BUDIMULYATI, L.S., NOOR R.R., SAEFUDDIN A. et TALIB C. (2012). Comparison on accuracy of logistic, gompertz, and von bertalanffy models in predicting growth of new born calf until first mating of Friesian Holstein heifers. *J. Indonesian Trop. Anim. Agric.* 37 :151-160
- CHARTIER P., LAOULY A. et PLANCHNAULT D., 1982. Estimations des différents paramètres génétiques de la croissance pondérale chez le zébu Azawak. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 35(4) : 413-419
- DEMETER R.L. (2007). Utilisation du taureau pour la reproduction en élevage biologique. Lignes directrices pour l'optimisation de la détention, l'élevage et la gestion. Consulté le 12 / 10/2019. Adresse URL : <https://prairiesentete.files.wordpress.com/2015/10/1468-dc3a9tentation-dun-taureau-en-c3a9levage-biologique.pdf>.

DENIS J.P. (1971). L'intervalle entre les vèlages chez le zébu Gobra (Peulh sénégalais). *Rev. Elev. Méd. Vet. Pays trop.*, 24(4) : 635-47

DINEUR B. et THYS E. (1986). Les Kapsiki : race taurine de l'Extrême –Nord Camerounais, Introduction et barymétrie. *Rev. Elev. Méd. Vet. Pays Trop.*, 39(3-4) : 435-442

DJOKO T.D., MBAH D.A., MBANYA J.N., KAMGA P., AWAH N.R. et BOPELET M. (2003). Crossbreeding Cattle for Milk Production in the Tropics: Effects of Genetic and Environmental Factors on the Performance of Improved Genotypes on the Cameroon Western High Plateau. *Rev. Élev. Méd. Vet. Pays trop.*, 56(1-2) : 63-72

GBANGBOCHE A.B. et ALKOIRET T.I. (2011). Reproduction et production de lait des bovins de race Borgou et N'Dama au Bénin. *J. Appl. Biosci.*, 46 : 3185-3194

GBODJO Z.L., SOKOURI D.P., N'GORAN K.E., et SORO B. (2013). Performances de reproduction et production laitière de bovins hybrides élevés dans des fermes du « Projet Laitier Sud » en Côte d'Ivoire. *J. Anim. Plant Sci.*, 19(3) : 2948-2960

GEBREHAWARIAT E., TAMIR B. et TEGEGNE A. (2010). Feed intake and production parameters of lactating crossbred cows fed maize-based diets of stover, silage or quality protein silage. *Trop. Anim. Health Prod.*, 42(8):1705–1710. doi:10.1007/s11250-010-9623-1

GREMA M., KOROMBE H.S. SOUDRE A., TAPSOBA S.A.R., MAAOUIA M.A.M., SANOU M., TRAORE A., ISSA M., MARICHATOU H., ASSANE M., TAMBOURA H. et YENIKOYE A. (2018). Corrélations entre les caractéristiques phénotypiques et détermination d'une formule barymétrique chez le taurin Kouri du Niger. *J. Appl. Biosci.*, 131 : 13319 – 13334

KAMUANGA M.J.B., SOMDA J., SANON Y. et KAGONE H. (2008). *Élevage et marché régional au Sahel et en Afrique de l'Ouest Potentialités et défis*. Rapport d'Etude réalisée dans le cadre du partenariat entre la Commission de la CEDEAO et le Secrétariat du CSAO/OCDE sur l'avenir de l'élevage au Sahel et en Afrique de l'Ouest. Adresse URL : <https://www.oecd.org/fr/csao/publications/40279092>. Consulté le 18 septembre 2019

KASSA S.K., SALIFOU C.F.A., DAYO G.K., AHOUNOU G.S., DOTCHE O.I., ISSIFOU T.M., HOUAGA I., KOUNTINHOIN G.B., MENSAH G.A., YAPI-GNAORE V. et YOUSAO A.K.I. (2016). Production de lait des vaches Bororo blanches et Borgou en élevage traditionnel au Bénin. *Livestock Research for Rural Development. Volume 28, Article #160*. Retrieved October 25, 2019, from <http://www.lrrd.org/lrrd28/9/kass28160.html>

KEÏTA J., DEMBELE M. et COULIBALY M.D. (2002). Evaluation de l'état des ressources génétiques bovines : synthèse des résultats de recherches en matière d'amélioration génétiques dans les capitales régionales au Mali. *Mémoire de fin d'étude*, Institut polytechnique rural de formation et de recherche appliquée, IPR/Ifra, Katibougou, Mali, Pp. 56

KEITA N.S. (2005). *Productivité des bovins croisés laitiers dans le bassin arachidier: Cas des régions de Fatick et Kaolack (Sénégal)*. Thèse de Doctorat en Médecine Vétérinaire, Ecole Inter-Etats des

Sciences et Médecine Vétérinaires de Dakar. Université Cheik Hanta Diop de Dakar, Dakar, Sénégal, Pp. 120

KIBWANA D.K., MAKUMYAVIRI A.M. et HORNICK J.L. (2012). Pratiques d'élevage extensif et performances de bovins de race locale, et croisée avec des races laitières exotiques en République démocratique du Congo. *Rev. Élev. Méd. Vét. Pays. Trop.*, 65(3-4) : 67-74

KOUAMO J., TEITSA C., ZANGUE, FAMBO NONO S.M., et MFOPIT Y.M. (2018). Performances de reproduction et de production laitière des vaches White Fulani et Red Fulani dans les petits élevages traditionnels de la région du nord Cameroun. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.*, 6(3) : 294-299

KOUSSOU M.O., N'DJADODY N.D, KODANE I. et KANGA P.D. (2017). Performances de croissance des veaux zébu arabe à la ferme d'élevage de Mandélie (Tchad). *J. Anim. Plant Sc.*, 33(1) : 5249-5254

LANDAIS E. (1996). Typologie d'exploitations agricoles. Nouvelles pratiques, nouvelles méthodes. *Economie rurale* (236) : 3 - 15

MATONDI G.H.M., NYAMUSHAMBA G.B., MOTSI T.T. et MASAMA E. (2014). Evaluation of smallholder dairy calf rearing systems in Zimbabwe. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 26, Article #44. Retrieved October 15, 2019, from <http://www.lrrd.org/lrrd26/3/mato26044.htm>

MUKASA-MUGERWA E. (1989). A review of reproductive performance of female Bos indicus (zebu) cattle. *ILCA Monograph 6*. ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, Pp.150

MWENYA W.N.M. (2006). The impact of the introduction of exotic cattle in east and Southern Africa. Adress URL: <http://www.cgiar.org/InfoServ/Webpub/Fulldocs/X5485e04.htm>, consulté le 18/09/2019

N'GORAN E.K., SOKOURI D.P., GNAORE V.C.Y. et FANTODJI A.T. (2015). Croisement de la race n'dama avec les races abondance et montbéliarde en zone tropicale humide de Côte d'Ivoire : caractérisation phénotypique et analyse comparative des croisés pour leurs performances laitières en ferme. *Agronomie Africaine* 27 (1) : 15 - 26

NALUBWAMA S., KABI F., VAARST M., SMOLDERS G.M. et KIGGUNDU M. (2016). Cattle management practices and milk production on mixed smallholder organic pineapple farms in Central Uganda. *Trop Anim Health Prod.*, DOI 10.1007/s11250-016-1123-5

NANTOUME H., CISSE S., SOW P.S., SIDIBE S., KOURIBA A., A. OLIVIERA., BONNEVILLE J. et CINQ-MARS D. (2018). Impact de rations comportant des fourrages de *Pterocarpus lucens*, *Pterocarpus erinaceus* et *Ficus gnaphalocarpa* sur l'embouche ovine au Mali. *Tropicultura*, 36 : 673-683

NOUALA F.S., AKIMBAMIJO O.O., BOSSO N.A. et AGYEMANG K. (2003). The comparative performance of N'Dama and N'Dama crossbred cows under two supplementation levels in the Gambia. *Livest. Res. Rural. Dev.*, 15(10). Adress URL: <http://www.lrrd.org/lrrd15/10/noua1510.htm>. Consulté le 21/9/2019

NURADDIS I., ASHEBIR A. et SHIFERAW M. (2011). Assessment of reproductive performance of cross bred dairy cattle (Holstein Friesian X zebu) in Gondar town. *Global Veterinaria* 6 (6) : 561-566

ONDARZA M.B. et TRICARICO M. (2017). REVIEW: advantages and limitations of dairy efficiency measures and the effects of nutrition and feeding management interventions. *Appl. Anim. Sci.*, 33 (4): 393–400. DOI: <https://doi.org/10.15232/pas.2017-01624>

OUATTARA A.S., COULIBALY F. et COULIBALY D. (2001). *Etude de capitalisation de l'information existante sur les filières bétail-viande et lait*. Ministère du Développement Rural. Rapport de la Cellule de Planification et Statistique, Pp. 89

PEROTTO D., CUE R.I. et LEE A.J. (1992). Comparison of nonlinear functions for describing the growth curve of three genotypes of dairy cattle. *Canadian J. Anim. Sci.*, 72 : 773–782

POIVEY J.P., LANDAIS E. et SEITZ J.L. (1980). Utilisation de la barymétrie chez les races taurines locales de Côte d'Ivoire. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 33 : 311–317

ROELVELD A. C. W. et VAN DEN BROEK A. (1999). *Les systèmes d'élevage: orienter la recherche*. Institut Royal des Tropiques, Amsterdam, Pp. 165

SIB O., BOUGOUMA-YAMEOGO V.M.C., BLANCHARD M., GONZALEZ-GARCIA E. et 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

SIDDO S., MOULA N., HAMADOU I., ISSA M., MARICHATOU H., ANTOINE-MOUSSIAUX N., PASCAL LEROY P., MICHAUX C. (2018). La croissance du bovin Azawak au Niger : influence de facteurs de variation non génétiques et estimation des paramètres génétiques. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 22 (2) : 84-93. Adresse URL : <https://www.researchgate.net/publication/327513643>

SINGH S., PAUL A.K., PAUL R.K., BHAR L.M., KUMAR A. et ALAM W. (2015). Study of growth pattern of cattle under different error structures. *Model Assisted Statistics and Application.*, 10, (2) : 109-115

SOKOURI D.P., YAPI-GNAORE C.V., N'GUETTA A.S.P., LOUKOU N.E., KOUAO B.J., TOURE G., KOUASSI A. et SANGARE A. (2010). Performances de reproduction des races bovines locales de Côte d'Ivoire. *J. Appl. Biosc.*, 36 : 2353- 2359

SYMOENS C. et HOUNSOU VE G. (1991). Mesures baryométriques chez le bétail Borgou dans le Nord-Est Bénin. *Rev. Elev. Méd. Vet. Pays Trop.*, 44 :487-490

TADESSE M. et TADELLE D. (2003). Milk production performance of Zebu, Holstein Friesian and their crosses in Ethiopia. *Liv. Res. Rur. Dev.* (15). Article #26. Consulté le 11/10/2019. Adresse URL : <http://www.lrrd.org/lrrd15/3/Tade153.htm>

TAMBOURA T., BIBE B., BABILE R., PETIT J.P. (1982). Résultats expérimentaux sur le croisement entre races locales et races laitières améliorées au Mali. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 35(4) : 401-412

TELLAH M., ZEUH V., MOPATE L.Y., MBAÏNDINGATOLOUM F.M. et BOLY H. (2015). Paramètres de reproduction des vaches Kouri au Lac Tchad. *J. Appl. Biosc.*, 90 :8387– 8396

- TINDANO K. (2017). Étude de la gestion des ressources génétiques ovines et caractérisation de leurs marches en région périurbaine de Ouagadougou, Burkina Faso. Thèse de Doctorat en sciences vétérinaires. Université de Liège, Pp. 141
- TOURE A., ANTOINE-MOUSSIAUX N., KOURIBA A., LEROY P. et MOULA N. (2017). Caractérisation Zootechnique et formule baryométrique de la race Zébu Azawak à Ménaka au Nord du Mali. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 70, (4), 115-120
- TUTKUN M. (2019). Growth curve prediction of holstein-fresian bulls using different non-linear model functions. *Appl. Ecol. Env. Res.* 17 (2) : 4409-4416
- WATHES D.C., POLLOTT G.E., JOHNSON K.F., RICHARDSON H. et COOKE J.S. (2014). Heifer fertility and carry over consequences for life time production in dairy and beef cattle. *Anim.* 8 : 91–104
- YOUSSAO A.K.I, AHISSOU A., IDRISOU N.D., MICHAUX C., TOURE Z., LEROY L.P. (2000a). Facteurs non-génétiques influençant le poids et la croissance de veaux de race Borgou à la Ferme d'élevage de l'Okpara au Bénin. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 53: 285–292
- YOUSSAO A.K.I., AHISSOU A. et TOURÉ Z. (2000). Introduction de la race bovine N'Dama à la Ferme Elevage de l'Okpara au Bénin. Quelques performances zootechniques. *AGRI*, 27 : 17-25
- ZAMPALIGRE N., SAVADOGO I. et SANGARE M. (2019). Analyses des paramètres démographiques et zootechniques du cheptel bovin des élevages péri-urbains laitiers de la ville de Bobo-Dioulasso à l'Ouest du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 13(1) : 441-451

Presses de la Faculté de Médecine vétérinaire de l'Université de Liège

4000 Liège (Belgique)

D/2020/0480/2

ISBN 978-2-87543-150-9



9 782875 431509