



UNIVERSITE DE LIEGE
FACULTE DE MEDECINE VETERINAIRE
DEPARTEMENT DES PRODUCTIONS ANIMALES
SERVICE DE BIOSTATISTIQUE SELECTION ANIMALE ET
ECONOMIE RURALE

**ETUDE DE LA GESTION DES RESSOURCES GENETIQUES OVINES
ET CARACTERISATION DE LEURS MARCHES EN REGION
PERIURBAINE DE OUAGADOUGOU, BURKINA FASO**

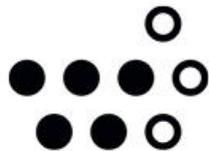


**STUDY OF MANAGEMENT OF SHEEP GENETIC RESOURCES AND
CHARACTERIZATION OF THEIR MARKETS IN THE SUBURBAN
AREA OF OUAGADOUGOU, BURKINA FASO**

Kisito TINDANO

**THESE PRESENTEE EN VUE DE L'OBTENTION DU GRADE DE
DOCTEUR EN SCIENCES VETERINAIRES
ANNEE ACADEMIQUE 2016-2017**

Avec le soutien de Wallonie-Bruxelles International



**Wallonie - Bruxelles
International.be**

Dédicace

*A mon épouse Habibou
et à mes filles Olívia et Auriane,
pour toutes ses longues absences*

Remerciements

Au moment où la rédaction de cette thèse s'achève, je voudrais traduire ma gratitude à tous ceux qui ont contribué à sa réalisation, car sans ces contributions à un moment ou à un autre du parcours, l'histoire aurait été autre. Il me sera difficile de traduire en mots ma reconnaissance et de citer tous ceux qui méritent d'être remerciés. Qu'à cela ne tienne...

Mes remerciements vont particulièrement à mon promoteur, Docteur Nicolas ANTOINE-MOUSSIAUX, qui a toujours eu confiance en moi, parfois plus que je ne me faisais confiance, et ce faisant m'a motivé à aller de l'avant. Cher promoteur, merci grandement.

Ma reconnaissance va aussi à mon co-promoteur, Docteur Amadou TRAORE, qui s'est toujours montré disponible pour me guider tout au long de ce parcours ; merci bien Docteur.

Je remercie chaleureusement le Professeur Pascal LEROY membre du comité de cette thèse, qui par ailleurs m'a accueilli ici et m'a toujours laissé sa porte ouverte. Professeur, vous avez toujours contribué efficacement à trouver des solutions aux difficultés qui n'ont pas manqué tout au long de mes travaux. Vous m'avez marqué par vos qualités humaines et je vous en suis reconnaissant.

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

Je remercie le Docteur Philippe LECOMTE, pour sa contribution, malgré la distance, à l'amélioration de cette thèse en tant que membre du comité de thèse.

Je remercie le président du Collège de Doctorat, le Docteur Benjamin DEWALS et toute son équipe pour la gestion et pour l'autorisation qui m'est offerte de défendre la présente thèse.

Aux Docteurs Anne LAUVIE et Guillaume DUTEURTRE, ainsi qu'aux Professeurs Etienne VERRIER, Christian HANZEN, Johann DETILLEUX, et Philippe LEBAILLY, vous qui avez consacré votre temps à lire et à évaluer ce travail, vous qui vous serez déplacés pour me permettre de le présenter et défendre mes résultats, je vous suis d'avance reconnaissant pour les améliorations que ce travail connaîtra par vos apports.

Une profonde reconnaissance à l'endroit du Professeur André Jules ILBOUDO, qui a été à la base de cette opportunité qui m'a été offerte de faire cette thèse à l'Université de Liège, merci bien Professeur.

Je remercie le Professeur Frédéric FARNIR, pour sa disponibilité pour m'assister dans mon apprentissage des statistiques, ainsi que pour sa courtoisie, merci bien Professeur

Je remercie le Docteur Nassim MOULA, qui a toujours été là, prêt à rendre service, abandonnant parfois ses propres travaux, merci bien Docteur.

Je remercie le Docteur Yamba OUMSAORE pour ces précieux conseils.

Mes remerciements vont à l'ensemble du personnel de l'Ecole Nationale de l'Elevage et de la Santé Animale pour l'accompagnement et les encouragements.

Je remercie l'ensemble du personnel du Département des Productions Animales que je n'ai pas encore cité, en pensant particulièrement à Anne, Eveline et Nadine.

J'ai eu l'opportunité de travailler avec des doctorants de divers pays, je pense notamment à Abdoulaye, Adam, Aouatif, Bakary, Benoit, Duy, Fafa, Francis, Issa, Josiane, Luc, Safia, Seyni, Sinan et Younouss. Pour la collaboration et tous ces moments passés ensemble, je vous dis merci et souhaite du courage et de la réussite à ceux qui sont encore sur le chemin.

Merci à mes frères et amis de tous les jours Alexis, André, Etienne, Lucien, Serge, Théophile pour les conseils, les encouragements et soutiens multiformes.

Je remercie Etienne, Célia et Richard qui m'ont accompagné pour la collecte des données au marché à bétail.

Ma reconnaissance va aussi à ma famille qui a toujours été là et qui a dû supporter toutes ces longues absences.

Merci particulièrement à Wallonie-Bruxelles International. Nul besoin de dire que sans son soutien financier, je n'aurais pas pu faire les travaux de cette thèse.

A celles et ceux dont les noms n'ont pu être cités, trouvez en ces petits mots ma profonde gratitude.

Liste des abréviations

AIC: Akaike Information Criterion

AnGR: Animal Genetic Resources

DNA: deoxyribonucleic acid

FAO: Food and Agriculture Organisation

FARAH: Fundamental and Applied Research for Animals & Health

FCFA : Franc de la Communauté Financière d’Afrique

GQM : Gain Quotidien Moyen

HCA: Hierarchical Classification Analysis

HCPC: Hierarchical Clustering on Principle Components

IAGU: Institut Africain de Gestion Urbaine

INERA: Institut de l’Environnement et Recherches Agricoles

INSD : Institut national de la statistique et de la démographie

MCA: Multiple Correspondence Analysis

MRA/ Burkina Faso: Ministère des Ressources Animales du Burkina Faso

NGO: Non Governmental Organisation

OIE : Organisation mondiale de la santé animale

PIB: Produit Intérieur Brut

SNAG : Stratégie Nationale d’Amélioration Génétique

TLU: Tropical Livestock Unit

WTP: Willingness To Pay

ZATE: Zone d’Appui Technique en Elevage

Composition du jury

Benjamin DEWALS (Université de Liège, Belgique)	Président du jury
Anne LAUVIE (INRA-CIRAD, France)	Membre du jury
Guillaume DUTEURTRE (CIRAD, France)	Membre du jury
Etienne VERRIER (AgroParisTech, France).....	Membre du jury
Christian HANZEN (Université de Liège, Belgique)	Membre du jury
Johann DETILLEUX (Université de Liège, Belgique)	Membre du jury
Philippe LEBAILLY (Université de Liège, Belgique)	Membre du jury
Jean Luc HORNICK (Université de Liège, Belgique)	Membre du Comité de Thèse
Pascal LEROY (Université de Liège, Belgique)	Membre du Comité de Thèse
Philippe LECOMTE (CIRAD, Sénégal)	Membre du Comité de Thèse
Amadou TRAORE (INERA, Burkina Faso).....	Co-promoteur
Nicolas ANTOINE-MOUSSIAUX (Université de Liège, Belgique).....	Promoteur

Table des matières

Remerciements	iii
Liste des abréviations	v
Composition du jury	vi
Résumé	1
Abstract	4
Introduction et contexte.....	7
Défi actuel des ressources génétiques animales dans le Sud.....	7
Production ovine au Burkina Faso	8
Contribution de l'élevage ovin à l'économie du pays	8
Populations ovines.....	9
Systèmes de production.....	12
Contexte de l'élevage périurbain et problématique générale de la thèse.....	13
Justification de la thèse et objectifs de la recherche	16
Justification du thème: les races locales et l'extension des marchés.....	16
Objectif et abord de la question centrale de recherche	16
Chapitre I: Gestion et amélioration des ressources génétiques: particularités des petits ruminants dans les pays en développement	18
Abstract	20
Introduction	20
Importance to take the socio-economic context into account.....	21
Differences in characteristics and perception between sheep and goat.....	22
Place of small ruminants in production systems and their genetic management	22
Small ruminants and genetic improvement for the poor	24
Genetic improvement of small ruminants and institutional development.....	24
Approaches to genetic improvement	25
Selection	25
Centralized approach	25
Community-based approach.....	26
Crossbreeding.....	28
Commercial crossbreeding	28
Crossbreeding for genetic purposes.....	29
What to begin with?	29
Conclusion.....	31

Chapitre II: Caractérisation et typologie de l'élevage ovin en zone périurbaine de Ouagadougou (Burkina Faso).....	32
Préambule.....	34
Abstract	34
Introduction	35
Material and methods	35
Overall study design.....	35
Study area.....	35
Sampling.....	36
Data collection.....	37
Statistical analysis	37
Results	39
Socio-economic characteristics	39
Production management.....	40
Health	41
Animal genetic resources	41
Reproduction and genetic improvement.....	41
Economic performances	42
Typology	42
Multiple Correspondence Analysis	42
Hierarchical classification and clusters' description	44
Discussion	47
Socio-economic characterisation.....	47
Objectives of suburban sheep farming and profitability	47
Feed and health.....	48
Animal genetic resources	49
Conclusion.....	49
Chapitre III: Elevages ovins et gestion des ressources génétiques animales dans la Région du Plateau Central, Burkina Faso.....	51
Préambule.....	53
Abstract	53
Introduction	54
Materials and methods.....	55
Study area.....	55
Sampling and data collection	55

Statistical analysis	56
Results	57
Socio-economic characteristics	57
Husbandry practices	59
Animal genetic resources management	59
Reproduction	59
Genetic improvement	59
Typology	61
Multiple Correspondence Analysis	61
Hierarchical classification and clusters' description	62
Discussion	64
Socio-economic characteristics	64
Husbandry	64
Reproduction and animal genetic resources	65
Conclusion and outlook.....	67
Discussion additionnelle.....	68
Collecte de données dans le périurbain et le milieu rural.....	68
Analyses statistiques.....	68
Eléments de comparaison pour les deux zones	69
Chapitre IV: Organisation des marchés ovins et gestion des ressources génétiques animales : une analyse de préférences révélées.....	71
Préambule.....	73
Abstract	74
Implications	74
Introduction	75
Material and methods	76
Study area.....	76
Data collection.....	77
Monitoring of transactions	77
Exporter and butcher survey.....	78
Statistical analysis	78
Results	80
Markets and their actors	80
Collection markets.....	80

Assembly markets	80
Urban markets of Ouagadougou.....	80
Export markets	80
Circuits and characteristics of export sheep	81
Characteristics of sheep for local slaughter (butchers).....	82
Purchase characteristics at the urban market.....	83
Purchased animal characteristics	83
Factors affecting sheep prices	84
Discussion	86
Conclusion.....	88
Discussion additionnelle.....	90
Collecte de données.....	90
Analyses statistiques.....	90
Organisation des marchés de bétail	91
Chapitre V: Diversité des préférences des éleveurs périurbains pour des béliers reproducteurs autour de Ouagadougou, Burkina Faso	94
Préambule.....	96
Abstract	96
Introduction	97
Material and method.....	98
Study area and study overall description.....	98
Identification of attributes, levels and construction of ram profiles.....	98
Sampling and data collection	99
Statistical analysis	100
Results	101
Farm characteristics.....	101
Stated choices analysis and willingness to pay	103
Discussion	106
Conclusion.....	107
Discussion additionnelle.....	108
Collecte de données.....	108
Analyses statistiques.....	108
Chapitre VI: Discussion générale, conclusion et perspectives	110
Discussion générale.....	111

Méthodologie.....	111
Itinéraire du questionnement	111
Intérêt et limites de l'approche	111
Marché et races locales.....	112
Objectif et voies de l'amélioration	114
Le poids et la résistance.....	114
La couleur de la robe	115
Logique de croisement	115
Durabilité du système.....	116
Conclusion générale et perspectives.....	117
Conclusion générale	117
Perspectives	117
Bibliographie.....	119

Résumé

La production ovine au Burkina Faso est destinée à la consommation interne et à l'exportation vers certains pays de la sous-région (Côte d'Ivoire, Ghana, Nigéria, Benin). Dans cette sous-région, le mouton occupe une place importante, tant économique que socioculturelle. Si la production est assurée essentiellement par le milieu rural, on note néanmoins que l'élevage périurbain se développe, notamment autour de la capitale, Ouagadougou. La production périurbaine diffère de l'élevage rural notamment par les acteurs impliqués, l'orientation économique des productions et la disponibilité des ressources et facteurs de production (services, intrants, terre, capital). Ce contexte entraîne la recherche de ressources génétiques propices à cet environnement de production, permettant d'optimiser l'activité. Cela sous-entend une gestion spécifique de ces ressources. Cependant, il n'existe pas d'information sur la manière dont les éleveurs de la zone périurbaine gèrent leurs ressources génétiques ovines et sur la durabilité de cette gestion. Visant à combler ce manque d'information, ce travail s'intéresse (i) aux caractéristiques des élevages ovins en milieu périurbain de Ouagadougou et en milieu rural jouxtant ce périurbain, (ii) aux caractéristiques ayant un impact sur le prix des ovins au niveau du marché de consommation et enfin (iii) à l'importance relative de certaines caractéristiques dans le choix des reproducteurs par les éleveurs.

Afin de caractériser l'élevage de mouton dans la zone périurbaine de Ouagadougou en termes de motivations socio-économiques, de pratiques d'élevage, dont de gestion des ressources génétiques, et afin de mieux comprendre la dynamique du milieu, une enquête a été conduite auprès de 80 éleveurs de la zone. Les résultats ont montré que le secteur comporte essentiellement deux catégories d'élevage, avec près de la moitié (42,5%) des éleveurs pouvant être décrits comme éleveurs traditionnels. Ceux-ci sont analphabètes à 94,1% et ne disposent pas d'activités économiques non agricoles (88,2%). Ils ne disposent pas d'enclos avec toiture (70,6) et leurs ovins ne reçoivent pas un déparasitage systématique (61,8%). Ils élèvent essentiellement le mouton Djallonké type Mossi (88,2%) et ont la rusticité comme principal objectif de sélection (64,7%). L'autre catégorie est constituée de 50% des éleveurs. Ceux-ci ont tendance à l'intensification de la production par l'utilisation de meilleures infrastructures (enclos), une meilleure alimentation et le déparasitage systématique des animaux (87,5%). Ils déclarent élever pour des revenus supplémentaires et pratiquent des croisements ou encore comptent des ovins de race Peul dans leur troupeau. Ils ont comme principal objectif de sélection l'amélioration de la croissance des jeunes et du poids adulte.

La reproduction est caractérisée globalement par une absence de contrôle de la monte, surtout en saison sèche lorsque les animaux sont laissés en divagation. Ce phénomène, dans le contexte de la pratique des croisements par certains éleveurs, crée des externalités négatives pour les éleveurs tenant à la pureté de leur troupeau pour des raisons de rusticité et porte atteinte à la durabilité des systèmes par un accroissement non-maîtrisé de la part de génétique Peul dans les troupeaux et la perte de sources de moutons de race Mossi en lignée pure.

Dans le but d'investiguer la possibilité pour le milieu rural de constituer une source de race pure de mouton Mossi pour le périurbain, une autre enquête a été conduite auprès de 63 éleveurs dans la région du Plateau Central du Burkina Faso. Cette étude a montré que l'élevage des ovins dans ce milieu est de type sédentaire et la race de mouton Mossi constitue l'essentiel des troupeaux. Les stratégies de sélection se rencontrent chez tous les éleveurs avec le choix des mâles. Les objectifs de sélection les plus cités ont été l'amélioration du poids adulte (84,1% des interviewés), de la croissance (79,4% des interviewés) et le maintien de la rusticité (73,0% des interviewés). En accord avec leur objectif d'amélioration de la croissance des animaux, les femelles de mouton Mossi sont souvent croisées avec des moutons Peul. Ces mâles sont éliminés du troupeau après la naissance des premiers croisés tandis que ces derniers seront utilisés ultérieurement en élevage. Par le retrait des mâles Peuls après une courte période d'utilisation, la gestion apparaît plus maîtrisée et durable en comparaison du milieu périurbain. Ceci nous amène néanmoins à reconsidérer la notion de « race pure » dans la région, la gestion des éleveurs incluant un usage mixte des races disponibles. S'agissant de la mobilisation de cette zone comme source de femelles de remplacement, si les éleveurs semblent disposés à vendre des femelles à d'autres éleveurs, la taille des troupeaux n'autorise pas la vente de grands nombres en raison des besoins propres de remplacement. A cela s'ajoute la tendance exprimée par certains éleveurs à ne vouloir vendre qu'à des éleveurs qu'ils connaissent, en espoir de réciprocité, dans une logique dès lors davantage sociale que commerciale.

La demande du marché de consommation pour différents caractères phénotypiques a été étudiée à travers un suivi de transactions sur les marchés (enquêtes de préférences révélées) et des enquêtes auprès de commerçants exportateurs de bétail et de bouchers. Au total, 338 transactions ont été suivies sur trois périodes différentes (la fête musulmane de l'Eid al-Adha, la période des fêtes de fin d'année et une période neutre). Les entretiens ont pu concerner 25 exportateurs ainsi que 15 bouchers, interrogés sur les caractéristiques des animaux recherchés ainsi que leurs lieux d'achat.

Les résultats des enquêtes ont montré que les exportateurs ont des préférences pour les animaux de grands gabarits avec de bons états corporels tandis que les bouchers locaux marquent leurs préférences pour les animaux de faible gabarit et de faible condition physique. Les marchés sont catégorisés en marchés de collecte, de rassemblement et en marchés terminaux aux travers desquels les animaux passent avant d'arriver au consommateur final.

Les préférences révélées ont montré que des caractéristiques phénotypiques telles que la couleur, le poids, la hauteur au garrot influencent les prix de manière hautement significative. Le poids a montré une influence non-linéaire, croissante, avec un prix marginal croissant par kg de poids vif. La période de l'achat, imbriquée au motif d'achat, a également montré une influence hautement significative sur les prix, incluant une supériorité des prix pratiqués lors de l'Eid al-Adha mais une absence de différence entre prix pratiqués lors des fêtes de fin d'année et en période neutre. Enfin, la période d'achat et la couleur ont montré des interactions hautement significatives avec le poids. Les animaux de couleur blanche et la période de l'Eid al-Adha ayant mieux valorisé l'augmentation du poids. Cette

étude éclaire dès lors les liens entre marchés et demandes pour une certaine orientation des ressources génétiques ovines. Il est par exemple suggéré qu'une amélioration sur base de critères de poids élevés et de couleur blanche, caractères davantage valorisés sur le marché, favoriserait avant tout un marché de niche, lié aux périodes de fêtes et à l'exportation, et quelques éleveurs bénéficiant de meilleures ressources d'élevage. Au contraire, une amélioration axée vers la rusticité et des animaux de faible gabarit pourrait desservir un marché plus ordinaire, contribuant à la sécurité alimentaire et à l'accroissement des revenus d'un plus grand nombre d'éleveurs.

Dans ce contexte du marché, une dernière étude a visé à mettre en lumière le compromis que les éleveurs sont prêts à faire pour l'amélioration des différents caractères, dits « de production » ou « adaptatifs ». Une expérience de choix déclarés prenant en compte les caractéristiques telles que le poids, la couleur, la susceptibilité aux maladies et l'exigence en alimentation a été conduite auprès de 137 éleveurs. Ces éleveurs utilisent essentiellement le pâturage naturel (82,5% des éleveurs impliqués). La pratique du croisement est observée chez 23,4%. Le consentement à payer le prix le plus élevé a été observé pour la résistance aux maladies avec 261€. Au sein du groupe pratiquant les croisements, on a cependant observé une apparente préférence pour la forte sensibilité aux maladies avec un consentement à payer de 45€. Un certain consentement à payer a également été révélé pour la couleur blanche (21€), alors préférée à la robe bicolore. La préférence pour les animaux de grand gabarit comparativement aux animaux de gabarit moyen a été significative mais relativement plus faible que les préférences pour la couleur blanche et la résistance aux maladies. Par contre, les éleveurs ont montré une indifférence pour le passage du gabarit moyen au faible gabarit. Pour l'ensemble des caractères les éleveurs pratiquant les croisements ont montré une préférence pour les niveaux extrêmes au détriment des niveaux intermédiaires. De cette étude, il se dégage clairement deux tendances : d'un côté, les éleveurs prêts à prendre des risques en diminuant la résistance aux maladies afin de gagner en productivité, de l'autre ceux présentant une plus grande aversion aux risques, prêts à dépenser fortement pour gagner en résistance aux maladies. Le cas des éleveurs pratiquant le croisement suggère une intéressante double préférence, démontrant une disposition à payer pour des caractères différents mais chacun jugé typique d'une race ou de l'autre, dépréciant alors les caractères intermédiaires indiquant la possibilité d'un métissage. Des actions apparaissent dès lors nécessaires afin de permettre à chacune de ces catégories de suivre ses objectifs de manière durable.

L'ensemble des études permettent de dire que la gestion faite des ressources génétiques ovines dans le milieu périurbain de Ouagadougou, si elle ne présente pas véritablement de menaces pour les différentes races dans son état actuel, présente néanmoins des signaux, notamment venant du marché qui pourraient mettre en difficulté les ovins de petit format. Il est dès lors nécessaire de trouver une bonne stratégie permettant de mieux organiser cette gestion afin qu'elle soit durable. La mise en place d'un schéma de croisement terminal impliquant éleveurs périurbains et ruraux constitue une stratégie possible. Cela nécessite néanmoins des élevages véritablement commerciaux au bout du schéma et des moyens de surmonter certaines difficultés soulevées dans cette thèse.

Abstract

Sheep production in Burkina Faso supplies internal consumption and exportation markets, in countries of West Africa (Côte d'Ivoire, Ghana, Nigeria, and Benin). In this region, sheep have both economic and socio-cultural importance. While production is mainly located in the rural area, it is nevertheless noted that suburban livestock is developing, in particular around the capital city of Ouagadougou. Suburban production differs from rural livestock production, in particular by the actors involved, the economic orientation of production as well as by the availability of resources and production factors (services, inputs, land and capital). This context leads to the search for genetic resources favourable to this environment production, allowing for an optimisation of the activity. This implies a specific management of these resources. However, there is no information on how farmers in the suburban area manage their sheep genetic resources and on the sustainability of this management. Aiming to fill this information gap, this work focuses on (i) the characteristics of sheep farms in Ouagadougou suburbs and in neighbouring rural areas, (ii) the sheep traits, that have an impact on their price, and finally (iii) the relative importance of some traits in the choice of breeding ram by breeders.

In order to characterise sheep farming in the suburban area of Ouagadougou in terms of socio-economic motivations, breeding practices, including genetic resources management, and in order to better understand the dynamics of the sector, a survey was conducted among 80 breeders in the area. The results showed that the sector essentially comprises two categories of livestock, with almost half (42.5%) of the breeders who can be described as traditional livestock keepers. The latter breeders are illiterate at 94.1% and have no non-agricultural economic activities (88.2%). They don't have sheltered enclosures (70.6) and their sheep don't receive systematic deworming (61.8%). They keep Mossi sheep (88.2%) and their main selection objective is rusticity (64.7%). The other category includes 50% of the livestock keepers. These tend to intensify production through the use of better infrastructures (enclosures, shelters), better feeding and systematic de-worming of animals (87.5%). They report keeping animals for generation of additional income and they practice crossbreeding. Their main selection objective is to improve the young growth and adult weight. Reproduction is generally characterised by a lack of mating control, especially during the dry season when the animals are allowed to graze freely. This phenomenon, in the context of the practice of crossbreeding by some breeders, creates negative externalities for breeders preferring the purity of their herd for rusticity motives. This also undermines the sustainability of the systems by an uncontrolled increase in the share of Fulani genetics in herds and the loss of sources of Mossi pure breed.

To investigate the possibility for the rural area to constitute a source for purebred Mossi sheep for the suburban area, another survey was conducted among 63 livestock keepers in the region of the Central Plateau of Burkina Faso. This study showed that sheep in this area are kept in sedentary systems and the Mossi sheep is the most encountered. A selective breeding strategy can be found for all breeders through the choice of males. The most cited selection objectives were the improvement of the adult weight (84.1%), the young growth (79.4%) and the maintenance of the rusticity (73%). In agreement

with their goal of improving the weight and growth of animals, Mossi sheep females are often crossed with Fulani ram. These males are eliminated from the herd after the birth of the first crossbred lambs, while the latter are subsequently used for breeding. By removing the Fulani males after a short period of use, management appears to be better mastered and more sustainable compared to the suburban area, but leads to reconsider the notion of "purebred" in the region, as the management of breeders includes the mixed use of available breeds. However, with regard to the use of this area as a source of replacement females, if farmers appear to be willing to sell females to other farmers, the size of their herds doesn't allow the sale of large numbers because of their own replacement needs. Added to this is the tendency expressed by some farmers to only sell to farmers they know, in hopes of reciprocity, hence for social rather than commercial motives.

Consumer market demand for different phenotypic traits was investigated through a monitoring of market transactions (revealed preference surveys) and surveys among sheep exporters and butchers. A total of 338 transactions were monitored over three different periods (the Muslim Eid al-Adha feast period, Christmas and New Year period and a neutral period). The interviews involved 25 exporters and 15 butchers, who were asked about the characteristics of the animals requested for and their purchase localities. Survey results showed that exporters have preferences for large-framed and good body conditions animals while local butchers mark their preferences for small-framed and low-fitness animals. Markets are categorised into collection, assembly and terminal markets through which animals pass before reaching the final consumer.

The revealed preferences have shown that phenotypic traits such as coat colour, weight and height at the withers have a highly significant ($p < 0.001$) influence on prices. The weight has shown a non-linear, increasing influence on prices with increasing marginal income per kg of live weight. The purchase period, which is embedded with the purchase motive, also showed a highly significant ($p < 0.001$) influence on prices, showing a superiority of the prices during the Eid al-Adha, but no difference between prices during the Christmas and New Year period and the neutral periods. Finally, the purchase period and coat colour showed highly significant interactions with the weight, the white-coloured animals and the Eid al-Adha period having better valorised the increase in weight. This study sheds light on the links between markets and demands for a certain orientation of sheep genetic resources. It is suggested, for example, that an improvement on the basis of higher weight and white colour criteria, which are more valued on the market, would rather favour a niche market linked to feasts periods and exports, and some breeders benefiting improved livestock resources. On the contrary, an improvement towards rusticity for small-framed animals would supply a more ordinary market, contributing to food security of households and an income generation for a wider range of sheep producers.

In this market context, a final study aimed at highlighting the trade-off that breeders are willing to make for the improvement of the different traits, whether "productive" or "adaptive". A stated choice experience, taking into account the traits such as weight, colour, susceptibility to diseases and the feed

requirement, was carried out with 137 breeders. These farmers mainly use natural grazing (82.5% of the farmers involved). Crossbreeding is observed in 23.4% of farmers. The highest willingness to pay (WTP) was observed for resistance to diseases with 261€. However, among the farmer practicing crossbreeding, there was an apparent preference for susceptibility to disease with a WTP of 45€. A significant WTP was also revealed for the white coat colour (21€) then preferred to the bicoloured. The preference for large-framed animals compared to medium-framed ones was significant but relatively lower than preferences for white coat colour and resistance to diseases. On the other hand, farmers showed indifference for the transition from the medium body size to the small body size. For all traits, farmers practicing crossbreeding showed a preference for extreme levels compared to intermediate levels. Two trends emerged from this study: on the one hand, farmers willing to take the risk of reducing resistance to diseases in order to increase productivity; on the other hand, those with greater risk aversion, strongly willing to spend to gain resistance to diseases. The case of crossbreeding farmers suggests an interesting double preference, demonstrating a WTP for opposed traits being considered as typical of one breed or the other, then depreciating the intermediate traits indicating the possibility of a crossbred.

All the studies indicate that the management of sheep genetic resources in Ouagadougou's suburban area, although it does not really present threats to the different breeds in its present state, nevertheless shows signs, particularly from the market, that could hamper the sustained use of small-framed and environmentally adapted sheep. It is therefore necessary to find a strategy to better organise this management to make it sustainable. The establishment of a terminal crossbreeding scheme involving suburban and rural livestock farmers is a possible strategy. This nevertheless requires truly commercial livestock at the end of the scheme and means to overcome certain constraints raised in this thesis.

Introduction et contexte

Défi actuel des ressources génétiques animales dans le Sud

Toute production agricole –et donc l’immense majorité des sociétés humaines– se base sur des ressources génétiques animales et végétales domestiques. La domestication conjointe de plantes et d’animaux pour la production de nourriture remonte à la première révolution agricole, c’est-à-dire au néolithique. En dix mille années, des espèces initiales, a émergé une large diversité de races, types, variétés et souches, tous termes désignant la création graduelle, par le hasard des mutations et recombinaisons génétiques repérées et mobilisées par l’homme, d’une diversité de sous-populations génétiques exprimant des caractères variablement utiles à sa survie. Le mouton, espèce ciblée par cette thèse, a été initialement domestiqué pour sa viande il y a environ 11000 ans, avant que les premières spécialisations, notamment pour la production de laine, ne commence en Asie du Sud-Ouest pour s’étendre ensuite au reste du monde (Chessa *et al.*, 2009).

Le patrimoine génétique de la plante ou de l’animal en exploitation déterminera dans un dialogue avec son environnement les performances du système de production. Le concept de ressources génétiques souligne l’importance de la diversité génétique comme base de l’évolution de ces systèmes et donc de l’adaptation de toute production à l’évolution de son environnement. Outre la performance, ce sont dès lors la durabilité et la résilience qui sont ici au cœur du débat.

En comparaison de la production végétale, l’élevage a acquis une diversité distincte de statuts et de rôles sociétaux. Par l’identité de sa nature avec l’homme, l’animal présente avec celui-ci une proximité émotionnelle et une importance symbolique et identitaire plus forte. Egalement, l’élevage, dans ses dimensions productives et culturelles, a pu se développer en marge voire en dehors de systèmes de productions végétales domestiques, devenant le moyen d’une exploitation des ressources naturelles et d’une artificialisation de l’environnement, notamment par le pastoralisme ou le petit élevage, dit « de case », « d’arrière-cour » ou « en divagation ». Ainsi, la gestion de l’ensemble des ressources génétiques animales actuellement mobilisées à travers le monde apparaît comme essentielle pour répondre aux défis agricoles, socio-économiques et environnementaux (Leroy *et al.*, 2012). Au centre de cette gestion, se niche sa connaissance fine, c’est-à-dire sa caractérisation et la compréhension des dynamiques qui l’animent.

Dans les milieux tropicaux, on note une très grande diversité des ressources génétiques animales en lien avec la diversité des écosystèmes et des rôles joués par ces ressources. Ainsi 70% des races d’animaux domestiques mondiales se rencontrent dans ces milieux (Rege *et al.*, 2011). Si ces différentes races animales présentent dans l’ensemble une remarquable adaptation aux rudes milieux dans lesquels ils évoluent, leur « faible niveau de production » leur est souvent reproché de manière indistincte et non-contextualisée. Pour remédier à cette faible production, à la fin du XIX^{ème} siècle, dans un contexte mondial de colonisation du Sud par les populations européennes, celles-ci ont imaginé de remplacer ces races indigènes peu productives par les races animales alors en sélection en

Europe depuis la révolution agricole des XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècles, voire dans quelques cas de créer de nouvelles races (Kosgey *et al.*, 2006; Wilson, 2009 ; Leroy *et al.*, 2015). Jusqu'à aujourd'hui, l'inadéquation aux climats rencontrés de la génétique mobilisée et l'incapacité d'en maintenir une gestion adaptée ont conduit la plupart de ces initiatives à l'échec (Kosgey *et al.*, 2006). Ces dernières années, les regards se sont tournés vers la sélection des races locales et leur croisement avec des races à hauts niveaux de production afin d'améliorer la production tout en conservant un certain niveau d'adaptation.

D'une manière générale, la gestion des ressources génétiques locales est une question qui prend une importance croissante, particulièrement face aux multiples défis de la croissance démographique, de la pauvreté et du changement climatique. En effet, les évolutions de ces dernières années, telles que l'urbanisation, le développement économique et la mondialisation, ainsi que l'évolution scientifique et technologique, conduisent à des changements parfois rapides dans les systèmes de production (Rege *et al.*, 2011). Si certains de ces changements offrent des opportunités aux éleveurs, ils peuvent globalement constituer une menace pour les ressources génétiques locales (Rege *et al.*, 2011). Il est donc important d'anticiper en diagnostiquant à temps les menaces possibles afin que toutes les dispositions puissent être prises pour garantir une gestion durable de ces ressources.

Production ovine au Burkina Faso

Contribution de l'élevage ovin à l'économie du pays

Au Burkina Faso, l'effectif ovin était estimé à plus de 8 millions de têtes en 2011. La production est majoritairement destinée à la consommation locale (Figure 1) mais vise également l'exportation vers certains pays de la sous-région (Figure 2). L'exportation concerne des animaux sur pieds. Les principales destinations actuelles sont les pays côtiers, tels que la Côte d'Ivoire, le Ghana, le Togo et le Nigéria. La baisse des exportations à partir de 2011 s'explique par la crise post électorale de cette année en Côte d'Ivoire qui a interrompu les exportations vers ce pays.

L'élevage, d'une manière générale, représente une activité économique d'une très grande importance. En effet, il contribue considérablement aux secteurs d'exportation mais aussi, de façon plus profonde, à l'économie des ménages par la production d'aliment pour la consommation directe du ménage, la génération de revenus monétaires, la constitution d'une épargne, et la production de fumure organique. L'élevage contribue dès lors à la sécurité alimentaire et financière des ménages et leur permettra bien souvent l'accès aux services sociaux de base (éducation, soins de santé). La contribution de l'élevage au PIB du Burkina Faso était de 18,8% en 2008 et représentait 14,2% des exportations totales en 2009 (Zerbo *et al.*, 2012).

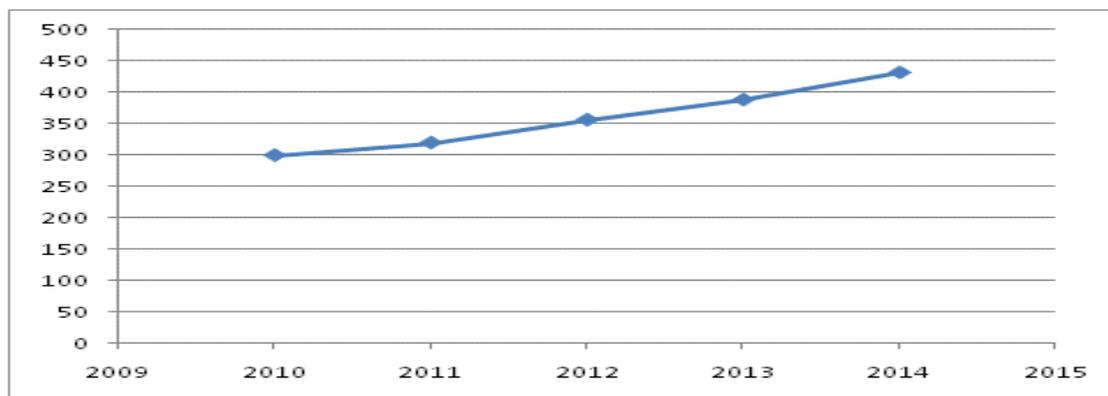


Figure 1 : Evolution des abattages contrôlés d’ovins en milliers de têtes au Burkina Faso (2010-2014)
(source : INSD, 2015)

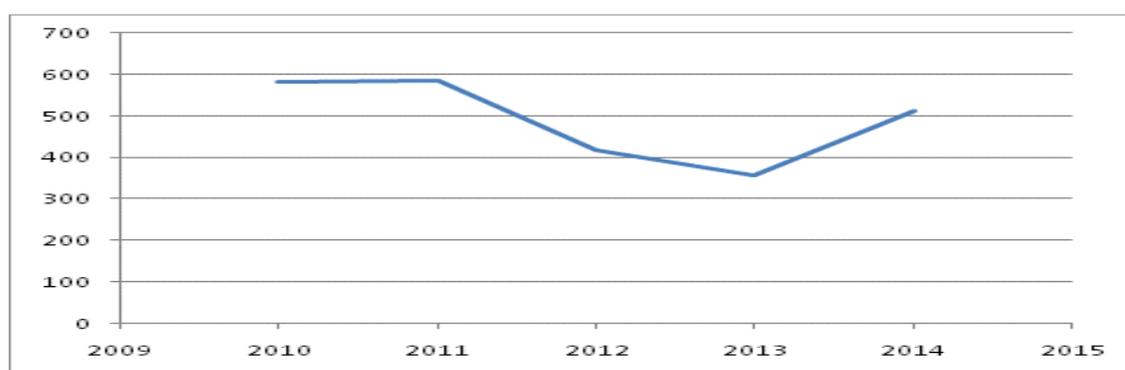


Figure 2 : Evolution des exportations d’ovins en milliers de têtes au Burkina Faso (2010-2014)
(source : INSD, 2015)

Populations ovines

Trois populations ovines, ou races, sont décrites au Burkina Faso comme essentiellement indigènes : le mouton Djallonké, le mouton Peul et le mouton Mossi. Il est à noter que la notion de race telle qu’elle est mobilisée ici prend en compte des caractéristiques morphologiques et d’adaptation à des stress liés à des zones écologiques. Les caractéristiques morphologiques prises en compte ici sont constituées essentiellement des phanères, du profil du chanfrein, des proportions et de la taille des oreilles. Elles sont décrites ci-dessous. Il est à noter qu’aucune de ces trois populations n’a subi de sélection à large échelle selon les méthodes modernes, pour des critères de production. En plus de ces trois populations locales, nous pouvons d’emblée signaler la présence de certaines races importées du Niger, les Bali-bali et les Balami, pour des croisements ou des élevages en race pure. Tel qu’il pourrait être attendu, la présence conjointe de ces différents types génétiques a mené à l’existence d’une grande diversité de types issus de métissage de degrés divers (Nianogo *et al.*, 1996).

Le mouton Djallonké

Encore qualifié plus précisément de Djallonké nain ou Djallonké des forêts, le mouton Djallonké se rencontre au Sud et à l'Ouest du pays, dans la zone sud-soudanienne. Il est rencontré au-delà du Burkina Faso, dans les forêts humides de l'Afrique occidentale et centrale. Il survit dans ces zones humides grâce à sa trypanotolérance (Wilson, 1991). Il est décrit comme ayant une forte et large tête avec un front plat, et un profil légèrement convexe (Wilson, 1991). Le mâle porte habituellement des cornes bien développées, larges à la base et se courbant vers l'arrière. Les oreilles sont courtes et dressées ou semi-tombantes. Le mâle est habituellement pourvu d'une toison abondante aux niveaux de la nuque et de la gorge ou du poitrail, désignée respectivement sous le nom de crinière et de camail (Figure 3).



Figure 3 : Bélier Djallonké

Le mouton Peul burkinabè

Le mouton Peul (Fulani sheep) burkinabè (Figure 4) est localisé dans la partie Nord du pays, dans le Sahel. Il a été décrit en 1985 par Disset comme un animal d'allure élancée, présentant une hauteur au garrot comprise entre 65 et 70 cm, des poils ras, des muqueuses nasales et buccales roses, une forte tête portée par un cou bien dégagé. Son chanfrein est convexe et long. Les oreilles sont moyennes et tombantes. Les cornes sont bien développées et spiralées horizontalement chez le bélier. Le cou ne porte ni crinière, ni camail. La queue, longue et mince, descend en-dessous du jarret. Ses performances de croissance ont été mesurées en différents types d'embouche. Les résultats montrent un gain quotidien moyen (GQM) variant entre 84 et 127 g/jour en fonction du type d'embouche (Bourzat *et al.*, 1987; Gnanda *et al.*, 2005).



Figure 4 : Bélier Peul

Le mouton Mossi

Encore connu sous les appellations de « Djallonké type Mossi » ou « Djallonké des savanes », le mouton Mossi se rencontre dans le centre du pays, sous un climat nord-soudanien. Sur le plan morphologique, cette population diffère fondamentalement de la population Djallonké des forêts par sa hauteur au garrot : 55-60 cm pour la Djallonké des forêts *versus* 55-65 cm pour la Djallonké des savanes (Gbangboche *et al.*, 2005). Il serait issue d'une introgression continue de gènes du mouton Peul dans une population de mouton Djallonké des forêts (Gbangboche *et al.*, 2002 ; Traoré *et al.*, 2008 ; Alvarez *et al.*, 2009). Il a été décrit en 1974 par Dumas et Raymond comme un mouton hypométrique, rectiligne et médioligne. Les oreilles sont portées droit ou sont légèrement tombantes (Figure 5).



Figure 5 : Bélier Mossi

Systèmes de production

En fonction de la mobilité, du degré d'intégration avec d'autres productions (culture notamment), les élevages au Burkina Faso se répartissent essentiellement dans trois systèmes de production. Signalons au préalable qu'en raison des nouvelles évolutions, consécutives aux sécheresses des années 70 et 80, la dichotomie entre pasteurs et agriculteurs a fait place dans ce pays à celle des agro-pasteurs et agro-éleveurs. En effet, la quasi-totalité des producteurs ruraux burkinabés ont des stratégies basées à la fois sur les cultures et l'élevage (Ministère des Ressources Animales/Burkina Faso, 2001). Cette évolution constitue une nouvelle forme d'adaptation par la diversification pour mieux faire face aux aléas climatiques.

- L'agropastoralisme désigne un système extensif transhumant. Il occupe au moins un homme adulte à temps plein et généralement plusieurs jeunes garçons. Un ou plusieurs autres membres de la famille y consacrent également un temps conséquent. En plus de l'élevage, le ménage s'adonne à des activités de culture vivrière (Ministère des Ressources Animales/Burkina Faso, 2001). Ce système est, d'une manière générale, pratiqué par des éleveurs de tradition tels que les Peulh et les familles apparentées (Ouedroago, 2002). Il existe un transfert partiel de fumure vers les champs et de résidus de culture vers l'élevage. Ce système est transhumant et se rencontre surtout dans la partie nord du pays où les pâturages sont presque inexistantes en saison sèche. Les ovins intégrés dans ce système sont de type sahélien, adaptés à la marche. Ils représentent 32,5% de l'effectif total (Ministère des Ressources Animales/Burkina Faso, 2001).

- L'agro-élevage désigne un système extensif sédentaire. On y trouve des cultivateurs de tradition mais aussi des éleveurs de tradition qui ont subi les conséquences des sécheresses des années 70 et 80 (Ouedraogo, 2002). Les animaux sont conduits par un berger dans les pâturages communautaires. Les petits ruminants sont très souvent laissés en divagation pendant la saison sèche. On retrouve dans ces systèmes des ovins de type sahélien (26% de l'effectif total) et des ovins de type Djallonké (35% de l'effectif total). Ici, l'élevage ne constitue plus l'activité principale des ménages, qui se trouve être l'agriculture. L'élevage permet de soutenir cette production végétale à travers la traction et constitue un moyen visant à combler les déficits céréaliers des mauvaises saisons. Les animaux sont aussi un mode d'épargne pour gérer la saisonnalité des revenus issus de l'agriculture. Les activités de culture sont orientées en fonction des zones vers les cultures vivrières et/ou les cultures de rente. Ces cultures sont en retour un moyen pour acquérir les animaux pendant les bonnes saisons. L'intégration entre les deux activités y est beaucoup plus grande que dans l'agropastoralisme (Ministère de Ressources Animales/Burkina Faso, 2001). Une variante de ce système, qui peut être considérée comme moins extensive en ce sens qu'elle exploite moins d'espace, est ce que l'on appelle le « mouton de case ». C'est une forme d'élevage rencontrée sur presque tout le pays. Il s'agit d'un engraissement de longue-durée qui consiste au maintien de quelques animaux (mâles surtout) au piquet (Boly *et al.*, 2001). Ils sont nourris par des résidus et sous-produits de récolte (paille, son) et des restes alimentaires du ménage pendant la saison sèche. Pour la saison pluvieuse, ces animaux sont amenés durant toute la journée dans les pâturages constitués par les parcelles non-exploitées et les soirs, ils sont ramenés dans un parc où ils passent les nuits. Cette activité est souvent gérée par des femmes et vise à faire prendre du poids aux animaux dans un but commercial.
- L'élevage intensif est quant à lui d'apparition plus récente. Il vise à valoriser un capital privé en générant des revenus (MRA/Burkina Faso, 2001 ; Ouedraogo, 2002). Ce revenu est le plus souvent complémentaire pour son propriétaire en ce sens que le plus souvent les investisseurs de ce domaine sont commerçants, salariés ou encore retraités (MRA/Burkina Faso, 2001). A noter que l'élevage ovin n'est pas le seul ni le premier concerné par cette dynamique, l'investissement dans la production de volaille pour la ponte ou la chair étant plus rapidement rentable. Ces systèmes sont le plus souvent spécialisés pour un type de production surtout quand ils concernent les monogastriques et se localisent à proximité des grands centres de consommation.

Contexte de l'élevage périurbain et problématique générale de la thèse

L'élevage périurbain a connu un développement rapide dans les villes africaines ces dernières années en réponse à l'augmentation de la demande pour les produits animaux, au besoin de diversification des activités économiques des citoyens, mais aussi à la pauvreté (Ossiya *et al.*, 2003 ; Tegene *et al.*, 2003 ;

Ba Diao, 2004). Ces systèmes de production sont très diversifiés à la fois en termes d'espèces élevées (ruminants, volaille, porc, animaux non conventionnels), de production visée (lait, œufs, viande), et d'objectifs économiques (subsistance, épargne, commerce) (Schiere *et al.*, 2006). Cela est lié aux différentes origines socioprofessionnelles des éleveurs de ce milieu (autochtones de la zone, immigrants, travailleurs urbains). Une autre particularité à noter pour ces systèmes est leur évolution dans des espaces plus réduits posant ainsi un problème de promiscuité, donc de santé et un problème d'alimentation, pour les ruminants notamment.

Les problèmes sanitaires en élevage périurbain doivent être abordés en termes de santé animale et donc de production mais également de santé publique. Sur le plan de la santé animale, en effet, la concentration des animaux dans des zones restreintes augmente le microbisme ambiant, accroissant donc la pression d'infection alors même que les conditions d'alimentation et de qualité de l'air peuvent fragiliser les défenses de l'animal. De même, la fréquentation de pâturages communautaires favorise les infestations par les parasites. Néanmoins, la plus grande facilité d'accès de ces zones aux services de santé animale ainsi qu'à l'information représente un atout permettant d'y faire face. En ce qui concerne la santé publique, certaines maladies étant communes aux animaux et aux humains (zoonoses), la promiscuité créée par les conditions d'élevage favorise le transfert de ces maladies des animaux vers les humains. Parmi ces maladies on peut citer la tuberculose et la brucellose chez les ruminants. En zone urbaine et périurbaine de Ouagadougou et pour les bovins, Boussini et collaborateurs (2012) trouvent des prévalences de 14,76% et 7,83% respectivement pour la tuberculose et la brucellose en élevage intra-urbain, contre respectivement 5,14% et 7,91% en élevage périurbain à caractère extensif. Parmi les autres espèces, nous pouvons souligner le cas de la cysticerose liée à l'élevage porcin en divagation.

Le contexte de production particulier du milieu périurbain est le lieu d'enjeux importants dans la gestion des ressources génétiques (Touré *et al.*, 2015). La zone périurbaine de Ouagadougou, à l'image des autres villes africaines, est un lieu de développement de plusieurs élevages. L'historique de l'agriculture urbaine et périurbaine de cette zone remonte dans les années 1920 à 1930 avec des missionnaires occidentaux qui entretenaient des jardins potagers pour leurs besoins de consommation (IAGU, 2007). Cette activité fut plus tard adoptée par d'autres habitants de la ville et étendue à l'élevage malgré une interdiction qui restera en vigueur jusqu'en 1999 (Bagré *et al.*, 2002). Cette évolution a été favorisée par une extension rapide de la ville qui a englouti les villages proches. En effet, l'augmentation rapide de la population, liée en partie à l'exode rural mais qui n'est pas accompagnée d'une industrialisation, crée une augmentation de la demande en produits agricoles et une main d'œuvre non qualifiée qui s'oriente dans l'agriculture (Bagré *et al.*, 2002). Les terres périurbaines encore non exploitées sont dès lors conquises et orientées vers la production agricole employant une partie de cette main d'œuvre. L'évolution de cette agriculture montre que les acteurs peuvent être de diverses origines sociales. On a notamment des autochtones qui ont été rejoints par la ville et qui vont être essentiellement d'ethnie Mossi, mais également des Peul qui se sont installés dans

ces localités pour échapper aux sécheresses du Sahel et enfin des travailleurs urbains (toutes ethnies confondues) qui ont acquis leurs terres auprès des autochtones.

Dans le domaine de l'élevage, des politiques volontaristes, mises en œuvre ces dernières années pour répondre à l'augmentation de la demande, encouragent selon les termes souvent employés, l'utilisation de « races à haut potentiel de production » (Tamini *et al.*, 2014). Chez les monogastriques (volailles et porcs) cela s'est traduit par des importations des races exotiques principalement à partir de l'Europe. Pour les bovins, on notera l'importation de bovins Gir et Girolando du Brésil, l'importation de races ou de semences à partir de l'Europe et l'importation des zébus Azawak et Goudali à partir du Niger et du Mali. Chez les petits ruminants et spécifiquement chez les ovins, on ne note pas véritablement d'action politique allant dans le sens de l'importation de races à partir d'autres pays. Par contre, si la Stratégie Nationale d'Amélioration Génétique (SNAG) élaborée en 2012 prévoit l'importation de races exotiques à utiliser en croisement, elle encourage également les croisements entre races locales. Ces actions encouragent de fait l'installation d'élevages intensifs pour mieux exploiter ces nouvelles ressources et contribuent à expliquer les installations récentes d'élevages périurbains. Bien que les actions n'aient pas visé spécifiquement les ovins, on observe néanmoins des initiatives individuelles allant dans le sens d'importation d'ovins à partir de certains pays de la sous-région (Niger, Mali) et une forte présence de cette espèce dans le périurbain, principalement le mouton Mossi dont c'est le berceau. La région du centre, constitué de Ouagadougou et de sa périphérie, détient en effet la plus grande densité d'ovins avec environ 56 têtes/km², très largement au-dessus de la moyenne nationale qui s'établit à 24 têtes/km², d'après les résultats de l'enquête nationale sur l'effectif du cheptel de 2004.

La forte densité des ovins autour de Ouagadougou peut être mise en lien avec leur importance socioéconomique dans la région ouest-africaine, qui induit une forte demande des citoyens, mais aussi externe. En effet, avec une population estimée à près de 2 millions d'habitants, Ouagadougou se place comme le plus grand centre de consommation du pays. Cette forte demande crée ainsi une opportunité pour les éleveurs traditionnels, mais également pour tout acteur à la recherche de nouveaux secteurs d'investissement. Saisir une telle opportunité change du rôle habituel de l'élevage observé dans la région (épargne, assurance) et entraîne généralement de nouvelles attentes sur l'animal. Cela se traduit très souvent d'une part, par l'amélioration de la conduite, notamment l'habitat, l'alimentation et la gestion sanitaire (la proximité de la ville facilitant l'accès à ces services et facteurs de production) et d'autre part, par la recherche de génotypes mieux adaptés à ces nouvelles attentes. Cette recherche de nouveaux génotypes est d'autant plus attendue autour de Ouagadougou que les politiques locales l'encourage. Ainsi, on y observe des croisements des brebis Mossi avec les béliers Peul. Ces pratiques se déroulent dans une absence de contrôle et de mesures qui garantissent une gestion rationnelle des ressources génétiques. Les risques ici seraient qu'une diffusion incontrôlée des gènes du mouton Peul sur le mouton Mossi conduise à une perte des caractéristiques d'adaptation du mouton Mossi aux

conditions d'élevage locales et créer des externalités négatives pour des éleveurs ne souhaitant pas ces croisements.

Justification de la thèse et objectifs de la recherche

Justification du thème: les races locales et l'extension des marchés

Comme indiqué plus haut, l'une des particularités du contexte périurbain se trouve être une plus grande intégration à un marché en demande croissante de produits animaux. Or, très souvent, ce marché est décrit comme pouvant être au centre de l'érosion des ressources génétiques (Tisdell, 2003). Ce rôle est alors expliqué d'une part par ses imperfections et son incapacité à relayer la valeur de bien public des races locales (Scarpa *et al.*, 2003). Plus particulièrement, le marché relayera mécaniquement les besoins des ménages les mieux nantis, plutôt que ceux des ménages plus pauvres ou marginalisés, qui sont les premiers bénéficiaires actuels des races locales.

En outre, cette sous-valorisation des caractères propres aux races locales est aggravée par le rôle de l'offre sur ces marchés, facilitant la diffusion des races hautement productives et soumettant la production locale à la concurrence des produits étrangers, issus de ces mêmes races élevées au sein de systèmes agricoles intensifs, dont certains bénéficient de soutiens publics importants à l'inverse des producteurs locaux comme c'est le cas en Afrique de l'Ouest. L'impact du marché sur les races peut être encore plus important dans un contexte d'absence d'organisations autour de ces races locales et de non standardisation de celle-ci (Selmi *et al.*, 2014). De telles organisations sont précisément celles ayant permis l'émergence et le succès mondial des races hyper-productives européennes (Hervieu et Bonnemaire, 2002). Elles ont pour but de fixer les objectifs et les orientations souhaités pour la race et d'entretenir une dynamique collective autour de sa valorisation et sa promotion. Ainsi, en l'absence de ces orientations institutionnelles et de cette standardisation, le marché peut constituer le seul moteur d'une orientation individuelle des éleveurs, s'éloignant alors de races locales n'offrant qu'un faible positionnement sur le marché.

Objectif et abord de la question centrale de recherche

L'image générale décrite dans le paragraphe précédent est issue de différentes études de cas à travers le monde. Elle est néanmoins à ré-interroger pour chaque situation, chaque type de marché et, de façon centrale, chaque espèce prise en considération. La présente thèse a été entreprise dans ce but précis. Elle vise à mieux comprendre les possibles interactions entre le marché et la gestion des ressources génétiques ovines dans le milieu périurbain de Ouagadougou. A travers l'étude de ce cas particulier valant pour la production de recommandations politiques ou associatives pour la zone concernée, cette recherche vise à éclairer et enrichir notre compréhension des mécanismes généraux décrits ci-haut en mettant en évidence la façon dont ils sont remis en question par le contexte précis et l'espèce considérée.

Pour ce faire, il s'agit tout d'abord de comprendre les pratiques actuelles de gestion et d'interroger la durabilité de celles-ci. Interroger la durabilité nous amène à traiter le sujet au-delà du cadre périurbain

direct et prendre en compte la gestion en zone rurale proche, concernant le mouton Mossi notamment. Ensuite, il s'agira de comprendre l'impact du marché sur la gestion actuelle en périurbain mais également les possibles évolutions dans cette gestion. Enfin, dans ce contexte du marché on analysera les préférences des éleveurs pour différentes caractéristiques des moutons et les compromis qu'ils font entre ces différentes caractéristiques. La réponse à ces questions devrait permettre de repérer d'éventuels risques pour les ressources génétiques et proposer une gestion en accord avec la dynamique économique et le besoin de la durabilité.

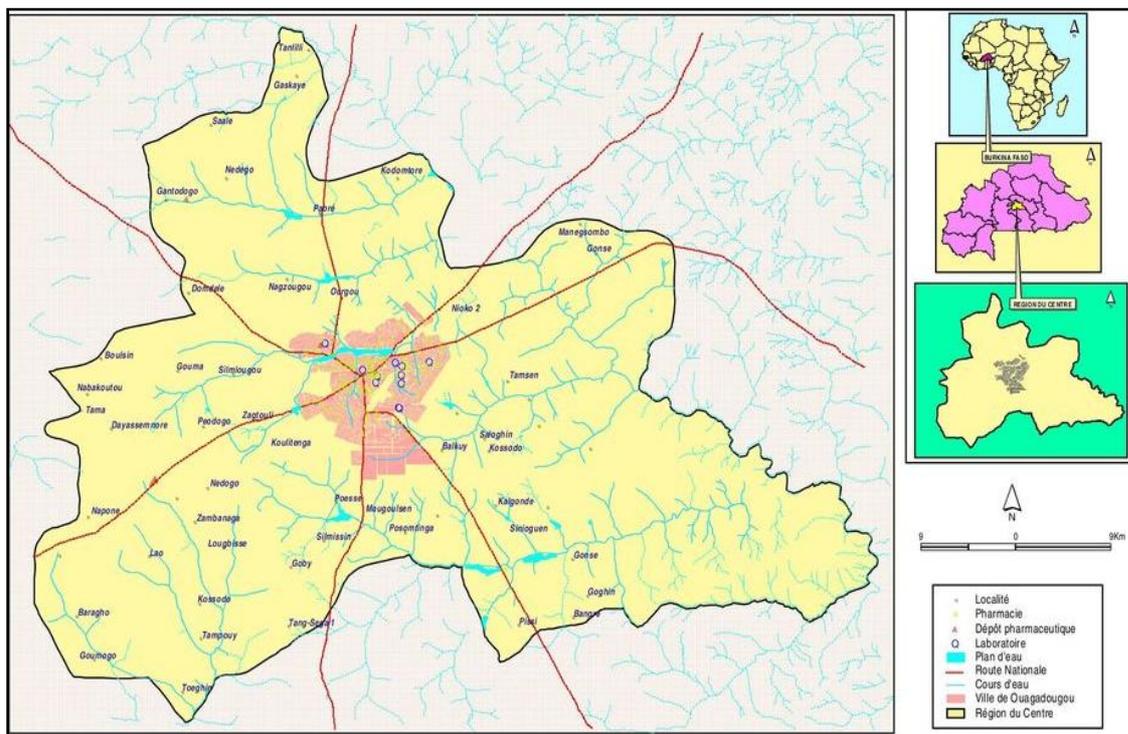


Figure 6 : Localisation de la région du centre (Ouagadougou et ses périphéries)

Chapitre I: Gestion et amélioration des ressources génétiques: particularités des petits ruminants dans les pays en développement

Ce chapitre est une synthèse de littérature. Elle revient sur les particularités socioéconomiques de la gestion et de l'amélioration des ressources génétiques des petits ruminants dans les pays en développement. Il est présenté sous forme d'article dans le but d'être soumis pour publication après amélioration.

Genetic resources management and improvement: particularities of the small ruminants in developing countries

Kisito Tindano^a, Issa Hamadou^b, Fafa Sow^a, Nicolas Antoine-Moussiaux^{a,c}

^aFundamental and Applied Research for Animals & Health (FARAH), Sustainable Animal Production, Faculty of Veterinary Medicine, University of Liege, 4000 Liege, Belgium

^bINRAN,

^cTropical Veterinary Institute, Faculty of Veterinary Medicine, University of Liege, 4000 Liege, Belgium

Abstract

Small ruminants (sheep and goats) have a number of characteristics, whether in common or specific. Those give them specific places in the production systems. These characteristics include the ability to survive in harsh environments, and to find food in particularly poor pastures. Their small size and their short cycle make them play a role of easily-mobilisable saving. The roles played in the different systems have a great impact on the herd management and exploitation and this in turn influences the genetic management and improvement of these small ruminants. The management of the genetics of small ruminants must therefore be approached in a specific way taking into account the realities of the field in order to obtain the true involvement of the breeders that is crucial to success and sustainability of improvement programs.

Introduction

Small ruminants, i.e. sheep and goats, are among the most frequently encountered species in developing countries. According to FAO/OIE (2016), 300 millions small-scale farming households worldwide depend on small ruminant for food and income. They are generally fairly well integrated and well adapted to the husbandry and environmental conditions of a wide diversity of habitats, particularly dry and mountainous areas (Boyazoglu *et al.*, 2005). Their small size and ability to valorise poor fodder resources make them suitable to exploit a wide diversity of landscapes, including those where cattle are unable to thrive. Also their lower individual value compared to large ruminants and their shorter reproductive cycle, give them a particular role within the diversified livelihood strategies of household across the developing countries. Despite an obvious diversity inside the category of small ruminants, these features are shared between sheep and goats, which justify those to be jointly considered in much of scientific literature on livestock.

Small ruminants in developing countries, like other parts of the world, have often been the subject of attempts at genetic improvement, either by selection or crossbreeding (Kosgey *et al.*, 2009; Wilson, 2009). However, many of these attempts have faced failures, the main reasons for which remain the non-involvement of farmers and the neglect of environmental and economic conditions in the design and implementation of projects (Kosgey *et al.*, 2006).

The increase in demand for animal products in recent years and the forecasts made for this demand represent from the one side a need to increase small ruminant production to ensure their contribution to food security and, from the other side, an opportunity for small ruminant keepers to reap some benefits from this sectorial growth. Genetics are expected to contribute to this increase, but if the causes of past failures are known, adapted production systems with right species or breed that create an added value and/or allows to meeting demand are yet to emerge (Wilson, 2009). For example, how to get farmers to be involved and how to overcome socio-economic difficulties for a sustainable genetic program remain to be improved. These challenges are those of genetic improvement in

developing countries, notwithstanding the species at stake. Nevertheless, the dominance of cattle in these debates may lead to a failure to take account of the specificities of small ruminants. Development of such system with local breeds is not only for improvement of productivity but also can contribute to conservation of local genetic resources (Lauvie *et al.*, 2014). This again advocates the need to address with sufficient specificity the wide spectrum of genetic diversity and of livelihood systems to which the term “small ruminants” is referring. As a matter of fact, environment and socio-economic characteristics are variable from one region to another within developing countries and therefore, solutions should be multiple as well.

This paper aims to review the specific socio-economic constraints of small ruminants’ genetic improvement in developing countries and to suggest some ways to take them into account.

Importance to take the socio-economic context into account

Socioeconomic and environmental characteristics have long been neglected in the design and implementation of breeding programs in developing countries. This has resulted in trials of technology and/or genetics transfer. The results of such trials have for the most part remained unsatisfactory and unsustainable (Kosgey *et al.*, 2006; Wilson, 2009). It has therefore become important to take a better interest in this local context in order to propose better solutions (Wilson, 2009; Mdladla *et al.*, 2017). Indeed, in order to achieve a genetic progress that is sustainable, it is very important to take into account:

- The actual needs of producers and production systems (including the place of the different species in these systems) in which they operate;
- The opportunity for improvement by ensuring the availability of inputs and also the existence of a functional market for products;
- The economic and physical environment in which animals have to evolve.

It is noted that in this set of developing countries, these elements often vary widely from one region to another, from one system to another, or even within the same system. Ejlertsen *et al.* (2012) show, for example, that within the Gambian agro-livestock system, livestock objectives and selection criteria varied for small ruminants depending on the level of capitalization indicated by the number of head of cattle owned. Zonabend König *et al.* (2016a) also found in Kenya pastoralists a difference in preferences for different genotypes depending on the ecological zone where the production takes place.

Such particularities, which influence the needs of breeders, may be at the origin of a real commitment or not of the producers and must therefore be taken into account. The common features of small ruminants, as well as the socio-economic peculiarities of sheep and goat, regarding the goals and means of genetic management are further discussed here below.

Differences in characteristics and perception between sheep and goat

Sheep and goats share a number of characteristics, including small size and relatively short inter-generation interval. They also have the particularity of being widely spread through the world and are particularly found in dry and mountainous areas (Peacock and Sherman, 2010). However, they also show differences related to their pasture and herd behaviour. Indeed, while sheep present a gregarious instinct, goats don't, which makes it herd grazing more difficult. At grazing, sheep are presented as a highly selective species, consuming only the most nutrient-rich and digestible herbaceous while goat are less selective and graze both herbaceous and woody forage (Rosa Garcia *et al.*, 2012; Osoro *et al.*, 2013). This behaviour explains the image of goats as degrading the environment.

According to the region, there are differences in perception between sheep and goat. Morand-Fehr *et al.* (2004) stated that in some region, rearing of goat or eating goat products are signs of low social status. Homann *et al.* (2008) also argues that after recurrent droughts in Ethiopia, an increasing importance of goat was observed in Borana pastoralist, when these droughts increased the number of poor households. In several countries of West Africa, sheep have a socio-cultural importance, which gives them greater monetary value and more consideration by farmers compared to goats. Thus, Dossa *et al.* (2015) observed in three cities of this region that, while goat herds are generally made up of a single breed, sheep herds usually include several breeds and crossbreds. These authors interpreted this as a higher motivation for strategic breeding among sheep than goat. In the same region however, in Benin more particularly, Dossa *et al.* (2008) describe the belief that the presence of ewes in a household negatively affects the fertility of women in this household, who then don't raise them. In others regions, like some country of Central or East Africa, goat meat is more appreciate than sheep (Tadesse *et al.*, 2014).

All of its characteristics, common as distinctive, have an impact in their management in general, including the management of their genetics.

Place of small ruminants in production systems and their genetic management

Small ruminants, compared to dairy cows, pigs or poultry in most developing countries, have remained almost wholly integrated into extensive systems where livestock conditions are generally constraining and where saving and insurance appear to be the mains roles of livestock. For example, 90% of goats in developing countries are in rural zone (Boyazoglu *et al.*, 2005). Mueller *et al.* (2015) also find that small ruminants are generally less integrated into classic breeding programs compared to other species such as cattle and pigs. Similarly, the practice of crossbreeding with exotic breeds, which requires better breeding conditions is less observed in these species compared to the other species mentioned above, as noticed by Leroy *et al.* (2015). Also it can be inappropriate for farmers to practice crossbreeding, as it will contribute to reduce the adaptive aptitude of their animals (necessary to saving and insurance roles).

Different systems integrating small ruminants in developing countries will ascribe them a distinct importance. Indeed, in some systems, in particular the pastoral systems, livestock keepers are in perpetual adaptation face to change and resources scarcity. In these systems, Small ruminants fall within a strategy of exploitation of available resources and risk management involving several other species (Ayantunde *et al.*, 2007; Peacock and Sherman, 2010; Marshall *et al.*, 2016). They high prolificacy, their small inter-generation interval and their ability to survive on basis of poor fodder resources (particularly goats) enable a rapid reconstitution of herds after a climatic crisis. They occupy therefore a strategic place for risk management in the system. Peacock and Sherman (2010) and Rosa Garcia *et al.* (2012) have observed in sub-Saharan Africa that successive droughts have resulted in increased interest among pastoralists for small ruminants. As evoked earlier, Homann *et al.* (2008) also observed in Borana pastoralists in Ethiopia, that after consecutive droughts, small ruminants' proportion in households' herds increased, shifting from 28% to 38% partly due to the high mortality of cattle and the lowering quality of pastures following sedentarisation. Goats particularly allow in this environment for the exploitation of thorny shrubs, which are more resistant to drought.

In smallholder crop-livestock systems compared to pastoral one, different species are rather seen as isolated activities, maybe in competition with each other. For some smallholders, small ruminant represent only a springboard for access to other more desirable species (bovine animals in particular) or even to other non-agricultural economic activities (e.g. small retail shops). In these crop-livestock areas, when land pressure becomes high, small ruminant tend to replace cattle (Homann *et al.*, 2008; Peacock and Sherman, 2010).

These statuses of small ruminants inside the systems are of paramount importance both in defining the livestock keepers' emphasis on genetic improvement and the desired direction for this possible improvement. While for pastoralists the intended objectives must take into account the roles played by the other species of the system and thus be envisaged in a multi-specific framework, among crop-livestock smallholders, investing for the long term in genetics may not be an objective as these species hold a transitory role in their strategy. About the direction of possible improvement, for example, while pastoralists will focus on adaptive and disease-resistant characteristics, smallholders in agricultural or suburban areas will be more interested in directly productive trait (growth, adult weight), sometimes through crossbreeding particularly in order to better profit from market opportunities (Kosgey *et al.*, 2008; Peacock and Sherman 2010; Tadesse *et al.*, 2014). This objective of rapid improvement to take advantage of the market is also found in the suburban area of Ouagadougou (Burkina Faso) with crossbreeding between two local breeds (Tindano *et al.*, 2015).

Small ruminants and genetic improvement for the poor

Small ruminants' livestock keepers particularly goat often belong to the categories of poor or precarious households and they have also small herd size (Missohou *et al.*, 2016). Indeed, many of these smallholders use small ruminants in order to exit from this situation of poverty by saving and capitalization. This has an impact on breeding program implementation as it implies among other, money investment. The small herd sizes makes it necessary to gather a larger number of individual breeders in the joint effort of selective breeding, to reach the minimal nucleus needed. Also, in such small herds, the so-called “negative selection” is often observed. Indeed, due to the preference of small ruminants as source of immediate and regular cash, best animals are often sold earlier (Gizaw *et al.*, 2014a; Tadesse *et al.*, 2014; Missohou *et al.*, 2016). In some herds in Ethiopia and South Africa, it was reported that there is almost no adult male (Jaitner *et al.*, 2001; Gebretsadik *et al.*, 2014; Mdladla *et al.*, 2017). In some region, the small size of herds and its disadvantage for genetic improvement may also entail gender-biased consequences, the concerned keepers being mainly women, as was observed by Dossa *et al.* (2008) in Benin and Jaitner *et al.* (2001) in Gambia.

In many parts of the developing world, lacking own land resources, small ruminants keepers exploit the communal pastures where different herds come together (Gizaw *et al.*, 2009; Tindano *et al.*, 2015). Animals are often left wandering without any supervision during the day in these communal pastures, making the mating control more difficult (Tindano *et al.*, 2015; Mdladla *et al.*, 2017). Therefore the particular value of small ruminants as an asset to produce value from communal resources, which appears as a major advantage of this livestock for poor households, also appears as putting a strain on the ability to lead their genetic improvement.

To this it will be added the higher illiteracy rate among these same poorer categories of livestock keepers that further complicates performances and pedigree recording.

Genetic improvement of small ruminants and institutional development

The real challenge of animal breeding in developing countries, if the involvement and benefit of farmers are desired, certainly lies in the implementation of institutions necessary for the sustainability and effectiveness of improvement programs. However, small ruminants, particularly goats, are of lesser importance in livestock development policies and thus benefit from low public investment in services, research and extension, infrastructure including market, inputs and marketing (Boyazoglu *et al.*, 2005; Missohou *et al.*, 2016). As mentioned above, smallholders production systems are characterized by small herds, the low working time spent by animal, the absence of pedigree and a lack of control of reproduction (Ayalew *et al.*, 2003; Jaitner *et al.*, 2001; Almeida *et al.*, 2008; Tibbo, 2008). Therefore, in these systems, the breeding strategy mainly lies in the culling decisions. In pastoral systems where herds are larger, mobility imposes other kinds of constraint to genetic improvement programs. Both the characteristics of the low-input systems being home to them and the non-central role of small ruminants inside these systems make it unlikely to people to self-organize

around the stakes of their management, and uneasy to organize them. Nevertheless, as for other species, in systems where small ruminants are central, one will find clear social organisation of the management of these genetic resources and an institutional basis to build a genetic improvement program (Anderson and Centonze, 2007).

The low institutional development, around livestock in general and especially small ruminants management, in addition to impact genetic improvement, also compromises the conservation of resources. The best way to conserve a breed, particularly in developing countries conditions, is to encourage their use by livestock keepers through economic incentives, which will be market-driven where possible (Wollney, 2003; Lauvie *et al.*, 2014). Indeed, market is central to genetic erosion, by its failure to value certain features (Anderson, 2003) and also by globalisation that favours industrial farming or others products to the expense of small livestock farms (Tisdell, 2003). This pushes poorest farmer to abandon livestock, and thereby, to abandon their breeds, their secular know-how and their ecosystems often already fragile (Hodges *et al.*, 2014). One can cite the case of woolen breeds, which are subject to competition from other textiles causing their wool to lose market value, as is the case of the Koundoum breed in Niger (Hamadou *et al.*, 2015). The case of exotic breeds is to be included in this context. These are, indeed, used massively in crossbreeding with local breeds, as it is the case of sheep in Peru where nearly 19% of the sheep population is registered as crossbreeds with exotic breeds (Leroy *et al.*, 2015). This situation is aggravated by the lack of data on breeds, particular in small ruminants, which does not allow identifying quickly if a breed is at risk (Wollney, 2003). This is the case in West Africa where breeds are often described within countries, but differences between these breeds for different countries are never established (Missohou *et al.*, 2016)

Approaches to genetic improvement

Selection

It will be addressed according to two approaches: centralized approach and community based approach.

Centralized approach

Centralized approach has, as principle, conduct of activities by a central structure with specialized technique and scientific competencies. The progress achieved in these nuclei has then to be diffused among livestock farms. These structures are generally established by governments or NGOs, but can also be carried out by private structures. This type of scheme has been long preferred for genetic improvement in developing countries, in order to overcome some difficulties such as like of infrastructures, performances and pedigree non-recording, small herd size and uncontrolled mating. With personnel qualification and initial investments, the animals were usually well followed, and data well recorded. The use of sophisticated statistical techniques allows prediction with high accuracy of genetic value of selection candidates. This allows achieving rapid genetic progress. The nuclei may be

closed or open, but in any cases, animal identification and pedigree recording allow good management of inbreeding (Kosgey and Okeyo, 2007).

A number of difficulties are, however, been generally associated with these stations. If the genetic progress is fast in the stations due to precision, the diffusion is generally low (Gizaw *et al.*, 2007). Indeed, given the technical level, breeders are poorly involved in the nucleus design and implementation (Gizaw *et al.*, 2014a), and in West Africa, this top-down approach has been the cause of lukewarm results of the programs implemented so far (Missohou *et al.*, 2016). This creates a gap between the two entities that is generally being one of the factors preventing innovations adoption. This problem is often exacerbated by the bureaucracy with long processes (Kosgey *et al.*, 2006) and the mistrust due to some previous experiences. More specifically to small ruminants, the poor development of artificial insemination makes this diffusion more difficult. Another often difficulty cited is the environmental differences between the station and producers farms. For the traits which can have interactions with the environment, this results in non-performing breeding male/female on the farm (Kosgey *et al.*, 2006) increasing thereby breeders' distrust. Finally, such stations require heavy funding to mobilize a competent team and maintain a sufficiently large nucleus. For poor countries, this presents a problem of continuity of funding (Gizaw *et al.*, 2014a) and causes of failure of several breeding programs (Ahuya *et al.*, 2005; Kosgey *et al.*, 2006). Private structures can help to overcome these financial difficulties; however, the cost of selected animals could be very high for poor farmers.

According to Mueller *et al.* (2015), these types of programmes involve rarely small ruminants in developing countries. Nevertheless, Kosgey *et al.* (2006) spotted some initiative of this type across tropical countries.

Community-based approach

Community-based approach is the organization of farmers to drive themselves breeding activities from their own genetic resources, with the support from technical and financial institution (Mueller *et al.*, 2015). This approach is designed for selection in the low input systems and is much used in the context of small ruminants as these species are poorly been taken into account in the so-called conventional previous approach (Mueller *et al.*, 2015).

The principle being to take inspiration on current practices by bringing the necessary innovations, there could be no scheme designed to be ready for use in all regions of the developing world, which would anyway deeply contradict the philosophy of this approach. Indeed if the various communities evolving in these environments have many practices in common, regional specificities are not to overrule since their neglect can cause the failure of the breeding program (Kosgey and Okeyo 2007).

The simplest structure is the organization of producers at the scale of a village cooperative in order to involve more animals. Mass selection is practiced as information on pedigree can be difficult to obtain. But as herds of the same community, who use the same communal pastures and are less

connected with other communities, share much of their environment, they can be considered as a single closed herd (Gizaw *et al.*, 2009; Mirkena *et al.*, 2012). This selection will carry only on males, given individual herd size and the difficulty to record performance for a large number of animals. Performance recording allowing males selection is provided by a breeder trained and recruited for this task. Small groups of 2 to 4 neighbours will share the same selected male. It is also possible to form a nucleus of breeders in whom selection is conducted with a later diffusion of progress to other breeders (for more organizational details see Gizaw *et al.*, 2009). The introduction of mass selection involving the entire village livestock can increase the intensity of selection and avoid dilution in a context of uncontrolled mating (Gizaw *et al.*, 2014c). By integrating in this process a management of inbreeding, it should lead to a genetic visible progress over the long run. With such scheme, Gizaw *et al.* (2014c) have obtained in Ethiopia (Menz region), a genetic progress in sheep of 0.92 kg body weight at the 6 months within one generation of selective breeding.

In some areas, particularly when animals are followed by shepherds, pedigree recording can be done with a good level of reliability. Such example is still given by Gizaw and collaborators (2014b) in a subalpine region of Ethiopia, where animals were guarded continuously and the shepherds were able to know the lambs' pedigree in 80% of cases. To extend such scheme to the scale of a breed, applying to a whole region, it is possible to install multiple structures in strategic villages that will be used as nuclei to diffuse the genetic progress to other villages (Gizaw *et al.*, 2014a). The choice of such villages should involve all the villages and should be made with an objective process to foster a consensual decision.

The difficulties associated with this approach include the level of education and technicality of farmers, as well as their poverty that reduce organizational and structure management capacities (Gizaw *et al.*, 2009). However, if these difficulties are overcome, such structures have the advantage to inspire greater confidence to farmers.

As it might be expected also, genetic progress in these conditions are generally lower than those made in central nucleus schemes, but on the other hand, this progress is directly at producers level and therefore no diffusion is needed (Gizaw *et al.*, 2014c). In a context of lesser development of artificial insemination in small ruminants, this is a great advantage. Another advantage of this type of scheme is the redistribution of the benefits generated by progress, unlike schemes with central nuclei where benefits are centralized in the station and seldom (if ever) redistributed (Gizaw *et al.*, 2014c). Mueller and collaborators (2015) identified through developing countries 6 programs, developed on small ruminants following this approach between 1987 and 2009, which are still on-going, showing the viability of this strategy.

Crossbreeding

Livestock development policies in developing countries, particularly in Africa, encourage short-term solutions through crossbreeding and breed transfers (Wollney, 2003).

Crossbreeding practices usually involve a local adapted breed and an exotic one, selected for high production. In Africa, for example, the Dorper sheep, the Boer goat from South Africa and the Toggenburg goat from Swiss are widely used. Crossbreeds are generally less suitable for harsh environmental conditions and will therefore have special requirements in hygiene, veterinary care and feeding (Leroy *et al.*, 2015). But when these conditions can be met, the practice of crossbreeding leads to a rapid increase in production and will require an outflow market (Roschinsky *et al.*, 2015; Leroy *et al.*, 2015). This implies a well-organized and efficient chain, often absent in developing countries.

The distinct approaches mobilised for selective breeding in developing countries can also be considered in the case of crossbreeding. Indeed, although community-based approach is less encountered in crossbreeding (Mueller *et al.*, 2015), some experiences can be cited, as the case of FARM Africa goat project in Kenya (Peacock *et al.*, 2011).

Crossbreeding as a way of genetic improvement has several schemes that can be summarized in two types: Crossbreeding for essentially genetic purposes (creation of composite breeds, improvement and enlargement of diversity, absorption crossbreeding) and commercial crossbreeding (terminal or rotational).

Commercial crossbreeding

These crossbreeding are designed to take advantage of heterosis effects and complementarity between breeds. The speed of results seems at first sight to make these crossbreeding the ideal pathway of genetic improvement, in areas where the productivity growth is necessary to respond to a current demand (Leroy *et al.*, 2015). According to these authors, the analysis of national reports submitted to the FAO in 2014 clearly shows that developing countries adopt more crossbreeding than selection as a way to improve animals' performances. However, these crossbreeding are much less observed in small ruminant and beef production (Leroy *et al.*, 2015). Studies have shown, however, the efficiency of such crossbreeding to produce efficient animals for meat production in ruminants (Leroy *et al.*, 2012). It is also observed that in dairy cows where these crossbreeding are used, coordination remains weak and generally not systematically follows a specific scheme, sliding often toward informal rotational scheme (Madalena *et al.*, 2012; Roschinsky *et al.*, 2015; Leroy *et al.*, 2015). The reasons given by the authors to justify these behaviours are the difficulties of access artificial insemination or to obtain replacement females.

However, the lack of willingness of breeders to eliminate end-products may also impede the good implementation of the scheme. Indeed, the practice of terminal crossbreeding implies elimination of the terminal product to avoid any further dilution of the foreign genetic inside the local pool, so benefitting at each cross of the full heterosis effect. This, however, comes in contradiction with the

roles of savings, insurance and social integration played by ruminants in developing countries. The willingness of breeders to conserve crossbreeds would contribute to explain the more practice of crossbreeding in milk production, which involves the systematic use of the first female offspring in farms. This has an implication for small ruminants, particularly sheep, which are less kept for milk in developing countries, which can explain the lesser use of these species in commercial crossbreeding compared to dairy cattle.

Crossbreeding for genetic purposes

These crossbreeding are designed for the creation of a synthetic breeds, an introduction of new genes in a population in order to improve both production and variability or finally the substitution of a breeds. They have the disadvantages to threaten local populations and to require a large population to be efficient. They have, on the other hand, the advantage of a relatively rapid improvement without systematically be opposed to saving and insurance roles. They also do not require continuously replacement females.

This type of crossbreeding is practiced traditionally and informally between local breeds in different regions (Anderson and Centonze, 2007; Hamadou *et al.*, 2014), and in neighbouring regions this has often been the origin of new population as are the cases of Mossi sheep in Burkina Faso and Vogan sheep in Togo (Gbanboché *et al.*, 2002; Traore *et al.*, 2008). Cases of modern practice that led to the creation of synthetic breeds exist, as it is the case of Dorper sheep (Ramsay *et al.*, 1999) and probably the Boer goat (Casey and Van Viekerc, 1988; Malan, 2000).

What to begin with?

There are in developing countries many genetic improvement initiatives in small ruminants (Kosgey *et al.*, 2006; Mueller *et al.*, 2015). Most of these initiatives have focused on how to achieve progress and have neglected the aspect of diffusion and sustainability among farmers. The result was the cessation of activities after the research phase, followed by a dilution of the progress achieved. Indeed, sustainability much takes into account the economic, social and environmental aspects (Peacock and Sherman, 2010). So, a good understanding and consideration of socioeconomic characteristics has importance beside the technical aspects of genetic improvement activities in a region. For example no genetic improvement strategy is sustainable without the collaboration between farmers and their commitment. Therefore, the first objective of any scheme after the definition of breeding goal, must be to succeed at organize producers and get them together for the long-term (Wollny, 2003). Genetic improvement activities (performance recording, selection, mating control) require an additional investment of time, workforce and financial resources that are obtained only with the motivated breeders. However, interests related to selection for example are less visible in the short term. It is therefore necessary to design a breeding strategy as a joint innovation inside a wider package. The association of genetic improvement activities to a more global production and economic efficiency

improvement strategy, including through training and other guidance in areas of immediate interest, such as animal health, feeding, market access, can create and maintain motivation among breeders (Kahi *et al.*, 2005; Rege *et al.*, 2011; Mueller *et al.*, 2015). Indeed, give the hope of a better life in the near future motivates the poor to get involved. On the contrary, if welfare is seen only in the distant future, poor may become convinced to never get there and disengage from such attempts (Banerjee and Dufflo, 2007).

In the context of small ruminant farmers in developing countries, the community-based approach seems the most suitable to start (Missohou *et al.*, 2016). In this case particular attention must be paid to a set of elements. Concerning crossbreeding, a good implication of governments is particularly necessary to frame and implement the control of the genetic flow, so preventing genetic erosion and ensuring its sustainability. For selective breeding, process of choosing the selection criteria should be done very carefully given the various limitations that may be encountered in recording the necessary information (Gizaw *et al.*, 2009; Gizaw *et al.*, 2014c; Mueller *et al.*, 2015). When selection occurs in a core of breeders, the ideal would be that these farmers sharing the same areas and the same practices to increase the efficiency of the comparison on the basis of phenotypes.

A community-based scheme requires respected local institutions with a true leadership in the community. Transparency and participation will be crucial to ensure informed and acceptable actions, and thus efficacy and viability of the scheme. This requires the policies to exclude all kinds of clientelism and favouritism, but also an investment in the development and strengthening of capacities of breeders, the institutions and organizations that have key issues in supporting selection programs (Kahi *et al.*, 2005; Mueller *et al.*, 2015). Internal regulations, to regulate the operations of the structure and the involvement of stakeholders will be established collectively, and shall specify in particular the management of selected males and the elimination of unselected (castration, separation, sale) (Gizaw *et al.*, 2009; Rege *et al.*, 2011; Mueller *et al.*, 2015).

A strong link between research, extension and producers is particularly required for success (Kosgey *et al.*, 2006; Mueller *et al.*, 2015). But since the different local institutions are themselves subject to change, it is necessary to maintain flexibility in the organization of the structure through continual revisions (Mueller *et al.*, 2015). All operations should aim on the long-term for a lesser dependence on financial inflows and external techniques (Mueller *et al.*, 2015). Also, researchers must think beyond the laboratory or experimental field, in order to take into account the real needs of the livestock keepers at the farm level and design effective implementation and diffusion structures (Rege *et al.*, 2011; Chagunda *et al.*, 2015).

Identifying bottlenecks on the market and working on its improvement, in order to create more benefits for stakeholders, should create more incentives to them to get involved in a joint effort of genetic progress or resource management. Raising the level of production by an improvement of practices should contribute to this incentive. The strengthening of individual and global capabilities that are needed for implementation of genetic progress will gradually introduce better practices and

improve this efficiency and extend the interest of a genetic program beyond the sole genetic gain (Kahi *et al.*, 2005). In all cases, being based on existing traditional institutions and aiming at their strengthening, within participatory programs, can overcome difficulties (Van der Werf, 2000; Tibbo, 2008).

Conclusion

Small ruminants in developing countries present particularities, among which their adaptive and reproduction traits, their places in the different systems and their place in development policies. Also their husbandry implies some practices, such as free communal grazing, uncontrolled mating, and their herds are often small. This has an impact on their genetic improvement and their conservation.

To overcome these constraints to the implementation of genetic improvement program, community-based and integrated approach seems to be advisable. The first objective of a program therefore should be to understand breeders' motivation and obtain their commitment by responding to this demand for progress in an acceptable time horizon. Feed and health care improvement, and marketing strengthening can give immediate benefit while genetic pursue the long-term interest.

Chapitre II: Caractérisation et typologie de l'élevage ovin en zone périurbaine de Ouagadougou (Burkina Faso)

Ce chapitre ouvre les études originales de cette thèse. Il vise à caractériser le système de production ovine dans la zone périurbaine de Ouagadougou en mettant l'accent sur la gestion des ressources génétiques. Cette étude a aussi permis d'établir une typologie des élevages ovins de la zone.

Les résultats de cette étude ont été publiés dans la revue *Archives Animal Breeding*.

Characteristic and typology of sheep herding system in the suburban area of Ouagadougou (Burkina Faso)

Kisito Tindano^a, Nassim Moula^{a,c}, Amadou Traoré^b, Pascal Leroy^{a,c}, Nicolas Antoine-Moussiaux^{a,c}

^aFundamental and Applied Research for Animals & Health (FARAH), Sustainable Animal Production, Faculty of Veterinary Medicine, University of Liege, 4000 Liege, Belgium

^bINERA, 04 B.P. 8645 Ouagadougou 04 Burkina Faso

^cTropical Veterinary Institute, Faculty of Veterinary Medicine, University of Liege, 4000 Liege, Belgium

Ce chapitre est présenté sous forme d'article et a été publié dans la revue Archives Animal Breeding vol. 58, (2015, 415–423.

Préambule

Cette première étude vise à comprendre la situation de la gestion des ressources génétiques ovines dans le cas de la zone périurbaine de Ouagadougou. Elle s'intéresse spécifiquement aux caractéristiques des différents acteurs et leurs objectifs sur le plan génétique et économique. Les questions des pratiques de gestion seront abordées tenant compte des infrastructures, de l'alimentation et des soins vétérinaires. Les performances financières ont également été évaluées pour dix élevages volontaires.

Abstract

Strong increase in demand for animal products could benefit to local producers in developing countries. Suburban livestock is more particularly concerned by this development opportunity. In Burkina Faso, the suburban area of Ouagadougou is place for the setting up of an increasing number of breeders. Due to its importance in religious traditions, spurring its consumption in whole West Africa, mutton is a major part of this suburban production. In order to characterise sheep farming in the suburban zone of Ouagadougou, in terms of motives, practices and economic performance, and better understand the dynamic at play in the sheep sector, a survey has been conducted among 80 sheep farmers around Ouagadougou. The results show that suburban sheep keeping is a highly dual sector. Nearly half (42.5%) of farms may be described as traditional livestock, while 50% are evolving towards intensification. These two groups essentially differ in terms of animal genetic and feeding management, farms infrastructures and farmers education level. Economically, the whole sample tends to indicate a lack of profitability of the activity in terms of monetary income. Several factors contributing to this situation are pinpointed, namely feed and animal health constraints, flock and production management, and the market conditions.

Keywords: Genetic resources; Ouagadougou (Burkina Faso); sheep; socio-economic; suburban; typology

Introduction

The high demographic and urban growth in developing and emerging countries is accompanied by a strong increase in demand for animal products, of which local producers could benefit (Steinfeld, 2004). Nevertheless, the livestock development programs in these countries have often involved the use of exotic breeds, for substitution to local stock or for crossbreeding. Also, due to technical and organizational issues, most of these attempts have resulted in failures or short-lived improvements (Madalena *et al.*, 2002; Kosgey *et al.*, 2006). At present, about 70% of currently existing domestic breeds are found in developing countries but are threatened by complex socio-economic processes pushing for their abandonment, among which the here-above cited development programs (Rege and Gibson, 2003; Tisdell, 2003). It is now recognized that the sustainable development of animal husbandry entails the improvement and conservation of indigenous breeds that show remarkable adaptation to the difficult environments of tropical countries and the low-input systems prevailing in family farming across the world (Kosgey *et al.*, 2006). However, the absence of a clear definition of improvement objectives, that would take into account the social and economic specificities of the systems and their ecological constraints, have caused the failure of recent efforts to promote indigenous breeds in local development (Kosgey and Okeyo, 2007).

Suburban livestock is more particularly concerned by the development opportunity represented by the rise of demand for animal products (Rischkowsky *et al.*, 2006; Amadou *et al.*, 2012). In Burkina Faso, the suburban area of Ouagadougou is place for the setting-up of more and more breeders, who could benefit from markets proximity, both for products and inputs. Due to its importance in religious traditions, spurring its consumption in whole West Africa, mutton is a major part of this sub-urban production. This study characterises sheep farming in the suburban zone of Ouagadougou, in terms of motives, practices and economic performance, to better understand the dynamic at play in the sector. It pays particular attention to sheep genetic resources management. It then draws up a typology of these farms to serve as a basis for future research and development policies.

Material and methods

Overall study design

First, sheep farms of the suburban area of Ouagadougou were characterised through a survey among 80 farmers, conducted on April and May 2012, with a second passage in April 2014. Second, a one-year follow-up of economic performances of a sample of ten farms was conducted from November 2012 to October 2013 (i.e. between the two surveys phases).

Study area

Ouagadougou is the largest urban centre in Burkina Faso. It is located in the centre of the country at 12°40 North latitude and 1°50 West longitude, with a northern Sudanese climate (Figure 1). Rainfalls range from 600 to 800mm per year and extend from June to October. Vegetation is tree and shrub

savanna type with a herbaceous layer, abundant in the rainy season, dominated by species such as *Pennisetum*, *Cenchrus*, *Aristida*, *Brachiaria* and a ligneous layer dominated by *Combretum micranthum*, *Lannea microcarpa*, *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*. Population of Ouagadougou was estimated in 2012 at more than 1,915,000 inhabitants (INSD, 2014), with more than 187,000 sheep.

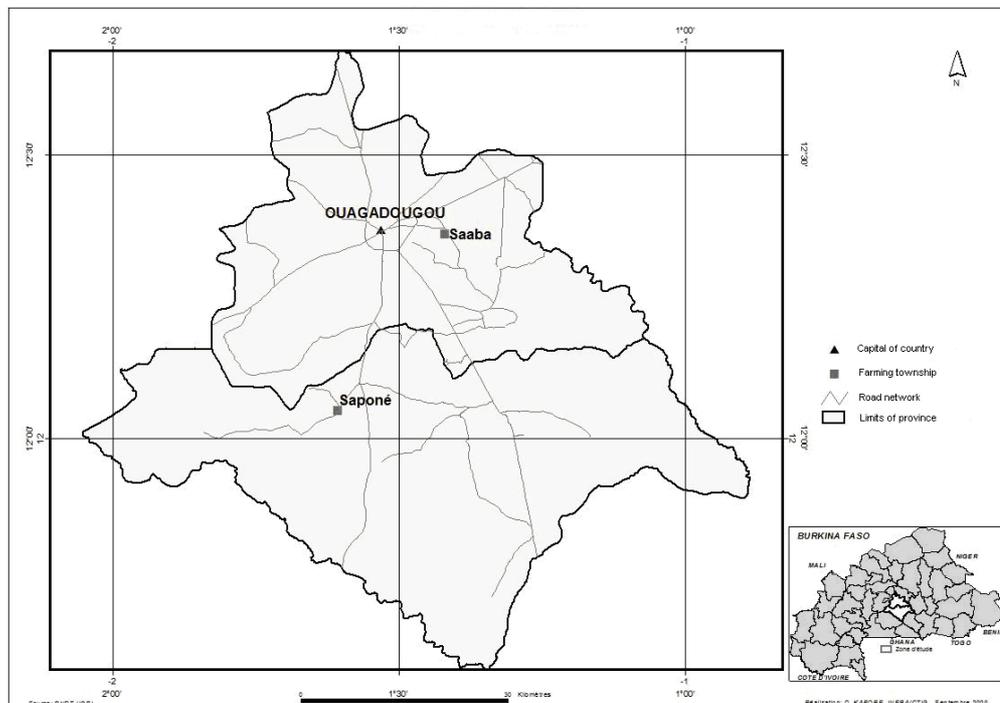


Figure 1: Study area Ouagadougou, Burkina Faso

Sampling

The criterion of inclusion of breeders in the survey was to own a minimum of ten sheep. In eight zones distributed around the city of Ouagadougou, livestock technicians and key informants were consulted to draw up a list of breeders meeting the above criterion, each including finally from 11 to 26 breeders. For each zone, ten farmers were drawn randomly for interview.

Herders practicing crossbreeding were retained after the passage of 2012 for monitoring of their economic performances. Twenty-four were proposed to involve in this follow-up. From the 16 farmers who agreed to begin, 10 have cooperated till the end.

Data collection

The questionnaire was applied in face-to-face interviews, in local language. It included multiple choice and open questions. They focused on: i) information on the breeder and the household, ii) farm infrastructure and flock structure, iii) breeders' economic activities, iv) flock management, v) breeds and breeding practices.

The economic monitoring covered data on flock dynamics (stock changes), livestock expenses and incomes. It was conducted as follows.

- An inventory of the sheep flock at the beginning and the end of monitoring, in which a value was assigned to each animal in agreement with the breeder and taking the market price into account.
- The difference between the value of the flock at the beginning and at the end was counted as an income;
- Monthly record of expenses for sheep production: feed, veterinary care, labour, sheep purchase. For expenses that are common to different species (cattle, sheep, goats), such as feed and labour, all the animals have been converted into Tropical Livestock Unit (1 small ruminant = 0.12 TLU) and the proportion of sheep in the total TLU was applied to expenditures to calculate the share of expenses to be attributed to sheep;
- Monthly record of livestock incomes: sheep sale, home consumption.

The on-farm use of organic manure was not counted as an income, considering that compensation occurred between this manure and the own crop residues used for animals feeding, which were then not counted as an expense.

Statistical analysis

All statistical analyses were performed with R (version 3.0.1). Descriptive statistics, Multiple Correspondence Analysis (MCA) and Hierarchical Classification Analysis (HCA, Ward's algorithm) were performed to establish a typology (package FactoMineR, functions MCA and HCPC (Hierarchical Clustering on Principle Components)) (Agro Campus Ouest, Rennes, France). The variables used for MCA and HCA are described in Table 1. Chi-square or Fisher's exact tests were conducted to evaluate the dependence between clusters and categorical variables as well as between categorical variables.

Where data are missing and number of respondents is not equal to 80, numbers of respondents are mentioned between brackets after citation rates.

Table 1: Codes for variables and modalities used in Multiple Correspondence Analysis

Variables	Codes	Modalities
Education	Educat	educat1: no formal education educat2: primary or secondary educat3: higher education
Breeding objectives	object	object0: no selection object1: young's growth/weight object2: rusticity
Reasons for involvement in livestock	reason	reason1: farmers with purely economic objectives (generating cash income) reason2: farmers having in addition to economic goals, other reasons
Breeds	breeds	breed1: Djallonké pure breed breed2: presence of cross breed or Fulani pure breed
Non-agricultural economic activity	econact	econact0: no econact1: yes
Concentrates distribution period	concep	conce0: no concentrate conce1: concentrate all the year conce2: concentrate all the dry season conce3: concentrate only part of the dry season
Systematic deworming	deworm	deworm0: no deworm1: yes
Ethnicity of breeder	ethnic	mossi: Mossi herder fulani: Fulani herder other: other ethnic herder
Type of fold	fold	fold1: no enclosure fold2: enclosure without roof fold3: enclosure with roof
Number of sheep	number	number1: number of sheep < 30 number2: number of sheep between 30 and 50 number3: number of sheep > 50

Results

Socio-economic characteristics

Table 2 summarizes socio-economic characteristics of the 80 interviewees and their household. All of them are sedentary, with a very large majority of farms headed by men (95.0%). These farm managers are divided mainly in two ethnic groups, namely Mossi (53.8%) and Fulani (38.8%), with 7.5% other ethnic groups. Their ages range from 18 to 74 years (mean 43.1). In terms of education, 31.3% of herders have not received any formal education, while 18.8% have a university level. The main motive to involve in livestock includes the search for profit (income, additional income) in 41.3% of cases, and intangible satisfactions (culture, passion for breeding, conservation of heritage) in 58.8% of cases. The education level and motives to involve in livestock show a statistically highly significant dependence (Fisher's exact test, $p < 0.0001$), with high levels of education associated to purely economic motives. In 81.2% of households, at least one family member is working on the farm and 46.2% of farms use hired non-family labour.

Sheep flocks range from 10 to 102 animals per farm, with a median and third quartile equal to 21 and 36.5, respectively. All interviewees have other economic activities. Sheep are mainly kept as second or third economic activity. Sheep production is then combined with other agricultural activities such as food crops (96.2%), other livestock species (87.5%) and cash crops (17.5%). Near half of respondents (48.0%, 37 on 77 respondents) have non-agricultural economic activities. Among them, 40.5% are employees, 37.8% are traders and 21.6% are divided in modalities as craftsmen or retired.

Investments in sheep keeping are made with own savings. Interviewees justify this situation by insufficient information on conditions of access to credit, a too high risk of credit, or the unfavourable loan conditions proposed by financial institutions. Access to livestock markets is not presented as a constraint. About 36% (28 on 77 respondents) of farmers have contacts with livestock traders, buying animals at farm gate. Others operate a choice between several markets and consider that there are always buyers at prices that satisfy them. However, 5.2% (4 on 77 respondents) of farmers report unfavourable market evolutions in recent years, due to an increase of feed costs that strongly reduces profit margins.

Table 2: Socio-economic characteristics

Variables	Breeders' percentages (%)	Means and SD
Sex		
- men	95.00	-
- women	5.00	-
Ethnic group		
- Mossi	53.75	-
- Fulani	38.75	-
- Other ethnic	7.50	-
Instruction level		
- No instruction	31.25	-
- Koranic school	13.75	-
- Local language literate	6.25	-
- Primary school	17.50	-
- Secondary school	12.50	-
- University	18.75	-
Marital status		
- Single	3.75	-
- Widower	3.75	-
- Monogamous married	62.50	-
- Polygamous married	23.75	-
Herding reasons		
- Tangible benefit	41.25	-
- Intangible benefit	58.75	-
Other economic activity		
- Agricultural	100	-
- Non agricultural	48.05	-
Breeders' age	-	46.13±12.69
Household size	-	8.80±5.02
Herds or flock		
- Sheep	100	26.56±18.55
- Cattle	76.25	28.82±20.14
- Goat	60.00	18.36±13.10
- Pig	05.00	17.33±11.01

Production management

Common pastures are exploited by 86.5% (64 on 74 respondents) of farmers and 64.1% of them leave their flock freely grazing there during the dry season. Zero grazing is practiced by 13.5% of farmers (10 on 74 respondents). All farmers distribute supplementary feeding, composed of concentrates (92.5%) and/or roughages (96.2%). This supplement is distributed all year round (30.0%), only during the dry season (62.5%) or part of the dry season (7.5%). Feed scarcity is cited as part of the constraints to production. The drinking water comes from different sources: drill-holes (53.7%), tap (23.7%), water impoundments (15.0%), ponds (5.0%) and wells (2.5%). The types of shelter for sheep include

pens with roof (47.5%) and roofless pens (43.7%). The others do not have any infrastructure to house their animals.

Health

Flocks are monitored by a technician in 75.0% of cases, and 65% of flocks are regularly dewormed and vaccinated against pasteurellosis. In case of disease, 80.0% of farmers call an animal health technician. Self-medication is, however, also practiced by 52.5% of farmers. Veterinary drugs are bought from animal health technicians (71.2%), veterinary pharmacies (22.5%), and on local markets (22.5%). The average distance of farms to veterinary structure is 5.60 ± 3.87 km. This distance is not significantly linked to the practice of self-medication ($p=0.29$). The most cited diseases are diarrhoea (71.2% citation rate), pulmonary disorders (68.7%), lameness (15.0%) and loss of appetite (11.2%). Overall, these diseases are identified as a major constraint as they strongly influence production.

Animal genetic resources

Sheep genetic resources consist mostly of three populations: the Mossi Djallonke sheep, representing 74.5% of the sampled flocks, Fulani sheep (6.1%) and crossbreds of these two breeds (19.4%). Generally, the Mossi sheep is described in the interviews as a prolific and disease-resistant breed, well adapted to its environment, but with a slow growth and low adult weight. The Fulani breed is subject to the reverse description, i.e. showing good growth and good adult weight, but low resistance to diseases due to a poor adaptation to the environment. The crossbreds are described as having intermediate characteristics. Among producers keeping several breeds or genetic types (33.7% of the surveyed farmers), 74.1% state a preference for crossbreds thought to represent a good compromise between resistance and growth. Pure Fulani sheep is preferred by 25.9% of interviewees for its higher weight and market price.

Reproduction and genetic improvement

An active selection of breeding rams is stated by 82.5% of interviewees, while only 12.5% select breeding females. Breeding stock selection is mainly done in own flock (63.7%) and may be bought from neighbouring breeders or on the market place (58.7%). Not selected males are sold but can remain in the flock waiting for a favourable period or liquidity needs requiring a sale. They do not practice castration and there are no other means to control mating, 88.7% of breeders relying on the dominant behaviour of their breeding male, even during the period of free grazing.

Selection objectives focus mainly on improving adult weight (87.9%), growth speed (83.3%) and rusticity (54.5%). Selection criteria are adult body size (68.2% citation), conformation (39.4%), coat colour (22.7%), rusticity (21.2%) and growth (13.6%). Choice is mainly based on own performance (100% of farmers) and performance of ascendants (54.5%). They do not weigh their animals. Thus, both growth and weight are judged visually.

Economic performances

On the ten farms monitored, seven (numbers 01 to 07 in table 3) have a positive average annual income of 4494 ± 2682 FCFA (Franc de la Communauté Financière Africaine) per sheep ($\sim 6.85 \pm 4.10$ €) and the three remaining operate with an average annual loss of 8224 ± 12617 FCFA per sheep ($\sim 12.54 \pm 19.24$ €). Table 3 presents an estimate of the revenue generated during the year as well as the different costs of production for the ten producers. Two breeders (numbers 09 and 10 in table 3) who operated at a loss had the particularity to employ both a shepherd and a supervisor. The third (number 08 in table 3) maintains his animals in permanent stalling but without maintaining a stock of feed (feed is thus paid daily).

Table 3: Costs, returns and margin/sheep of the flock in FCFA for ten breeders

Farm number	Returns				Cost					Margin
	Auto consumption	Saving in flock	Sale	Total returns	Animal purchase cost	Feeding cost	Veterinary care cost	Labour cost	Total cost	
01	0	8333	3000	11333	0	5873	983	0	6856	4477
02	820	984	8607	10411	0	246	754	1475	2475	7936
03	0	2378	3293	5671	0	854	951	3049	4854	817
04	1000	-741	5815	6074	0	1022	852	0	1874	4200
05	2692	3462	6808	12962	2462	1000	962	0	4424	8538
06	1364	1591	6045	9000	0	1721	1023	4614	7358	1642
07	0	8290	1371	9661	0	1669	952	3191	5812	3849
08	0	12500	6563	19063	18125	21825	1875	0	41825	-22762
09	714	1000	2943	4657	0	949	1069	4406	6424	-1767
10	521	2188	3563	6272	0	1521	1519	3375	6415	-143

Typology

Multiple Correspondence Analysis

Multiple Correspondence Analysis, applied to ten variables with 27 modalities, allowed discriminating these modalities following three selected factors, representing 45.2% of total variability. Table 4 shows the statistical link between these variables and the first three axes, as estimated through analysis of variance.

Axis 1 (Figure 2) opposes modalities tied to intensification (concentrate feeding, deworming crossbreeding, permanent infrastructure) (negative coefficients on the axis) to those tied to extensive herding (positive coefficients). The former group of modalities describing intensification is associated to Mossi ethnic group (or other non-Fulani breeders) with high level of education, having another economic activity and small flock sizes. The latter group of modalities describing a lack of intensification is associated to Fulani ethnic group, large flock sizes and low education levels.

Axis 2 correlates to the supplementation strategy in association with the level of education (Figure 2). "Concentrate feed distribution for only part of the dry season" and "primary or secondary

education" have shown negative coefficients. Positive coefficients are ascribed to "concentrate feed distribution throughout the year" and "high education level breeders".

Axis 3 describes the use of genetic resources (Figure 3). It opposes the lack of selection in midsize flock and breeders with a high level of education (negative coefficients) to selection for improvement of rusticity in large flock size among breeders with a secondary or primary level (in positive coefficients).

Table 4: Degrees of statistic link between variables and the three first axes

Variables	Dim1	Dim2	Dim3
Level of education	***	***	*
Types of fold	***	*	***
Non-agricultural economic activity	***	*	-
Sheep breeds	***	-	-
Breeders ethnic group	***	***	
Reason for involvement in livestock	***	-	*
Concentrates distribution period	***	***	-
Sheep systematic deworming	***	-	*
Breeding objectives	***	-	***
Sheep flock size	*	***	***

* p value <0.05, *** p value <0.001, -: lack of link

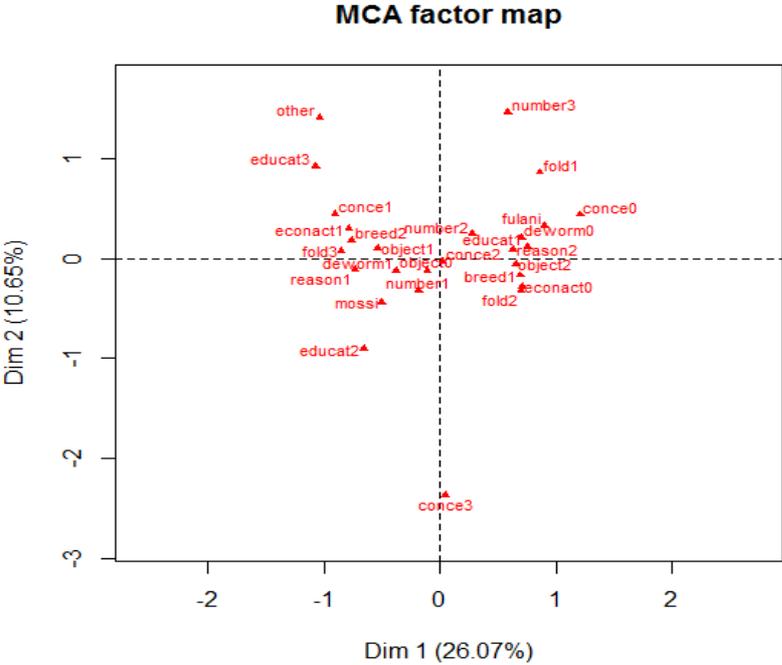


Figure 2: Graphic representation of modalities on axis 1 and 2, (see table 1 for signification of codes)

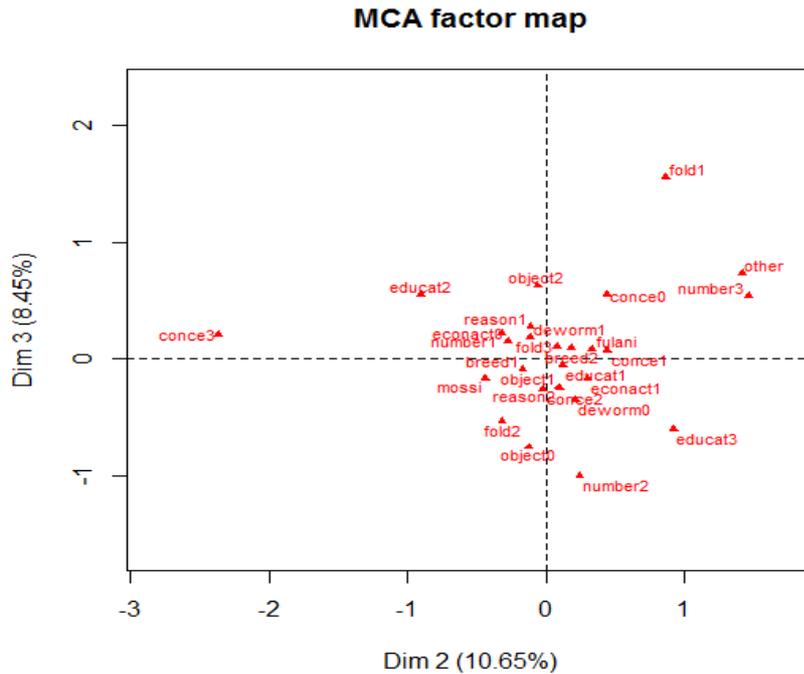


Figure 3: Graphic representation of modalities on axis 2 and 3, (see table 1 for signification of codes)

Hierarchical classification and clusters' description

The hierarchical cluster analysis was performed on all variables. Three groups were retained, conserving a variance between groups of 68.6% of the total variability. Figure 4 shows the three groups of farmers. Table 5 shows the percentages of the most significant modalities in the three clusters and table 6 shows the distribution of farmers in these clusters by modalities.

Cluster 1 (34 farmers, 42.5% of total) may be described as traditional livestock keepers. It is best described by modalities with positive coefficients on axis 1, as presented above (extensive herding).

Cluster 2 (6 farmers, 7.5% of total) is composed of Mossi breeders (100%), holding Mossi sheep (100%), and using feed supplementation during only part of the dry season (100% of individuals).

Cluster 3 (40 farmers, 50% of total) consists of intensive farming systems, best described by the modalities with negative coefficients on axis 1 (intensification) (Figure 2).

Statistical link with the cluster variable is highly significant ($p < 0.001$) for the following variables: breeds, education level, supplementation period, ethnic group, main motive for livestock keeping, practice of a non-agricultural economic activity, type of enclosure, and systematic deworming. This link is highly significant for selection objectives ($p < 0.01$) and significant for flock size ($p < 0.05$).

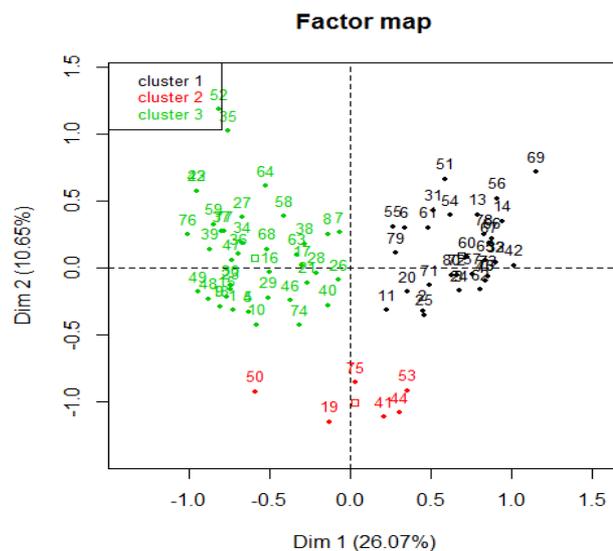


Figure 4: Graphic representation clusters on axis 1 and 2, (the numbers correspond to breeders' identifiers)

Table 5: Distribution of breeders in clusters for the most relevant modalities

Modalities	cluster 1	cluster 2	cluster 3
No formal education	94.1	-	-
Fulani ethnic group farmer	79.4	-	-
Farmer with other goals in addition to economic goal	91.2	-	-
No non-agricultural economic activity	88.2	-	-
Djallonké pure breed	88.2	100	-
Enclosure without roof	70.6	-	-
No deworming	61.8	-	-
Rusticity breeding objective	64.7	-	-
Concentrate only part of dry season	-	100	-
Young growth/weight breeding objective	-	-	62.5
Systematic deworming	-	-	87.5
Mossi ethnic group farmer	-	100	75
Farmer with non-agricultural economic activity	-	-	82.5
Crossbred or Fulani sheep	-	-	85
Enclosure with roof	-	-	80
Farmer with cash income generation goal	-	-	75

-: low percentages

Table 6: Distribution of farmers in the three clusters by modality

modalities	cluster1 (34)	cluster2 (6)	cluster3 (40)	total
No formal education	32	1	8	41
Primary or secondary school level	2	5	17	24
Higher school level	0	0	15	15
No practice of selection	4	2	8	14
Selection for young's growth/weight	8	2	25	35
Selection for rusticity	22	2	7	31
Farmer with cash income generation goal	3	0	30	33
Farmer with other goals in addition to cash income	31	6	10	47
Djallonké pure breed	30	6	6	42
Crossbred or Fulani breed	4	0	34	38
No non-agricultural economic activity	30	5	7	42
Farmer with non-agricultural economic activity	4	1	33	38
No concentrate distribution	6	0	0	6
Concentrate all the year	3	0	19	22
Concentrate only the dry season	22	0	24	46
Concentrate only part of the dry season	0	6	0	6
No systematic deworming	21	2	5	28
Systematic deworming	13	4	35	52
Fulani ethnic group	27	0	4	31
Mossi ethnic group	7	6	30	43
Other ethnic group	0	0	6	6
No enclosure	7	0	2	9
Enclosure without roof	24	4	6	34
Enclosure with roof	3	2	32	37
Sheep flock size < 30	17	6	31	54
Sheep flock size between 30 and 50	10	0	7	17
Sheep flock size > 50	7	0	2	9

Discussion

Socio-economic characterisation

Men predominance in the present sample of sheep breeders in the suburban area of Ouagadougou is in agreement with that already found for urban livestock keepers (91.5%, all livestock species) in the same city (Thys *et al.*, 2005). Predominance of Mossi breeders is also found by Kaboré *et al.* (2011) for the same area, although with different proportions (respectively, 73.3%, 26.6% and 0%). The present typology shows that ethnic groups tend to have different practices. The proportion of breeders without a formal education (51.3%) and that of high education level (18.8%) are both much higher than those found in the more strictly urban areas of Ouagadougou by Thys *et al.* (2005) (39.7% and 6.4%, respectively). These differences may reflect on the one hand the higher presence of people with a low educational level in suburbs (coming from rural areas or pushed away from the city by rising costs of living) and on the other hand the investment of city dwellers with higher education level and higher living standards in suburban farms. Therefore the suburban sheep keeping appears as a highly dual sector. The typology confirms this tendency with two major clusters (1 and 3), grouping 92.5% of the sample. These analyses show that breeders with low levels of education are mainly in a cluster conserving traditional practices and holding larger flocks (cluster 1) while those with a higher level are grouped in the cluster of intensive farming with smaller flocks (cluster 3). These points to a possible direct impact of education on the adoption of innovations or to an indirect effect of the better living standards (Ajala *et al.*, 2008).

Sheep keeping in the present study area is mainly a secondary economic activity, as e.g. in the suburbs of Maroua (Cameroon) where only 22% of interviewees hold sheep as their main activity (Rischkowsky *et al.*, 2006). Sheep keeping is thus integrated mainly to other agricultural activities and other livestock species such as cattle, goats or chickens. Therefore, sheep keeping in the suburbs of Ouagadougou is mostly part of a strategy of diversification and does not appear to local stakeholders as a potential area of specialisation. Similar observations are done in Bobo Dioulasso (Dossa *et al.*, 2015).

Objectives of suburban sheep farming and profitability

At first glance, market seems to be favourable to the production, with only 5.2% of interviewees unsatisfied with the market price. However, open discussions could shed a different light on this overall statement. Indeed, it appears in narratives that what satisfies the majority is the financial role of sheep that allows saving small amounts daily through feeding and then recovering an important amount when needed, to pay children's schooling, health care, or to buy goods or other animals (cattle). However, many farmers are aware that if they took all expenses into account in setting the price, they would not find any buyer. Therefore, they are well conscious of the cost of this savings mode. For some breeders, the value compensating for the lack of profitability is cultural. For others, this is explained by the total lack of access to other savings services. As expressed, the most important

is for them to immobilize the money to be sure that it will not be spent. Banerjee and Duflo (2007) explain how the awareness of self-control problems pushes poor people to develop stringent and costly savings strategies.

Although the small sample monitored, and the non-random selection of it, do not allow inferring on the situation of the whole suburban sheep production, the economic follow-up of ten voluntary farmers corroborates the poor or inexistent profitability of this activity. Indeed, although positive, the present results do not take into account the opportunity costs of labour or land. Several factors contributing to this situation may be pinpointed. First, management issues can be listed, as for example too numerous hired workers, the lack of stock for feed or the practice of zero grazing. Then, the role of sheep as savings delays their sales beyond ages of profitable feed conversion index or even beyond growth. Feed thus represents in these cases an unproductive expenditure. Moreover, prices between farm-gate and end-consumers are multiplied by only 1.2 to 1.9 following the sector, these same factors ranging from 5 to 8 in Europe (Renard, 2003). The low overall purchasing power of consumers pushes down prices, as those will not seek to satisfy a quantitative need but rather devote a relatively constant budget for the purchase of animal products (Hoffmann and Bernhard, 2007; Renard, 2003). Finally, diseases and mortality further strains the profitability of sheep keeping and makes it more risky, discouraging own investments and attribution of credits by financial institutions.

Nevertheless, one should keep in mind while analysing this apparent lack of profitability that the present calculations have neglected the true multi-functionality of the animals, that is to take into account to evaluate the final profit combining monetary and non-monetary incomes (Ayalew *et al.*, 2003). Therefore, if the financial services provided by sheep were to value, as well as their social and cultural benefits, these could result in a positive outcome clearly explaining the maintenance of the activity in the area.

Feed and health

Feeding system as well as the practice of free grazing in our sample is similar to the practices found in the suburbs of Maroua, Cameroon (Rischkowsky *et al.*, 2006). Complementation strategy is the factor that distinguishes cluster 2, with a distribution for only part of the dry season. This way of complementation is primarily directed towards risk management while in cluster 3 (supplementation all year), strategy is more oriented towards production. These strategies remind of those observed by Zoundi *et al.* (2003) in Burkina Faso's rural area.

Rate of self-medication observed among farmers (52.5%) and lack of influence of distance from the farm to the nearest veterinary infrastructure on this practice show that proximity of veterinary is not well exploited. The main diseases encountered in the area correspond to what is reported by Kaboré *et al.* (2011) for small ruminants' livestock in the same study area.

Animal genetic resources

Breeders' perception of the different breeds is consistent with scientific literature, describing the better growth and weight for the Fulani sheep compared to the Djallonke (Gnanda *et al.*, 2005) and the good adaptation and better resistance to diseases of the Djallonke compared to Fulani sheep (Bengaly *et al.*, 1993). Farmers consider that the crossbred is a good compromise between these different qualities. The presence of these three genetics types is also observed in urban livestock in Bobo Dioulasso (Burkina Faso) (Dossa *et al.*, 2015).

Generally, breeders who cited rusticity as a selection criterion belong to the more traditional cluster 1 and hold the Djallonke breed. This is consistent with the savings objective and may also reflect a greater aversion to risk of this category of breeders. According to these breeders, the rusticity of their animals makes unnecessary the use of deworming and allows them to operate without veterinary support. Cluster 3 breeders show more enthusiasm for sheep of larger size. They select animals on that criterion and also make use of crossbreeding. These farmers have other secure sources of income, which might be interpreted as allowing them to take more risks in their farming activity. However, some sheep owners in this cluster do not make any selective breeding, due to their lack of time to devote to this, or due to their insufficient experience, as they began the activity recently. Crossbreeding was practiced without any willingness to control the percentage of Fulani blood in their flock. Hence, crossbred females are further mated to Fulani males, which leads rapidly to less-adapted genetic types. So far, crossbreeding involves only local breeds, no use of exotic breeds being identified in our investigation. This situation can be explained by the lack of extension services for artificial insemination in small ruminants and the high costs attached to the import and keeping of exotic breeding males in Burkina Faso.

If a large majority of breeders select their breeding males, breeding conditions, particularly animals freely grazing, are not favourable to mating control. Indeed, if the reliance on the dominance of a selected male can be effective within the flock (because it is usually the strongest), this is no longer checked when flocks come together.

Conclusion

On the whole, sheep farming in the suburban area of Ouagadougou is a secondary economic activity with little intensification. Classical constraints, i.e. feed cost and poor access to health care, together with deep management problems tied to the savings role of sheep, make this activity economically unprofitable. The sector appears nevertheless dual, with a traditional sector and a more recent one, driven by new players consisting of city dwellers investing in suburban farming. These new players benefit of higher levels of education and higher living standards. They are more sensitive to growth criteria in the management of their sheep genetic resources but lack a true business-orientation of the activity. The added value of crossbreds as a compromise between rusticity and growth is well understood. However, the levels of each parental breed are not controlled and a drift towards Fulani

breed is observed. Therefore, the present development of the sector does not appear as sustainable, and calls for a framework to accompany breeders in the management of their farm and their genetic resources in the respect of their respective goals.

Chapitre III: Elevages ovins et gestion des ressources génétiques animales dans la Région du Plateau Central, Burkina Faso

Après le constat de la pratique des croisements dans le milieu périurbain de Ouagadougou et le fait que ces croisements ne suivent pas un schéma précis, il est apparu nécessaire de comprendre la gestion faite des ressources génétiques dans le milieu rural proche. L'objectif central était d'éclairer les évolutions plus récentes des pratiques en zone péri-urbaine par une compréhension des pratiques des zones rurales proches, selon l'hypothèse que les premières constituent une évolution des secondes. Un autre objectif en était de comprendre si ce milieu peut servir de source d'approvisionnement en femelles de remplacement de race Mossi pure pour le milieu périurbain. Ce chapitre est présenté sous forme d'article et sera soumis pour publication.

**Sheep herding systems and animal genetic resources management in Central Plateau
Region of Burkina Faso**

Authors: Kisito Tindano¹, Nassim Moula^{1,3}, Amadou Traoré², Pascal Leroy^{1,3}, Nicolas Antoine-Moussiaux^{1,3}

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

²*INERA, 04 B.P. 8645 Ouagadougou 04 Burkina Faso*

³*Tropical Veterinary Institute, Faculty of Veterinary Medicine, University of Liege, 4000 Liege, Belgium*

Préambule

Les résultats de la gestion dans le périurbain ont montré une pratique de croisement dans le but d'améliorer rapidement le poids adulte et la croissance. Cette pratique se fait en l'absence de contrôle de la monte. Cela peut avoir des conséquences sur les ressources génétiques de la zone périurbaine, entraînant notamment la perte des caractéristiques d'adaptation du mouton Mossi. Cependant, cela ne constitue pas de facto un risque pour cette race de mouton dont la population s'étend au-delà du périurbain. De même, la perte des caractéristiques d'adaptation des ovins du périurbain peut être régulée par les éleveurs si ceux-ci ont accès à des femelles de remplacement bien gérées. Le milieu rural, où est également élevé le mouton Mossi, se présente comme cette source possible et il apparaît dès lors nécessaire de comprendre la gestion en cours des ressources génétiques ovines et les évolutions qui en résultent. Cette deuxième étude vise alors à caractériser la gestion des ressources génétiques ovines dans cette zone. En plus de la recherche de l'information sur les acteurs, leurs objectifs ainsi que la compréhension des pratiques de gestion, elle s'est intéressée à l'évaluation de la possibilité de connexion de cette zone avec le milieu périurbain.

Abstract

Sheep breeding in Burkina Faso, as the livestock sector in developing countries in general, is facing a growing demand to be met under constraining environmental and socio-economic conditions. This results in Ouagadougou suburban by uncontrolled crossbreeding. To take up this challenge in a sustainable way; a progress based on local genetic resources has to be promoted. In the prospect of identifying ways for such a sustainable and inclusive (suburban and rural) development of livestock sector in Burkina Faso, a survey was conducted among 63 rural farmers of the Central Plateau Region. The aim was to evaluate the potential linkage of systems in this region, to Ouagadougou suburban production systems in the management of AnGR, particularly through the sale of replacement females. Data collection took place, through face-to-face interviews and included closed and open-ended questions. All interviewees have a selective breeding strategy, through the choice of males. This choice is essentially made within the own flock (98.4% of interviewees) or on the market (22.2% of interviewees). Stated breeding objectives are mainly the improvement of adult weight and young growth or maintaining rusticity. Djallonke sheep is the most frequent breed (present in 96.8% of flock) in the zone. In line with their objectives, farmers often cross the Djallonke dams with Fulani rams, on a temporary basis with a stated willingness to limit the loss in resistance of their herd. Potential linkage to suburban production through the sale of females appears to face cultural constraints. This production system as described, presents constraint on its sustainability and does not allow a durable linkage with the suburban system. Participatory approaches should be implemented locally to develop appropriate solutions for increased production and sustainable management of animal genetic resources.

Keywords: Burkina Faso; Characterization; genetic resources; rural; typology

Introduction

Urbanization and population growth have spurred a considerable increase in demand for animal products in West Africa (FAOSTAT, 2016). Besides poultry, which benefits first of this increase, meat of small ruminants appears as a growing sector. Mutton is, indeed, culturally important in the sub-region, linked to its role in Islam. In 2011, Burkina Faso had more than 8 million sheep, with 6.2% of this flock in the *Plateau Central* region (MRA, 2012). The national flock is divided into three genetic subgroups: Fulani sheep, Mossi Djallonké sheep and West African dwarf sheep (Traoré *et al.*, 2008). Together with Mali and Niger, Burkina Faso constitutes the main provider of ruminants to coastal countries of West Africa (Renard, 2003; Josserand, 2013), with a share of small ruminants of 16% in the total livestock exports (Josserand, 2013). In Burkina Faso, between 2007 and 2011, small ruminant meat consumption showed an annual growth rate of about 3%, reaching 53,173 tons (FAOSTAT, 2013).

The increase in demand for meat could benefit the poor rural farmers if they had better access to markets and trainings in good management practices. These practices cover health, nutrition and reproduction of their herd (Kosgey & Okeyo, 2007). Health and feeding problems are particularly often cited as major constraints to production (Tindano *et al.*, 2015). All animal production is based on the genetic resources exploited and thus, the management of these resources is key to sustainability (Hoffmann, 2011). It involves a progress based on local breeds in accordance with the new challenges of the livestock sector (FAO, 2007).

Suburban sheep breeding around Ouagadougou appears as threatened by the poor management of genetic resources, suffering from uncontrolled crossbreeding moving the genetic pool towards higher weights but lesser resilience (Tindano *et al.*, 2015). The link between rural and suburban producers could benefit to the overall management of animal genetic resources, the rural areas then appearing as a sustainable source of highly adapted genetic material. The *Plateau Central* region covers the eastern, northern and western suburban zone of Ouagadougou (Figure S1). Furthermore, it represents the cradle of the Mossi Djallonké sheep. In the prospect of identifying the ways for the sustainable and inclusive development of suburban and rural sheep breeding in Burkina Faso, this study aims at characterizing the present systems involved in sheep production in rural areas of the *Plateau central* region. It focuses particularly on the current status of genetic resources in rural breeding systems, i.e. the management practices of farmers and the objectives thereof in order to evaluate the possibilities of implementation of genetic improvement program and linkage between the two systems.

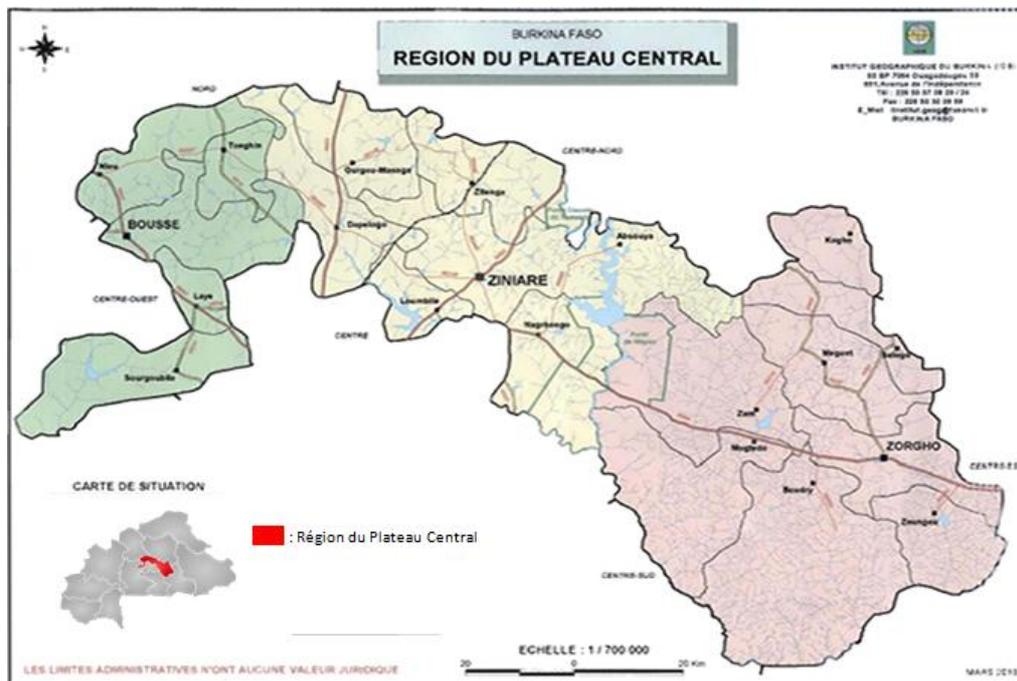


Figure S1: Localisation de la Région du Plateau Central

Materials and methods

Study area

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

Sampling and data collection

The survey involved 63 producers in six Zones of Technical Livestock Support (ZATE). Ten farmers were randomly selected per zone in a list including owners of at least ten adult sheep, as provided by livestock technicians. One of the areas, being particularly large, motivated the selection of 13 farmers. Data collection took place from April 3rd to May 11th 2013, through face-to-face interviews. Closed and open-ended questions tackled the following topics: i) socio-economic characteristics of sheep farms; ii) sheep genetic resources and their management; iii) husbandry practices; iv) objectives and constraints; v) market integration (inputs, products and breeding).

Statistical analysis

All statistical analyses were performed with R (version 3.0.1). Descriptive statistics, Multiple Correspondence Analysis (MCA) and Hierarchical Classification Analysis (HCA) were performed to establish a typology (package FactoMineR, function MCA and HCPC) (Agro Campus Ouest, Rennes, France). The variables used for MCA and HCA are described in Table 1. Chi-square or Fisher's exact tests were conducted to evaluate the dependence between clusters and categorical variables as well as between categorical variables.

Table 1: Meaning of codes used in MCA and HCA

Variables	Codes	Modalities	Percentages of interviewees
Non-agricultural Economic activity	econoact	econ_yes : yes	34.9
		econ_no : no	65.1
Sheep feeding method	feeding	nat.past : natural pasture exclusively	22.2
		combin : combination of pasture and complementation	77.8
Sheep guarding system	shepherd	shep_yes : sheep guarded by shepherd all year	31.2
		shep_no : sheep in scavenging in the dry season	69.8
Systematic deworming	deworm	dewor_yes : yes	42.9
		dewor_no : no	57.1
Number of sheep	effective	effect1 : number of sheep < 30	60.3
		effect2 : number of sheep between 30 and 50	22.2
		effect3 : number of sheep > 50	17.5
Ethnicity of breeder	ethnic	mossi : Mossi herder	71.4
		fulani : Fulani herder	28.6
Crossing experiment	crossing	cross_yes : has conducted crossing experiments with sheep	58.7
		cross_no : never conducted crossing experiments with sheep	41.3
Education	education	no.educat : no education	39.7
		alphab : secondary, primary or literate in local language	39.7
		koran : Koranic school	20.6
Breeding sheep	breeds	djalon : only Djallonké breed	69.8
		dja_fula : Djallonké and Fulani breeds	30.2
Livestock rank in the household economy	rank	princip : livestock as the main economic activity	39.7
		second : livestock as the secondary or tertiary economic activity	60.3

Results

Socio-economic characteristics

Socio-economic characteristics of interviewees are presented in Table 2. Nearly two thirds of interviewees (65.0%) acquired their flock by inheritance while the others have purchased their initial flock. Education level is low with 39.7% of interviewees who did not receive any formal education. The workforce on farms consists exclusively of family members, i.e. man, woman and children.

Flocks structure and general husbandry are presented in Table 3. The flock mean is 32.5 sheep and the median number of sheep is 26 (range: 10-117). The average male-to-female ratio is 1:4 and the number of lambs per adult female is 0.6 ± 0.3 .

The average percentage of heads sold annually is 25.4% of the flock at the time of the survey (range 0-40%). The sales target mainly adult males, often to cover social expenses or to buy new cattle and cattle feed. The sale may also be decided in case of animal disease with unfavourable prognosis or to eliminate individuals from the breeding flock. Culling is not based on age or performance.

Most of animals are usually sold in local markets to collectors. The latter transport them to Ouagadougou urban market or sell them to exporters. These animals are almost all destined for slaughter and thus there is almost no exchange of animals for breeding. During festive periods (Muslim feast of sacrifice, Christmas and New), however, some producers reported sell their fattened rams directly in Ouagadougou. This is done essentially by settle down along the main roads of the city to offer their animals directly to consumers.

Interviewees declared finding buyers all year round. However, prices are best during the Muslim feast of sacrifice and worst in case of drought and massive emergency destocking. According to interviewees, the major expenditures for flock management are animal feed and veterinary costs and therefore presented as the majors constraints.

Table 2: Socio-economic characteristics of livestock keepers

Characteristics	Percentages (%)
Sex	
- Men	96.8
- Women	3.2
Ethnic group	
- Mossi	71.4
- Fulani	28.6
Instruction level	
- No instruction	39.7
- Koranic school	20.6
- Literate in the local language	27.0
- Primary	11.1
- Secondary	1.6
Marital status	
- Co-wife	1.6
- Single	1.6
- Widow	1.6
- Monogamous married	49.2
- Polygamous married	46.0
Origin of initial flock	
- inheritance	65.1
- purchased	34.9
Rank of livestock	
- Principal activity	39.7
- Secondary activity	58.7
- Tertiary activity	1.6
Livestock system	
- Sedentary	96.8
- Seasonal transhumance	3.2
Other species	
- Poultry	100
- Cattle	90.5
- Goat	93.5
Crop production	
- Home consumption	100
- Cash crops	76.2
- Market gardening	36.5
Non agricultural activity	
- Trade	17.5
- Handicraft	14.3
- Paid jobs	3.2
Rank of sheep in livestock	
- Principal	30.2
- Secondary	69.8

Husbandry practices

Sheep feeding in all surveyed farms is based on natural pastures. It is combined with crop residues (sorghum stalk, groundnut hay), conserved fodder collected on natural pastures, and concentrates (cotton oilcake, maize or sorghum bran) during the dry season (Table 3). If during the rainy season, all the flocks are guarded to avoid damages to crops, during the dry season, 69.84% of interviewees let their flock graze freely in natural pastures.

In the opinion of most breeders, livestock services do not provide a solution to health problems. Some breeders vaccinate their sheep against pasteurellosis and deworm regularly (table 3). In case of disease, half of the farmers (32) declare buying the products on the market or to a technician but without prior diagnosis. Traditional veterinary treatments are used by 30.2% of interviewees. Breeders explain their low use of veterinary services by the high cost of the intervention of the technician and the low certitude regarding the quality of the result. Half of producers are over 6 km away from the health centre. The annual veterinary costs sheep vary between 4,000 and 50,000 FCFA (Franc de la Communauté Financière d'Afrique), with 10,000 as a median.

The main sheep diseases cited are diarrhoea (68.5%), respiratory diseases (55.6%), nervous disorders (22.2%), bloating (18.5%), and sudden death (18.5%).

Animal genetic resources management

Reproduction

All interviewees declared making a deliberate choice of breeding males but also females when available numbers are sufficient. Thus, females that have functional or morphological defects are eliminated. Females with improper coat colour are also excluded on basis of traditional beliefs. The breeding stock is selected within their own flock (98.4%), sometimes on the market place (22.2%) or directly from other breeders (12.7%). Rejected males and females are sold for slaughter. However, they may remain in the flock for a long period, waiting for a favourable price or specific financial needs. Castration of males is not practiced in sheep but well in goats. When sheep are left for free grazing, different flocks meet without a specific control of mating. Some farmers keep their male(s) tethered, in response to theft risks. Most breeders do not perceive inbreeding as a problem, only 4.8% of them mentioning possible disadvantages, as poor growth.

Genetic improvement

Breeders describe three sheep types: the Mossi Djallonke sheep, also called savannah Djallonke, the Fulani sheep and their crossbreds. Djallonke sheep is described as small and rustic (i.e. adapted to Sudanese climate and resistant to diseases), while the Fulani sheep is heavy but susceptible to diseases and environmental stress. Stated breeding objectives are to improve adult weight (84.1%) and young growth (79.4%). Other important objectives are to maintain rusticity (73%) and coat colour (19%). At the time of our visit, crossbreeding was being tested by 27% of farmers. However, 31.7% have already experimented and stopped. The crossbreeding strategy considered here is the temporary introduction

of a Fulani ram in the Djallonke flock. From the birth of the first crossbred lambs, the Fulani purebred ram is eliminated. A large majority of breeders (84.1%) is willing to invest financially in the acquisition of “improved breeding males”. Such a ram would be considered improved if it produces heavy lambs while maintaining disease resistance. Herders interviewed nevertheless believe that one individual cannot carry these two characters at the same time. Most breeders (82.5%) sporadically sell breeding stock to other breeders. Of these, 36.5% sell only rams and 63.5% sell rams and females. When selling to other farmers, 51.9% say that prices are higher than those on the market and 36.5% report lower price. The remaining share believes that there is no difference. The perception of these prices is significantly related to ethnic group ($p < 0.001$), with Mossi farmers expecting lower prices. A majority of breeders (76.2%) say they would be willing to sell regularly young females to other breeders, if receiving a direct request. These breeders estimate the number of young females that may be sold annually to 3.3 ± 1.7 .

Table 3: Flocks structure and management characteristic

Variables	Percentages
Flock structure	
- Adult males	14.2±8.1
- Adult females	55.6±13.1
- Lambs	30.2±11.2
Feeding system	
- Exclusively natural pasture	22.2
- Complementation	77.8
Guarding system in dry season	
- Freely grazing	69.8
- Herdsman	30.2
Dry season drinking water	
- Drill-holes	79.4
- Wells	39.7
- Water impoundments	7.9
Vaccination	
- Regularly vaccination	39.7
- No regularly vaccination	60.3
Deworming	
- Regularly deworming	42.9
- No regularly deworming	57.1
Breeds present in flocks	
- Mossi's sheep	96.8
- Fulani sheep	30.2
Origin of breeding stock	
- Own flock	98.4
- Marketplace	22.2
- Other breeders	12.7
Selection criteria	
- Size and weigh	77.8
- Coat	38.1
- Conformation	22.2
- Growth	9.5
- Horn size	9.5
- Rusticity	6.3

Typology

Multiple Correspondence Analysis

For the MCA, the first three dimensions have been selected, accounting for 51.35% of the total variability. An analysis of variance allows determining the variables that contributed significantly to the definition of the three first axes. The results are shown in Table 4.

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

Axis 2 in Figure 1 describes AnGR management, opposing cross-breeding (with positive coefficients) to purebred farming (with negative coefficients).

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

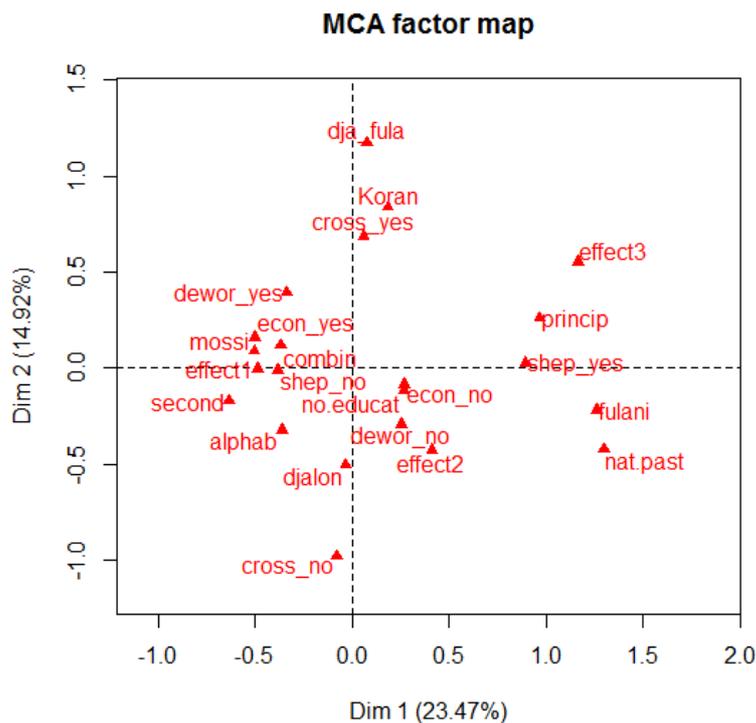


Figure 1: Graph of modalities coordinates on the two first axes

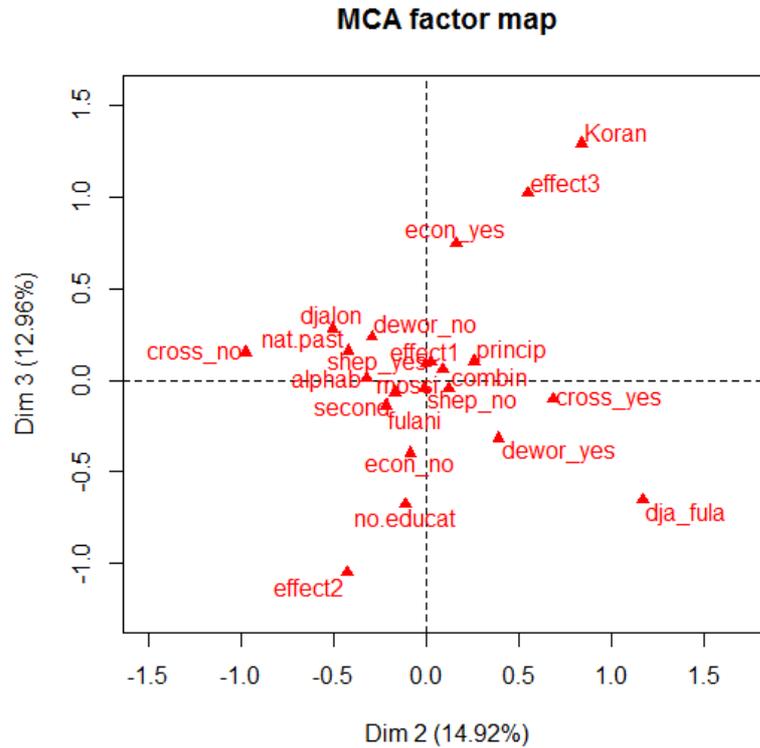


Figure 2: Graph of modalities coordinates on the axes 2 and 3

Hierarchical classification and clusters' description

HCA was performed on all 12 observed variables and therefore on the whole variability. Apart from “education level”, all variables are significantly related to the cluster variable (Table 4).

The clusters are characterized in Table 5, through the numbers of breeders in these clusters per modality. Cluster 1 mainly refers to the first group of modalities described above (positive values on axis 1). So, this group is the one of pastoral livestock keepers. Cluster 2 mainly refers to the group of modalities with negative values on axis 1: this is the group of agro-pastoral livestock keepers. Cluster 3 is characterized by crossbreeding practice and the absence of formal education. Like cluster 2, individuals in cluster 3 combine the use of pastures and supplementary feeding and belong to the Mossi ethnic group.

Table 4: Variables used in the MCA and HCA and their degrees of link with the cluster (as variable) and the three axes

Variables	axis 1	axis 2	axis 3	Cluster
Non-agricultural Economic activity	*	-	***	*
Sheep feeding method	***	-	-	***
Sheep guarding system	***	-	-	*
Systematic deworming	*	*	*	*
Number of sheep	***	-	***	**
Ethnicity of breeder	***	-	-	***
Crossing experiment	-	***	-	***
Education	-	*	***	-
Breeding sheep	-	***	**	***
Livestock rank in the household economy	***	-	-	***

- : no significant link, * p value <0.05, ** p value <0.01, *** p value <0.001

Table 5: Distribution of breeders in clusters by modalities

Variables	Modalities	Cluster1	Cluster2	Cluster3	Total
Non-agricultural Economic activity	No	13	16	12	41
	Yes	2	15	5	22
Sheep feeding method	Combination of natural pasture and complementation	4	29	16	49
	Natural pasture exclusively	11	2	1	14
Sheep guarding system	Scavenging in dry season	5	26	13	44
	No scavenging	10	5	4	19
Systematic deworming	No systematic deworming	14	16	6	36
	Systematic deworming	1	15	11	27
Sheep flock size	Flock size <30	4	23	11	38
	Flock size between 30 and 50	3	6	5	14
	Flock size > 50	8	2	1	11
Ethnicity of breeder	Fulani	13	3	2	18
	Mossi	2	28	15	45
Crossing experiment	No crossbreeding experiment	6	20	0	26
	Crossbreeding experiment	9	11	17	37
Education level	Secondary, primary or literate in local language	4	15	6	25
	Koranic school	5	6	2	13
	No education	6	10	9	25
Breeding sheep	Djallonké and Fulani breed	3	0	16	19
	Only Djalonké breed	12	31	1	44
Livestock rank in the household economy	Principal economic activity	15	2	8	25
	Secondary or tertiary economic activity	0	29	9	38

Discussion

Socio-economic characteristics

The survey aimed at interviewing the persons in charge of sheep management within the households with more than ten sheep. This may partly explain the predominance of men in the sample, due to their status of family head in the study area. Thus, studies targeting women are needed to better characterize their involvement, objectives, constraints and practices. Similar predominance was found in sheep farmers in Ethiopia (Edea *et al.*, 2012).

The recent installation of several farmers (purchase of initial flock) shows the dynamism in sheep breeder's population and also that sheep farming is an attractive activity in this rural area. Also 40% of interviewees keep livestock as a primary economic activity and 30% identify themselves as "traditional livestock keepers" (Fulani). Therefore specialized livestock keepers are not only those perpetuating a secular activity but also the result of an active decision to invest in the sector. This dynamism can also be explained by the need to cope with climate variability by integration of livestock to crop production. Similar observations were made in Kenya where the dichotomy between pastoralists and crop producer tends to make way for integration (Kosgey *et al.*, 2008). Typology shows a group (cluster 3) that goes beyond this integration. This group is identified in the sample by the practice of crossbreeding. In this group, livestock activities are thus directed towards the generation of monetary income, by the sale of animals for slaughter.

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

Farmers consider the activity as very profitable due to low expenditures (health and feed). These are nevertheless not taking account of the opportunity cost of labour and crop residues. Also, none of interviewees record costs and incomes data for their farm management.

Husbandry

The predominance of small flocks, with more than half below thirty sheep, could result in high levels of inbreeding. Uncontrolled mating can also contribute to this inbreeding in that it leaves the possibility of mating between very close individuals. Although, meetings of stray animals could help mitigating this inbreeding (Kosgey *et al.*, 2008). The male-to-female ratio showed the presence of several rams in the flocks. The farm orientation towards savings may explain this; the sales of males depending on events requiring liquidity. The absence of castrated males in our sample can be explained by their low price, as they are not allowed for the Muslim sheep sacrifice. This particularity should be addressed if a breeding program is to implement, in order that only selected male ensure mating.

The feeding system combining natural pasture and crop residues as well as animals straying in the dry season are also observed in Ethiopia (Gizaw *et al.*, 2009; Edea *et al.*, 2012). The latter practice is incompatible with mating control and selective breeding. The typology shows that this practice is one of cluster 2 breeders. These breeders practice crop production as a traditional activity and livestock as a secondary one. They perceive animals guarding only as a way to protect crop in the rainy season, unlike cluster 1 breeders who have livestock as their main activity and use shepherd all the year.

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

Reproduction and animal genetic resources

The choice of breeding stock to improve the future flock is widely shared by the sample of this study. Nevertheless, as also reported in sheep breeding in Ethiopia (Gizaw *et al.*, 2009), there is no strict mating control, since animals are left for free grazing in the dry season. Facing theft risk, some farmers choose to keep their rams tethered, which in fact allows other rams to mate with females of the flock. Hence, in order to be an opportunity for mating control, this practice should be generalized to all breeders of a same locality. However, maintenance of males for their use in controlled breeding requires additional spending on feed, which could slow the adoption of this practice.

The main selection criteria are size, weight and colour. These same results were observed in different areas in Ethiopia (Gizaw *et al.*, 2010; Melaku *et al.*, 2012). The objectives guiding to these selection criteria are primarily improving the weight and growth. Maintaining rusticity is also explicitly stated as a breeding goal and rusticity appears as a desired quality of 'improved sires', explaining the use of Mossi Djallonke sheep as main breed. These results are similar to those observed at Simien in Ethiopia where the objectives are mainly the improvement of income and security against risk (Melaku *et al.*, 2012). They highlight the future role of resilient local breeds, in future animal genetic resources management. Indeed, while crossbreeding is here practiced with an objective of rapid weight improvement, the loss of rusticity is limited by controlling the share of Fulani blood in the Djallonke flock through temporary use of Fulani rams. This shows a good perception of the genetic management by farmers. These results support the observation, made through DNA analysis, that Mossi Djallonke sheep population comes from continuous introgression of Fulani sheep blood on the Djallonke (West African Dwarf sheep) (Traore *et al.*, 2008). Similar practices have been observed in India, where

Raikas pastoralists keep two sheep breeds for their respective qualities of production and rusticity, and constitute yearly their crossbred flock, favouring the one or the other type according to their expectations about the climatic conditions of the year (Anderson & Centonze, 2007). However, in our study, the lack of mating control induces a relative threat of this crossbreeding on the local genetic resources. Indeed, the control of introgression is here only partial and mating with other males may occur often. Illustrating the free rider problem, some farmers benefit from these unplanned crossings as a positive externality. However, if the breeder wished at that moment to turn his flock towards greater rusticity, these externalities are found to be negative. Therefore, this practice should be organized and coordinated.

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

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

This finding is in line with the typology, which shows that the three classes are related to ethnic groups: Fulani, traditional livestock keepers in group 1 and Mossi, traditional crop producers in groups 2 and 3. So, although the trend in recent years is one of harmonization of practices with pastoralists growing crops and farmers raising animals, the ethnic group characterization proves still significantly related to animal production practices.

Conclusion and outlook

Sheep farming appears in this study area as extensive, with high labour and low inputs. Genetic resources encountered in this area show a dominance of Djallonke sheep. Crossbreeding between Djallonke and Fulani sheep to improve the weight while maintaining rusticity shows a good perception of the genetic value of animals by breeders, as well as the emergence of a productivity-oriented improvement. These crosses, however, would benefit from being organized to ensure their sustainability. The health and feed problems are the major constraints to production. Some practices such as inbreeding, and lack of mating control are an obstacle to the evolution towards greater productivity. Participatory approaches, integrating the objectives, capacities and motivations of breeders, should be implemented locally to develop appropriate solutions for increased production and sustainable management of animal genetic resources.

Discussion additionnelle

Collecte de données dans le périurbain et le milieu rural

Huit zones ont été ciblées autour de Ouagadougou et six zones dans le milieu rural de manière à couvrir au maximum les territoires. Le choix de la région du Plateau Central pour l'étude en milieu rural est principalement guidé par l'accessibilité qui permettrait un éventuel transfert de femelles de se faire dans de bonnes conditions. Dans les deux zones, la condition pour qu'un éleveur soit inclus dans l'échantillon était que celui-ci détienne un troupeau naisseur avec un effectif minimal de 10 têtes (femelles + mâles). Cela a pour but de s'assurer que l'éleveur est détenteur de gènes faisant l'objet d'une gestion. La collecte des données a consisté en des entretiens avec les producteurs. Ces entretiens se sont déroulés sur base d'un questionnaire comportant à la fois des questions fermées et des questions ouvertes suivant ce qui apparaissaient comme le plus pertinent pour chaque question. Concernant les objectifs et les critères de sélections par exemple les questions ont été ouvertes. Les diverses réponses renvoyant souvent à un terme unique ont fait l'objet d'un regroupement. C'est le cas des objectifs ou critères d'amélioration tels que « adaptation à l'environnement », « valorisation de fourrages médiocres », « faible sensibilité aux maladies », qui ont été regroupées sous le terme de rusticité. Les langues d'entretien ont été le *mooré* (langue locale) et quelques fois en français suivant les producteurs. Dans tous les cas, les données ont été collectées par la même personne (l'auteur de la présente thèse) sans besoin de traduction. L'utilisation d'un acteur déjà connu par les éleveurs pour le premier contact et l'explication claire de la destination des données collectées ont favorisé l'installation d'une confiance et donc a permis d'avoir des données fiables. Il est à indiquer cependant que pour les éleveurs ayant de grands effectifs, le nombre de têtes n'est souvent pas connu avec exactitude et par conséquent les chiffres communiqués sont à considérer comme approximatifs.

Analyses statistiques

Dans les deux études, les données ont fait l'objet d'une statistique descriptive, une analyse des correspondances multiples et une classification hiérarchique ascendante. A noter qu'à propos des pourcentages, les modalités de certaines variables ne sont pas mutuellement exclusives, expliquant que le total ne soit pas de 100%. C'est le cas par exemple de la variable, « autres activités économiques associées à l'élevage des ovins », pour laquelle le même éleveur peut avoir une autre activité économique agricole et non agricole ou de la variable « association de l'élevage des ovins avec l'élevage d'autres espèces » (tableau 2, chapitre 2). L'analyse des correspondances multiples est basée sur la transformation de la table de données introduites (Tableau de Burt), par un processus linéaire orthogonal dans le but de réduire sa dimensionnalité. Ce processus vise à trouver un ensemble de facteurs expliquant les variables observées en utilisant une formule de transition, de sorte que les premiers facteurs expliquent le maximum de variation possible (Lê *et al.*, 2008).

Éléments de comparaison pour les deux zones

Les pratiques d'élevage dans les zones concernées par ces deux premières études montrent à la fois des différences et des similarités. Comme similarités, on retiendra que les éleveurs ont tous à cœur l'amélioration de la croissance et du poids des ovins. Dans les deux zones, les éleveurs optent pour une pratique de croisement pour accélérer ces améliorations. Ils justifient généralement ce choix par le fait que les animaux de grands gabarits permettent de mieux profiter du marché. Un éleveur nous a déclaré par exemple ceci : « Un bélier de petit gabarit, c'est comme une chèvre : il ne te procurera jamais assez d'argent pour résoudre tes problèmes ». Cela indique que les signaux à l'origine des objectifs d'amélioration dans le périurbain sont aussi transmis plus loin en zone rurale. Les ventes ciblent généralement les mâles et font fluctuer les proportions entre mâles et femelles au sein du même troupeau mais également entre troupeaux. Cependant, les femelles restent toujours majoritaires dans les troupeaux. L'élevage des ovins apparaît comme une activité de diversification dans les deux cas. Cette situation est commune aux régions arides ou semi-arides, où l'élevage sert d'assurance face aux risques (Ayantunde *et al.*, 2007 ; Marshall *et al.*, 2016 ; Roessler *et al.*, 2016). Une dernière similarité se trouve dans les ressources alimentaires. En effet, l'essentiel de l'alimentation animale pour ces deux zones repose sur les pâturages naturels avec une libre divagation de certains troupeaux pendant la saison sèche. Cette similitude n'annule néanmoins pas le fait qu'une dynamique d'intensification soit observable en milieu périurbain. Cette dynamique y est marquée par une complémentation qui inclut des concentrés à la différence des élevages ruraux où la complémentation – quand elle est distribuée – consiste en des résidus de récolte.

Les différences se situent au niveau des caractéristiques des acteurs, en termes de niveaux d'instruction et de moyens économiques. Tandis que dans la zone rurale les éleveurs ont un faible niveau d'instruction et quasiment pas d'autres activités économiques en dehors de l'agriculture, dans le périurbain, près de la moitié ont eu accès à une éducation formelle, à l'école, et on note la présence d'éleveurs avec un niveau d'instruction supérieur. De même, près de la moitié (environ 48%) ont une activité économique non agricole. Ces différences entre acteurs ont un impact sur la gestion des ressources. Bien qu'ayant en commun l'objectif l'amélioration de la croissance et du poids de leurs ovins ainsi que l'adoption de la pratique de croisement, on note une différence dans la gestion de ces croisements. Les éleveurs de la zone rurale se montrent plus prudents à cet égard que les éleveurs du périurbain. Ces derniers, disposant d'autres sources de revenus, sont à la fois plus en mesure de répondre aux besoins des ovins fragiles et également assurés de disposer d'autres issues s'ils perdaient leur troupeau. Ces deux faits pourraient entrer en ligne de compte pour expliquer qu'ils prennent moins de précaution pour préserver les caractéristiques d'adaptation. Une autre explication, non exclusive de la précédente (et, bien au contraire, en relation directe avec celle-ci), serait un attachement en milieu rural à une certaine tradition qui dans le milieu périurbain aurait tendance à se déliter.

Les difficultés rencontrées dans la possibilité d'échange de femelles placent les éleveurs du périurbain dans une situation posant un problème de durabilité. En effet, l'absence de source possible de femelles Mossi fait de la diffusion progressive de gènes de mouton Peul sur les troupeaux périurbains de mouton Mossi un mouvement sans retour, qui conduira progressivement à des femelles de moins en moins adaptées.

Chapitre IV: Organisation des marchés ovins et gestion des ressources génétiques animales : une analyse de préférences révélées

Ce chapitre vise à comprendre l'organisation et le fonctionnement du marché ainsi qu'à saisir le signal émanant de ce marché et qui peut avoir un impact dans la gestion des ressources génétiques dans le milieu périurbain. Il a aussi permis de comprendre l'importance relative de certaines caractéristiques pour le consommateur. Il est présenté sous forme d'article et accepté pour publication par la revue *Animal, the international journal of animal biosciences*, doi:10.1017/S1751731117000477.

Market organization and animal genetic resource management: a revealed preference analysis of sheep pricing

K. Tindano¹, N. Moula^{1,2}, P. Leroy^{1,2}, A. Traoré³ and N. Antoine-Moussiaux^{1,2}

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

²*Tropical Veterinary Institute, Faculty of Veterinary Medicine, University of Liege, 4000 Liege, Belgium*

³*INERA, 04 B.P. 8645, Ouagadougou, Burkina Faso*

Préambule

Le suivi des échanges commerciaux constitue une des sources d'information permettant de comprendre la gestion des ressources génétiques. En effet, le niveau de la demande exprimée sur le marché (en termes de quantités), et les spécificités de celle-ci (en termes de types de produits et de signes de qualité) conditionnent la gestion des élevages orientés dans la vente de leurs produits. L'objectif de notre suivi de marché est de saisir les caractéristiques de la demande, et de comprendre en quoi ces caractéristiques expliquent les orientations observées chez les éleveurs. Plus précisément, l'interprétation des signaux émis par ce marché (les préférences « révélées » par l'analyse des prix pour chaque type de produit) peut permettre d'anticiper les possibles évolutions de la gestion ou de fournir des opportunités à explorer pour une gestion durable.

Dans le cas présent, le fait marquant dans la gestion des ressources génétiques ovines dans la zone périurbaine est la recherche d'une amélioration rapide de la croissance et du poids adulte. Cet objectif se traduit par des pratiques de croisements dont nous avons montré qu'elles réduisaient la durabilité environnementale des élevages dans le milieu périurbain, considérant la diversité génétique comme une ressource à préserver et la rusticité des races locales comme un moyen de mise en adéquation de la production avec les ressources locales. La durabilité économique est également apparue comme problématique avec une faible rentabilité observée, même pour les élevages commercialisant les moutons de grands gabarits.

Dès lors, afin de comprendre l'environnement économique et les incitations en termes de prix auxquelles les éleveurs sont soumis, nous avons cherché à analyser les facteurs influençant le prix des animaux vendus, notamment les caractéristiques phénotypiques. Afin de mieux comprendre ces variations de prix, nous avons également cherché à caractériser les circuits de commercialisation et, plus fondamentalement, l'organisation de ce marché et les relations entre acteurs qui participent au commerce des différents types de moutons commercialisés sur le marché intérieur et à l'export. Etant donnée la variabilité de ces dynamiques de marché au cours de l'année, l'étude a considéré trois périodes de ventes caractéristiques : la fête musulmane du sacrifice (Eid al-Adha), les fêtes de fin d'année (Noël et Nouvel an) et une période considérée comme neutre.

Abstract

Farm animal genetic resources are threatened worldwide. Participation in markets, while representing a crucial way out of poverty for many smallholders, affects genetic management choices with associated sustainability concerns. This paper proposes a contextualized study of the interactions between markets and animal genetic resources management, in the case of sheep markets in Ouagadougou, Burkina Faso. It focuses on the organization of marketing chains and the valuation of genetic characteristics by value chain actors. Marketing chain characterization was tackled through semi-structured interviews with 25 exporters and 15 butchers, both specialized in sheep. Also, revealed preference methods were applied to analyse the impact of animals' attributes on market pricing. Data were collected from 338 transactions during three different periods: Eid al-Adha, Christmas and New Year period, and a neutral period. The neutral period is understood as a period not close to any event likely to influence the demand for sheep. The results show that physical characteristics such as live weight, height at withers and coat colour have a strong influence on the animals' prices. Live weight has also had an increasing marginal impact on price. The different markets (local butcher, feasts, export market, sacrifices) represent distinct demands for genetic characteristics, entailing interesting consequences for animal genetic resource management. Any breeding programme should therefore take this diversity into account to allow this sector to contribute better to a sustainable development of the country.

Keywords: market - sheep - revealed preference - pricing - biodiversity

Implications

This economic characterization of the links between sheep markets organization and demand for genetic improvement provides information for national sheep improvement strategies. The present market structure, through its failures, shows compatibility with the promotion of the small-framed indigenous sheep by the public sector, to be supported through a dedicated straight-breeding programme, for the inclusive development of the sector. At present, a genetic improvement directed towards most rewarded sheep traits would more serve export and seasonal markets, thus bring a distinct contribution to economic development, rather involving a commercially oriented private sector that is better endowed with capital.

Introduction

The diversity of farm animal genetic resources is an important component of agricultural system's sustainability (FAO, 2015). Their threat at the global level is therefore a main concern in the challenge of meeting the future needs in animal products and services (FAO, 2015). In his thorough analysis of the causes of farm animal biodiversity loss, Tisdell (2003) crucially pointed to the role of markets extension and economic globalisation. While the participation of smallholders to markets is often seen as a major way out of poverty (Barrett, 2008), this interaction between genetic resources and markets needs to be more carefully studied in the diversity of situation met worldwide.

In Burkina Faso, as in most countries in West Africa, sheep contribute significantly to households' economy as a source of income, insurance, savings and food safety (Dossa *et al.*, 2015). Beyond this economic contribution, mutton is of major cultural importance, as it is involved in several traditional and religious rites in the region, as well as in maintaining social bonds and solidarity networks (Amadou *et al.*, 2012; Dossa *et al.*, 2015). Along with Mali and Niger, Burkina Faso is a Sahelian traditional sheep-breeding basin, supplying animals to coastal countries of the sub region (Renard, 2003). As a result, to Burkina Faso, sheep farming is an opportunity to develop an effective value chain, for domestic and export demands, which would benefit all its stakeholders. This requires, however, a functional market with profitable and equitable commercialization circuits, and thus a coordinated supply chain that reduces transaction costs between actors along the chain (Kassa *et al.*, 2011). Animal genetic resource diversity plays a central part in the pursuit of such a value chain. Genetic resources are indeed the basis for efficient and sustainable production systems as well as the basis of a product's quality and thus the ability to respond to the diverse consumers' preferences and purchase power. Consumers in the region of Ouagadougou show a significant cultural and socio-economic diversity, with various ethnic and religious groups represented, entailing a diversity of sheep roles. Income diversity is much more observed in cities, like Ouagadougou, where wealth and poverty coexist: the Gini index in 2014 was 38.4% in urban areas, against 27.3% in rural Burkina Faso (INSD, 2015). How individual characteristics of animals determine their value is linked to both the economic and socio-cultural dimensions as cited above. For example, for the yearly Eid al-Adha, the mutton sacrifice feast, in addition to the overall physical condition, the consumer often gives importance to characteristics such as coat colour, nose profile, height or horn presence (Brisebarre *et al.*, 2009). Therefore, this demand represents a strong driver of ovine genetic resource management in the region (Terfa *et al.*, 2013; Kassa *et al.*, 2011; Tadesse *et al.*, 2015). Understanding demand characteristics and dynamics may help in analysing the value of indigenous genetic resources, as considered by the stakeholders involved, understanding the trade-offs between conservation and improvement of animal genetic resources, and finding a way for sustainable livelihoods (Hamadou *et al.*, 2015).

This paper aims to characterize the ovine markets of Ouagadougou as well as the influence of animals' attributes and other factors in the determination of price paid by buyers. That is in order to understand

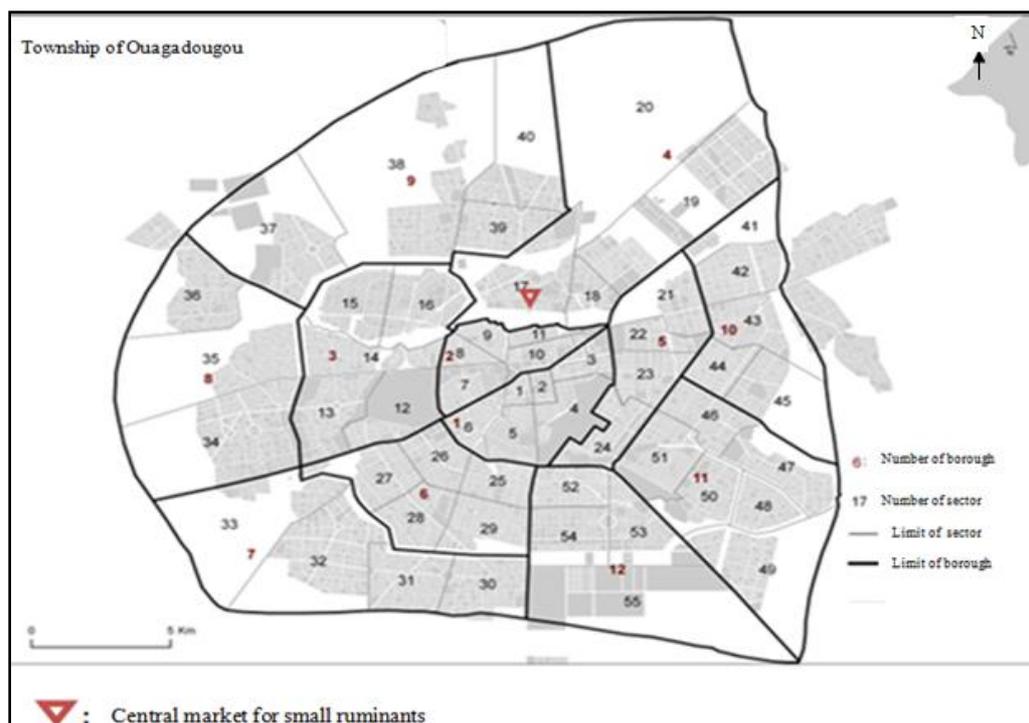
how markets may influence the management of ovine genetic resources in Burkina Faso and hence the sustainability of the livestock sector in the region.

Material and methods

Study area

Ouagadougou, capital of Burkina Faso, has a northern Sudanese climate with annual rainfall of between 600 and 800 mm per year. Temperatures vary between 16 and 45 °C, with an average of around 30°C. The present study included a butchers' and exporters' survey and a monitoring of transactions between local traders or brokers and buyers. The survey of butchers took place on their sales sites, while the survey of exporters took place in livestock markets. The monitoring of transactions which took place during three different periods had as site the central market of small ruminants of Tanghin in Ouagadougou. This central market is located in Borough 4, in Tanghin district (Supplementary Figure S1).

The infrastructure is fenced by a wall. It includes sheds along the wall, a loading dock, a safety post office and sanitary installations. Animals are tethered within the course to pegs, set up by traders. The market takes place every day and opens in the morning at about 5am and closes between 6pm and 7pm. The main players in this market are local livestock traders, brokers, buyers, sellers of livestock feed and various other small shopkeepers. Here, brokers are middlemen between traders (owner of animal) and buyers. They try to attract customers to specific traders and then try to convince them to buy at a price on which they will perceive a commission. Purchasing is done by visual appreciation, followed by bargaining between the buyer and the seller (trader or brokers) to reach an agreed price.



Source: Township of Ouagadougou

Figure S1: small ruminant livestock market location

Data collection

Monitoring of transactions

Data were collected from 338 transactions during three different periods: Eid al-Adha (September 2015, 128 transactions), Christmas and New Year period (December 2015, 147 transactions) and a neutral period (March 2016, 63 transactions). The neutral period is understood as a period not close to any event likely to influence the demand for sheep. For Eid al-Adha, data collection began two weeks before the feast day itself. For the year-end holidays, it started two weeks before Christmas and continued until December 31.

The survey team was composed of a livestock technician, a livestock market broker (recruited and trained) and the first author of this paper.

The buyers were approached once the bargaining had concluded, and the purpose of the study was explained to them and their participation requested. All available buyers were approached. Upon receiving informed consent, buyer and the animal were conducted at our installations and there, the weight and height at the withers of the purchased animals were measured using respectively an electronic balance (KERN HCB 99K50) and a tape measure (100 cm). Other phenotypic characteristics such as coat colour (white or bicolour), the presence or absence of horns, and breed were recorded. The breed of the animal was defined, ascribing the animal to one of three classes, purebred Fulani, purebred Mossi and crossbred Fulani x Mossi. These classes were defined by traders

and correspond to those usually given by livestock keepers. It is based on the following combined criteria: height at withers, fur type (hair length) and ear size, with purebred Fulani being tall with long ear and short hair, by opposition to purebred Mossi. By its nature, the category ‘crossbred’ gathered animals that showed very diverse characteristics but were unanimously recognized by traders as not belonging to any of the purebred categories. The broker in the team obtained this information in the absence of the buyer. Animals were designated as bicolour, even if the second coat colour consisted only of a few spots, as buyers took these into consideration. Finally, the buyer was asked the price paid and the purpose of the purchase.

Information on the origin of the animals sold at this market was also collected with livestock traders.

Exporter and butcher survey

This survey was conducted among 25 exporters and 15 butchers, both specialized in sheep. In both cases we started from an interviewee who was introduced to us by a key-informant and then to each respondent we asked to introduce us to other potential interviewees (an approach known as “snowball sampling”). The questionnaire consisted of open-ended questions and tackled their supply markets, the various actors in these markets, their preferences regarding the characteristics of the requested animals, the circuits followed by these animals and constraints in their activity.

Statistical analysis

All statistical analyses were performed with R (version 3.0.1). A total of 338 animals were included in the analyses. First, proportions relative to characteristics such as coat colour, genotype and purchase objectives were calculated for each of the three periods. An explanatory price model was then developed. The explanatory variables included were weight, height at withers, coat colour and period, as well as interactions between these variables. Quantitative variables (weight and height at withers) were centred on the means.

The choice of the linear model was based on the Akaike information criterion (AIC). A saturated model integrating all variables (weight, height at withers, coat colour, breed, period, and interactions between weight and other variables) has been introduced. Choice was based on the relevant model with the lowest AIC, following the principle of parsimony. A model including breed showed that this variable had not a significant effect on price, thus a model without this variable was retained. There is an overlap and thus confounding effect between the variables “period” and “reason for purchase”. This confounding effect reflects the social reality at stake and cannot be handled through sampling strategies. Therefore, the variable “reason for purchase” was not included as such in the general model but the model substituting the variable « motives » to the variable « period » was also tested. For the weight, a quadratic term was added to the model. The interest in adding this quadratic term was tested by F-test, comparing the sum of squared deviations of two models (one with the quadratic term and another without) to the sum of squared residuals of the model with the quadratic term (function *anova*

(*modell1, model2*) in R). This test has shown a highly significant difference ($p < 0.001$) in favour of the model including the quadratic term.

The model retained can be written as follows:

$$P_{ijk} = b_0 + b_1 w_{ijk}^2 + b_2 w_{ijk} + b_3 h_{ijk} + c_i + b_{4i}(w \cdot c_i) + p_j + b_{5j}(w \cdot p_j) + e_{ijk}$$

$$i = 1, 2 ; \quad j = 1, 2, 3 ; \quad k = 1, 2, 3 \dots 338$$

Where P_{ijk} = sheep prices in euro, w_{ijk} = weight in kg, h_{ijk} = height at withers in cm, c_i is the difference in price for the two types of colour (white and bicolour) and p_j the differences in prices for the 3 periods (Eid al-Adha, Christmas and New Year and neutral period), b_0 is the intercept, b_1 , b_2 , b_3 , b_{4i} and b_{5j} are respectively the coefficients of the squared weight, the weight, the height at withers, coat colour and weight interaction, period and weight interaction, e_{ijk} is the residual error

Results

Markets and their actors

(Figure 1)

Collection markets

These markets are mainly frequented by collectors, butchers and some traders from urban terminal markets. Purchases are made directly from farmers or through middlemen. The markets in this category cited by respondents are mainly Korsimoro, Yilou and Titao, respectively located 70 km, 76 km and 230 km from Ouagadougou.

Assembly markets

They are located in accessible areas, near the production basins, e.g. Kaya, Djibo or Dori, respectively 100 km, 210 km and 270 km from Ouagadougou. In these markets, sellers are collectors (who resell animals purchased at the collection market) and livestock keepers. These two actors are often helped by middlemen. The main interlocutors of interviewed buyers are people they call their “*gaansoaba*” (meaning “guardians”). These are local livestock traders or middlemen. They have multiple roles, as listed by interviewees: purchase of animals in peripheral markets for resale to buyers; purchase, assembling and surveillance of animals on behalf of purchasers; acting as an intermediary in the selection and purchase of animals from other sellers; supply of animal feed; and providing information on the market. The relationships between these partners are essentially based on trust, tacit contracts and sometimes on kinship.

Urban markets of Ouagadougou

In these markets, traders, their representatives or brokers sell animals (purchased essentially at the assembly market) to end-consumers or exporters. Suburban livestock keepers also come to sell their animals but are not allowed to sell directly to consumers. Only traders, recognized as such by market managers, are allowed to buy and resell. In these markets, brokers are paid by traders for each animal they sell. The amount of this compensation is decided by traders and varies according to the final sale price. It also happens that traders sell to brokers at a fixed total price, and allow the broker the possibility of creating the margin freely through their bargaining with end-buyers.

Export markets

The main destinations are Ivory Coast and Ghana. Benin is less important as a destination. Exporters from other countries, such as Mali and Niger, sell their animals at these same export terminal markets. Here also, there are “*gaansoaba*”. They help traders to watch and sell animals. They are also used as informants, by telephone, on market prices. Relationships are essentially also based on trust, tacit agreement and/or family bonds. In all the markets where they intervene, the “*gaansoaba*” receives fees based on transaction price.

Circuits and characteristics of export sheep

Exporters buy their sheep mainly at assembly markets, urban markets and suburban farms (Figure 1). The animals purchased are exported alive and are generally collected in Ouagadougou before being loaded into trailer trucks (usually hired by several traders) to the destination country. The number of sheep, by convoy and by trader, varies between 20 and 400 depending on the period and the trader. The time required for collecting them varies from one to two weeks.

The main characteristics taken into account in the selection of animals are body size, body condition and sex, with male and large animals with a good body condition being most highly sought. Urban and suburban livestock keepers, according to exporters, provide the best animals (large and with good body condition). Breed is not directly mentioned, but the small-size breeds (Djallonké and Mossi sheep) are virtually absent from export. Coat colour is not a selection criterion but can influence the price of animals, according to the interviewees. The white coat colour is likely to reach the highest prices on the different markets (domestic and export).

The most cited constraints for exporters are the poor access by road to certain markets (e.g. Djibo), price instability and illegal taxation along roads. All actors (exporters, traders and butchers on domestic markets) financed their activities with their own funds. The actors explained this by stating that price volatility prevented access to credit.

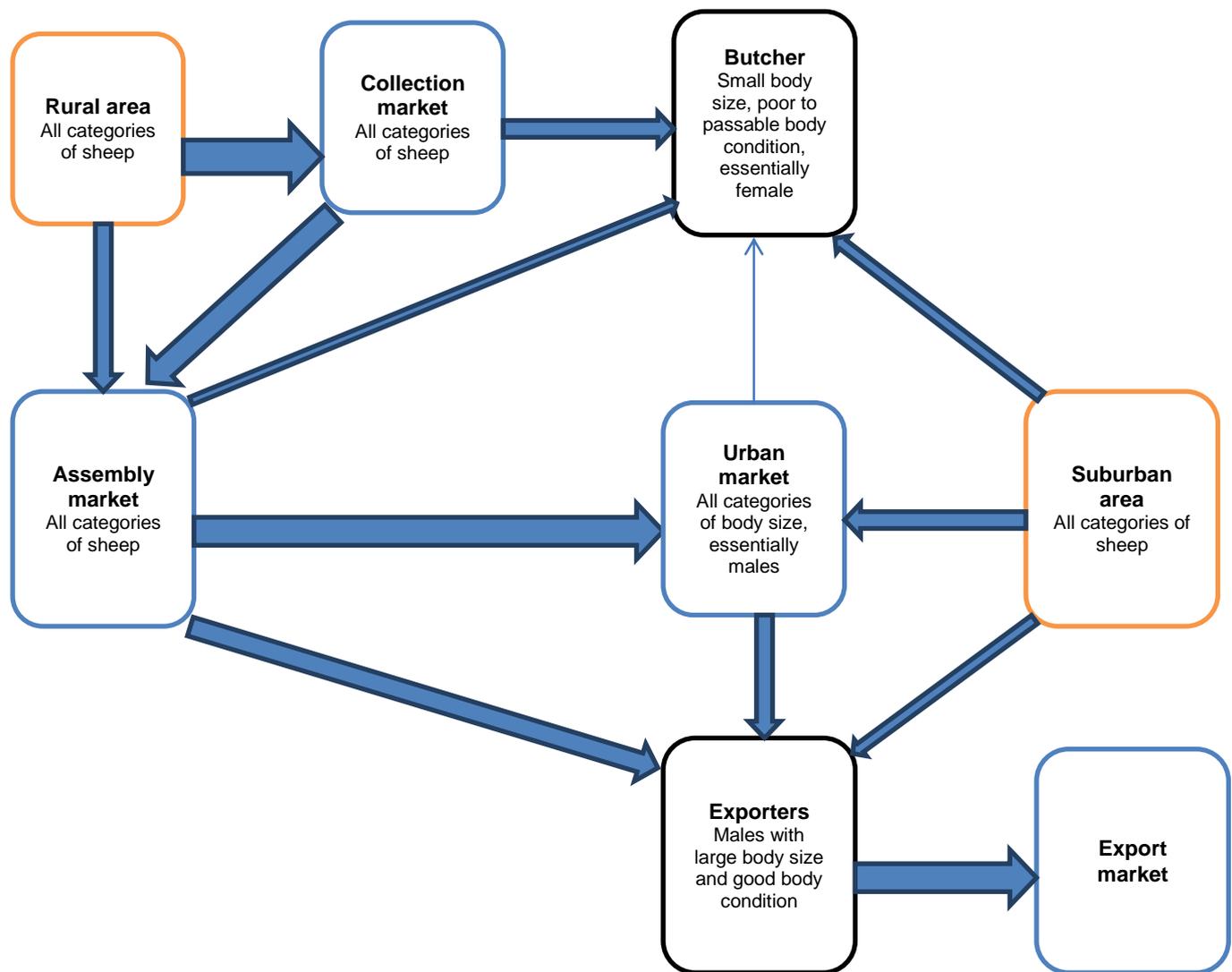


Figure 1: Sheep market channels in Burkina Faso.

Width of arrows is indicative of the relative importance of the flow

Characteristics of sheep for local slaughter (butchers)

Local butchers state that their preferences for animals are small body size and poor to fair body condition. These animals include more culled females than males. The purchase places are also targeted, consisting mainly of collection markets around Ouagadougou, assembly markets and directly with suburban livestock keepers. The urban market is seldom frequented by sheep and goat butchers. The aim of such selection, according to interviewees, is to reduce the costs in order to offer meat to consumers with weak purchasing power.

Purchase characteristics at the urban market

Almost all registered purchases (99.11%) have concerned entire males with horns. Purchase objectives are shown in Table 1. Purchases in festive periods may be aimed at slaughtering for households' needs or offering as a gift outside of the household. During Christmas and New Year celebrations, making gifts was the main motive for sheep purchase. Animals bought for slaughtering inside the household tended to be poultry or goats. Purchases for alms offering and other sacrifice were almost not observed during Eid al-Adha, Christmas and New Year periods. From information gleaned from traders and brokers as well as observations made during the survey periods, it appears that white rams are mainly sold on Thursdays. The reason is that sacrifices or alms, which make use of these white rams, take place traditionally on Fridays.

Table 1: Sheep purchases objectives in small ruminant markets at the study periods

Period	Purchasing reasons	Percentages
Christmas and New Year period (n=147)	Christmas and New Year	70.1
	Baptism	24.5
	Other	5.4
Eid al-Adha period (n=128)	Eid al-Adha	79.7
	Baptism	9.4
	Export	10.9
Neutral period (n=63)	Alms offering and other sacrifices	39.7
	Baptism	58.7
	Other	1.6

Purchased animal characteristics

Table 2 shows the percentages of different breeds and coat colours depending on the period. Crossbreed and bicoloured sheep are more frequent in all three periods. Scatter plots for prices based on weight, for the three periods and for all data, are shown in Figure 2. These scatter plots show a not strictly linear relationship, as explained here above in the model description ("statistical analysis" section).

Table 2: Distribution of sheep breeds and coat colours in observed transactions depending on the period

Variables		End of year feast (%) (n=147)	Ordinary period (%) (n=63)	Eid al-Adha period (%) (n=128)
Breed	Crossbreed	65.31	50.79	56.25
	Fulani sheep	12.24	6.35	8.59
	Mossi sheep	22.45	42.86	35.16
Coat colour	Bicolour	83.67	90.48	87.5
	White	16.33	9.52	12.5

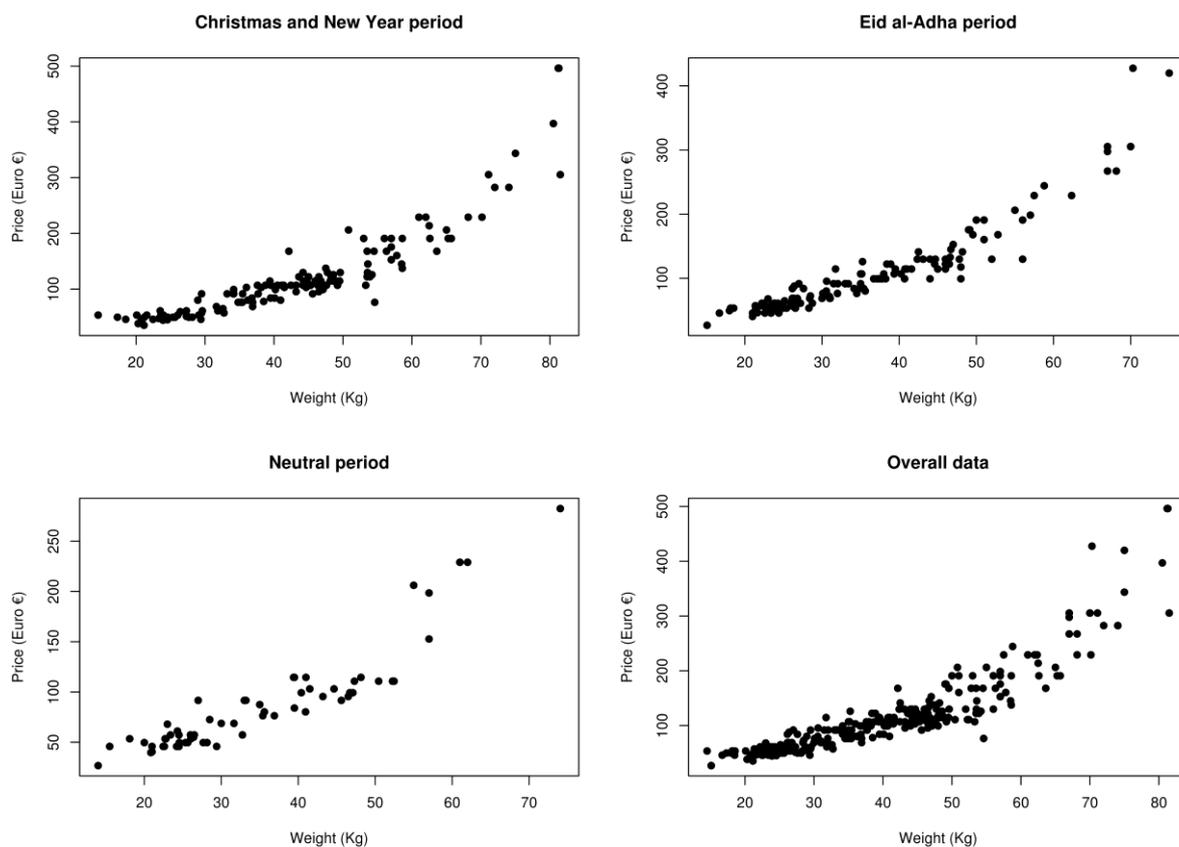


Figure 2: Scatter plots of sheep prices (euros) based on their weights (kg), for the different periods and for overall data

Factors affecting sheep prices

Table 3 shows the results of the linear model analysis. The model was statistically highly significant (F-test, $p < 0.001$). For each categorical variable, one modality is taken as reference. Weight and height at withers both have a positive and highly significant influence on sheep price. In addition, it is noted that the influence of weight is not constant and varies positively with this weight (positive and highly significant coefficient of quadratic term). Except for the ordinary period, all other modalities for categorical variables have positive and highly significant coefficients. Lastly, the weight interacts positively and highly significantly with these modalities.

In the model including the variable “objectives for purchases”, only the objectives “exportation” and “Eid al-Adha” showed significant coefficients, of 20.29 ($p < 0.05$) and 16.70 ($p < 0.001$), respectively.

Table 3: Quadratic model of factors affecting sheep prices during study period (n=338)

Variables	Coefficient	P-value	SE
Intercept	83.44	< 0.001	1.84
Weight ²	0.08	<0.001	0.005
Height	0.77	<0.001	0.21
Weight	2.49	<0.001	0.19
White coat colour	14.73	<0.001	3.23
Bicolour	0	-	-
Ordinary period	0.99	0.75	3.04
Eid al-Adha period	18.29	<0.001	2.40
Christmas and New Year period	0	-	-
Weight * white coat colour	1.18	<0.001	0.17
Weight * bicolour	0	-	-
Weight * ordinary period	0.22	0.32	0.22
Weight * Eid al-Adha period	1.06	<0.001	0.17
Weight * Christmas and New year period	0	-	-

SE: standard error

Adjusted R-squared: 0.9284

Discussion

The circuit analysis shows that, from livestock keeper to domestic consumer, animals usually go through three markets (collection, assembly and urban markets) with middlemen at each level. This organization of the livestock market, with several levels, is observed in other African countries (Kocho *et al.*, 2011; Kassa *et al.*, 2011). It offers employment opportunities, and in Burkina Faso, 60 to 90 thousand people derive income directly from marketing activities, as middlemen, conveyors or truck loaders (Renard, 2003). However, these levels of market and the middlemen contribute together to raise transaction costs and, for a given terminal price, to reduce margins shared between different actors from farmers to the final sellers (Kocho *et al.*, 2011). In a context of low purchasing power, price instability and livestock keepers complaining of low profit margins (Tindano *et al.*, 2015), this makes the entire sector vulnerable. There is a relational contract strategy with fees for middlemen varying according to prices at the market. This practice transfers partly the transaction risk to collaborators of traders (*gaansoaba*, middlemen) and allows the activities to continue.

Due to the quasi-absence of a cold chain, exporting is still mainly done in the form of live animal trading. The relatively long time needed to collect a sufficient number of animals to send a convoy, i.e. up to two weeks, implies additional costs for the maintenance of animals (feeding, watering), which also contributes to reducing margins. The more the exporter targets high-value animals, which are more difficult to find, the more this selection and maintenance phase will represent a significant part of the operating costs. This strategy, consisting in selecting the best animals for export and relatively less valuable animals for domestic markets, has also been reported in cattle in Burkina Faso (Hoffmann and Bernhard, 2007) and in other countries like Ethiopia and Somalia for small ruminants (Ayele *et al.*, 2006; Marshall *et al.*, 2016). The higher purchasing powers in destination countries explain this market characteristic. This means that the genetic improvement of the body size of animals is firstly an export development strategy, contributing to national development through export earnings (a common currency is used in Burkina Faso and Ivory Coast but not Ghana). One should note, nevertheless, that for occasional slaughter (feast, baptism, sacrifices or alms), the best animals can be used locally.

The production of animals with better body size and condition by urban and suburban farmers is in line with their better access to inputs (proximity to the market, higher income) and to technical information (health and production).

Butchers, unlike exporters, target small-framed animals. This can be understandable when one take into account the fact that the consumer has low purchasing power. Hence, the consumer has a constant daily amount for the purchase of meat and is much more attached to quantity than quality (Renard, 2003; Hoffmann and Bernhard, 2007). A sudden rise in prices, which would prevent him having his daily quantity, will move him towards alternative products, such as fish. As meat is perishable and the cold chain for conservation almost non-existent, butchers are exposed to poor sales and product deterioration. To prevent this, butchers, anticipating consumers' behaviour, play on the quality (by

selecting the body condition of animals) and quantity of meat by focusing on the number and body size of the animals slaughtered, in order to maintain their customers, and to ensure all flow out on the same day. This context may also explain the choice of markets. This means that at the butcher level, large-body-size animals have a better value alive than slaughtered: due to poor conservation facilities and weak outlet capacities, the processing of animals into meat decreases the products' value. These explanations, deduced from interview narratives, seem moreover in agreement with the fact that they also target poor to fair body condition or culled females. Other plausible explanations for the choice of small-framed animals are their higher carcass yield and/or the better meat quality, which is indeed renowned and much appreciated by the consumer.

The scatter plots, as well as the sign of the quadratic term coefficient, show that the influence of weight on price is not constant and gradually grows as the weight increases. In other words, every additional kilogram taken by the animal is paid more than the last. Our results are in line with findings of Kassa *et al.* (2011) from Ethiopia. This can contribute to the understanding of butchers' choices, as they have no interest in paying more expensive, the average live weight kilogram. The height at the withers also positively influences prices. These results are consistent with the objective of improving body size shown by livestock keepers in the Ouagadougou suburban area (Tindano *et al.*, 2015). However, since farmers do not keep exploitation accountancy, it is unclear whether this extra income compensates or goes beyond the extra feed needed for the growth and maintenance of these large-size animals.

While it is easy to understand the preference of farmers for large-size animals, consumers' preference for these animals is more difficult to grasp. Indeed, the present study clearly shows the greater willingness to pay per kilogram of body weight in larger animals. The first element of the answer could lie in the prestige of slaughtering or offering an animal that is not accessible to everyone. This explanation is reinforced by the fact that white coat colour, which also improves prices for cultural motives (Terfa *et al.*, 2013; Dossa *et al.*, 2015), shows an even higher effect on the price for high-weight animals (positive effect of interaction term). Nevertheless, a second element may be found in the expectation for better meat quality in high-weight animals, due to expected good health status and sufficient fat, which has organoleptic advantages.

The feast of Eid al-Adha showed a positive and highly significant difference in prices, compared to other periods. Here again there is a positive interaction with weight. The strong domestic demand, coupled with the export one, particularly directed at animals with better weight during this period, could explain this significant increase in prices. The results of model with the variable "objectives of purchases" were consistent with this statement. Indeed, only objectives "exportation" and "Eid al-Adha" have shown an effect on prices. Christmas and New Year period is also characterized by a higher demand but did not show any significant impact on price compared to the neutral period. The cultural possibility of consumers using cheaper alternative goods for these feasts, such as goats and poultry, could explain this fact. This also explains why buyers purchase sheep in this period essentially

for gift-making purposes, with family needs being oriented around goats and poultry. Indeed, for reasons of prestige, poultry and goats are not generally accepted locally as a good alternative to sheep. In accordance with the comment made above and earlier, the effects of period and purchase motive are confounded and are to be conceived as truly intertwined in reality. To this we can add that traders and brokers are well informed on market fluctuations, are well organised and anticipate the opportunities represented by feasts and social occasions. Therefore the final pricing is to be considered as a complex dynamic social phenomenon, of which the present model proposes a workable simplification.

In this regard, the absence of purchase for alms and other sacrifices during festive periods can be understood as an adaptive reaction of buyers, postponing anything that can be postponed to avoid high market prices on these periods. As baptism among Muslims is compulsory on the seventh day of birth, purchase for it is observed at all periods.

Although the physical characteristics attached to breeds (small-framed for purebred Mossi and large body size for purebred Fulani) have shown an influence on prices, breed itself has not been significant. This is in line with exporters' statements, according to which, breed is not a selection criterion for them. So, despite the cultural importance of sheep in the region and the cultural environment of their consumption, there is no signal from consumers to farmers indicating that they should raise a particular breed. Rather, the characteristics of weight and coat colour act as pressure towards the wider use of Fulani sheep as purebreds or for cross-breeding.

On analysing all these results, we note a heterogeneous market structure. In particular, it is noted that the best-framed rams (large body size and good body condition) are mainly for export, and partly for feasts, gifts, sacrifices, baptism and alms. The remaining animals are destined for domestic markets (local butchers, but also feasts and gifts). White rams are more particularly used in religious sacrifices. From this clearly emerges the need for genetic diversity to meet different markets (domestic, export). Any breeding programme should therefore take this into account, to allow sheep to continue to fulfil their different roles and to maintain the diversity of products.

Conclusion

The distribution channels have shown long circuits that involve high transaction costs, thereby limiting their effectiveness. Vertical integration between groups of farmers and livestock traders would shorten these circuits and also save time. This would allow for an extra margin for the different actors. Phenotypic characteristics such as weight, height at withers and coat colour had a highly significant influence on the prices of sheep. The influence of coat colour and the growing influence of weight show that consumers, as well as the amount of meat, are also looking for other areas of satisfaction in these purchases. Buyers showed no particular preference for a breed, leaving to breeders the possibility of raising a breed(s) that suits them. But the characteristics of weight and coat colour act as pressure towards a wider use of Fulani sheep as purebreds or for cross-breeding. The diversity

of consumers requires the maintenance of genetic diversity. Indeed, it is through this diversity that distribution channels can provide a variety of animals based on consumers.

Discussion additionnelle

Collecte de données

Les données portant sur les transactions ont été collectées par une équipe de trois personnes dont l'auteur de cette thèse. L'équipe a été introduite au niveau du marché par le responsable de celui-ci, qui a fait le tour du marché avec l'équipe pour expliquer auprès des commerçants l'objectif de notre travail. Après cela, l'équipe, consciente du fait que la qualité des données collectées dépend de la confiance qu'elle inspire à la fois aux commerçants et aux acheteurs, a toujours pris le soin d'expliquer en quoi consiste le travail notamment avec les acheteurs qui ont fourni l'essentiel des données (motif d'achat, prix ainsi que l'animal pour les mesures). Les entretiens auprès des bouchers et exportateurs ont été menés par l'auteur de cette thèse, suivant la même stratégie d'introduction par un acteur déjà connu de la personne interrogée.

Ces éléments ont permis de toujours instaurer une confiance et donc d'avoir des données fiables. Particulièrement, les prix représentent souvent des données à la délivrance desquelles on pourrait attendre une réticence. Néanmoins, il est à noter que cette réticence est observée quand l'information est collectée de manière à permettre l'estimation des bénéfices réalisés par les vendeurs. Or, dans cette étude, l'objectif n'était pas celui-là, cela étant rappelé expressément à la personne concernée et l'anonymat étant donc strictement respecté (les coordonnées des répondants n'étaient pas enregistrées). Ainsi aucune réticence n'a été constatée. En outre, l'information était le plus souvent collectée directement au cours des débats entre acheteur et vendeur (témoin oculaire) ou à défaut auprès de l'acheteur.

Analyses statistiques

Un modèle quadratique a été utilisé pour expliquer les prix des ovins par un ensemble de variables qui sont : le poids des ovins, la hauteur au garrot, la couleur du pelage, et la période ou le motif d'achat. Signalons de prime abord qu'en raison d'une imbrication des périodes et motifs d'achat, ces deux variables n'ont pas été utilisées ensemble dans le même modèle. Ensuite, on notera aussi qu'aucune mesure n'est faite par les acheteurs pour apprécier les animaux avant l'achat et que par conséquent les mesures de poids et de hauteur au garrot qui ont été effectuées visent à traduire en chiffres objectifs, les appréciations visuelles faites par les éleveurs qui portent à la fois sur la hauteur et le poids. En effet, comme signalé par Ninot (2010) dans une étude réalisée à Dakar, le choix du mouton de Tabaski obéit à des critères qui prennent en compte entre autres ces deux variables qui paraissent importantes pour le rôle ostentatoire du bélier sacrificiel. Par conséquent, l'une ou l'autre de ces variables ne saurait traduire à elle seule cette appréciation. On gardera néanmoins à l'esprit que ces deux variables prises sur les mêmes individus présentent une corrélation significative de 0,69. Enfin, un terme quadratique a été introduit pour la variable poids afin de prendre en compte un consentement des consommateurs à payer plus cher l'unité de poids vif chez les ovins de grand gabarit comparé à ceux de petit gabarit. Cette non-linéarité du prix nous a paru importante à prendre en compte pour relever le

fait déjà mentionné plus haut de consommation ostentatoire, tel que relevé par Ninot (2010) à Dakar. De même, des termes d'interaction ont été ajoutés pour mesurer à nouveau le consentement des éleveurs à payer plus cher les animaux de grand gabarit à certaines périodes et pour certaines couleurs de pelage.

Le modèle retenu se présente alors comme suit :

$$P_{ijk} = b_0 + b_1 w_{ijk}^2 + b_2 w_{ijk} + b_3 h_{ijk} + c_i + b_{4i}(w \cdot c_i) + p_j + b_{5j}(w \cdot p_j) + e_{ijk}$$

$$i = 1, 2 ; \quad j = 1, 2, 3 ; \quad k = 1, 2, 3 \dots 338$$

Où P est le prix des ovins, w le poids, h la hauteur au garrot, c_i la différence de prix pour les deux types de couleur et p_j les différences de prix pour les 3 périodes, b_0 est l'intercept, b_1 , b_2 , b_3 , b_{4i} , b_{5j} sont respectivement les coefficients de w^2 , w, h, $(w \cdot c_i)$ et $(w \cdot p_j)$.

Organisation des marchés de bétail

La structure du commerce du bétail allant des bassins de production jusqu'aux grands centres de consommation, ainsi que la diversité des acteurs qui y interviennent, présentent un certain nombre de points communs à beaucoup de pays de l'Afrique de l'Ouest (Corniaux, 2014). L'organisation des marchés de regroupement, de collecte, de consommation et d'exportation, assure un débouché pour les éleveurs des zones reculées, sans qu'ils ne soient obligés de se déplacer vers des villes qu'ils connaissent peu. La diversité des acteurs tout au long des circuits de commercialisation est cependant souvent diversement perçue par les acteurs eux-mêmes, comme il sera détaillé plus bas.

Comme indiqué dans la première étude, la rentabilité de l'activité d'élevage des ovins est une question importante, qui détermine les stratégies des différents acteurs impliqués dans le commerce, et les orientations à promouvoir pour encourager la gestion durable de ce secteur. Naturellement, cette rentabilité tient directement au prix de vente des moutons au niveau de l'éleveur, et des marges prélevées par les différents acteurs de la filière. Le prix au producteur et les marges prélevées en aval dépendent par ailleurs de la manière dont sont structurés les marchés à bétail, des conditions d'accès à ces marchés, et de la position relative qu'y occupent les différents acteurs.

Afin de comprendre cette organisation, il convient d'analyser les stratégies des différents acteurs et de comprendre les logiques de leurs activités. A ce sujet, plusieurs éleveurs nous ont déclaré : « Si nous devons tenir compte de tous nos coûts de production avant de fixer les prix nous ne trouverions pas d'acheteurs » (source : nos enquêtes). Cette position rend compte des négociations entre éleveurs et commerçants qui sont inhérentes à ce commerce. Les commerçants de bétail, eux, insistent sur le caractère risqué de leur activité. Ils affirment par exemple, au sujet d'un éventuel accès au crédit : « Cette activité présente trop de risque pour qu'on y investisse l'argent d'une banque » (nos enquêtes). Les exportateurs notamment expliquent qu'il leur arrive d'être confronté à des chutes de prix une fois à destination et que, dans ce cas, ils peuvent y séjourner pendant longtemps en attendant une remontée des prix. Ces affirmations pointent au final la même réalité : les faibles marges bénéficiaires des acteurs et les risques importants qu'ils encourent.

Or, très souvent, les « intermédiaires », commerçants, transporteurs, courtiers ou garants sont pointés du doigt par les éleveurs, et même dans la littérature spécialisée par certains auteurs : on les accuse de profiter d'une position de force vis-à-vis des éleveurs et de prélever des marges importantes en aval de la filière, sans que ces marges ne soient vraiment justifiées (Boly *et al.*, 2001 ; Missohou *et al.*, 2016). De telles considérations ont été à l'origine de l'action de protestation et de réforme menée par les éleveurs à Gogounou dans le Nord du Bénin dans les années 76, qui donna naissance aux marchés de bétail autogérés (Onibon, 2004). Qu'en est-il dans le cas du commerce de moutons étudié dans le cadre de cette étude ?

Les entretiens conduits au cours de notre enquête soulignent qu'il convient de faire la distinction entre les logeurs et garants désignés sous le terme de « gaansoaba » et les intermédiaires ou courtiers opérant de manière plus informelle sur les marchés. Les premiers ont pour rôle de loger et d'être un garant pour le commerçant qui est un étranger dans la localité. Ils sont généralement eux-mêmes des commerçants de bétail locaux. En fonction des localités, ils vont en outre soit aider à l'achat (sur place ou dans des marchés de collecte situés plus à l'intérieur), soit aider à la vente. La fonction de garant est remplie grâce à la reconnaissance locale dont jouissent ces acteurs, mettant en jeu leur réputation. Ainsi, ils facilitent l'enregistrement de la transaction par les autorités locales, certifient l'origine des animaux en détectant d'éventuels vols de bétail. En compensation, la fonction de logeur requiert des investissements et coûts opérationnels. Ces acteurs remplissent ainsi une fonction utile, concourant à la création de valeur ajoutée, cette accréditation permettant aux transactions de s'opérer dans la confiance des différents acteurs en présence. Par contre, certains intermédiaires et courtiers ont des rôles commerciaux moins évidents. N'étant généralement pas des commerçants, ils peuvent aider à la vente en essayant d'attirer les acheteurs sur des animaux bien précis sur lesquels ils recevront une prime de la part du commerçant où réaliseront une marge sur le prix fixé par le vendeur (commerçant ou éleveurs). Ces intermédiaires qui n'ont parfois réalisé aucun investissement dans le marché (animaux, hangar), sont parfois vus par certains commerçants et éleveurs comme des « parasites » du système. Un flou entoure alors leurs activités, qui semblent mobiliser des talents de négociation/conviction dans le but soit de réaliser des marges sur les prix fixés par les commerçants ou les éleveurs, soit d'orienter le choix des acheteurs, soit encore de cacher des défauts de qualité des animaux. Ce flou nourrit par conséquent les suspicions susmentionnées, même au sein des commerçants. Par exemple, dans le marché urbain de Tanghin (Ouagadougou), certains commerçants ne voient pas d'un bon œil la présence des intermédiaires-courtiers sur le marché et les considèrent selon leurs propres termes comme « des perturbateurs qui ne laissent pas les clients faire librement leur choix ». Ces commerçants refusent alors systématiquement leurs interventions en préférant avoir des employés qui les aident pour la vente.

Dans un contexte de faible pouvoir d'achat qui pèse sur les prix finaux (Renard, 2003 ; Corniaux, 2014 ; Tamini *et al.*, 2014), il apparaît important que les transactions se fassent dans un cadre clarifié de sorte qu'aucune catégorie d'acteurs ne se considère comme trompé ou perdant. Un tel cadre ne peut

se créer qu'avec l'implication des différents acteurs dans une co-construction de règles communes, intégrant la logique des garants et des logeurs telle que décrite ci-dessus. Cela est d'autant plus nécessaire que dans la situation actuelle, les intermédiaires, adolescents très souvent et privés de scolarité ont, pour citer Renard (2003), « de faibles perspectives d'évolution en termes professionnels et de revenus, constituant ainsi une niche de pauvreté ». L'expérience du Bénin avec les marchés autogérés peut servir d'exemple pour une telle co-construction de règles (Onibou, 2004). Ces marchés de bétail, dits « autogérés » car gérés par les éleveurs eux-mêmes, ont en effet opté pour une stratégie intéressante vis-à-vis des « dilalis », intermédiaires sensu lato, autrefois fortement organisés et maîtrisant les marchés concernés. Ceux-ci ont en effet été reconvertis en « témoins des transactions » dont la marge fixe perçue tient à une fonction de certification de la transaction. Ce recadrage de la fonction a permis d'en maîtriser les effets sur les prix perçus par les éleveurs, annihilant les dérives liées à une position de force de ces dilalis. Ce recadrage constitue dans ce modèle une inversion du rapport de force entre les éleveurs et ces intermédiaires, rendue possible par l'organisation des éleveurs et ensuite soutenue par les pouvoirs communaux grâce aux taxes alors perçues sur ces transactions nouvellement maîtrisées. Ce rapport de force n'est d'ailleurs pas systématiquement défavorable aux éleveurs, comme nous avons pu le voir au cours de nos enquêtes. Dans les réseaux de commerçants de bétail du Tchad et du Cameroun, Duteurtre *et al.* (2003) soulignent le rôle important des intermédiaires (*dilal, rakadja, ou sabbaba*) « qui sont appréciés par leur connaissance du marché, des acheteurs et des vendeurs, et peuvent jouer un rôle plus ou moins important dans les négociations sur les prix. Certains courtiers jouent même le rôle de logeurs pour les commerçants venus de l'extérieur ». Au final, l'important nous semble que les acteurs impliqués aux différents maillons de la filière se fassent mutuellement confiance, et que chacun d'eux puissent jouer un rôle précis afin de sécuriser les transactions tout au long de la filière (Duteurtre *et al.*, 2010) et de permettre une transmission rapide des informations des marchés terminaux vers l'amont et inversement. Cette confiance, couplée à une bonne circulation de l'information au sein des réseaux de commerçant, doit permettre de faciliter les interventions des différents acteurs privés et publics pour améliorer la production et la commercialisation ainsi que le financement de ces activités (Missohou *et al.*, 2016).

Chapitre V: Diversité des préférences des éleveurs périurbains pour des béliers reproducteurs autour de Ouagadougou, Burkina Faso

Ce chapitre vise à comprendre davantage les objectifs d'élevage des éleveurs périurbains. Cette étude recherche notamment le poids relatifs que les éleveurs accordent à différents caractères, identifiés comme objectifs de sélection dans la première étude. 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 la fonction d'épargne de l'élevage ovin dans la région ou la gestion du risque des élevages. Ce chapitre est présenté sous forme d'article et a été accepté pour publication par la revue *Tropical Animal Health and Production*, DOI:10.1007/s11250-017-1315-7.

Assessing the diversity of preferences of suburban smallholder sheep keepers for breeding rams in Ouagadougou, Burkina Faso

Authors

K. Tindano¹, A. Traoré², N. Moula^{1,3}, P. Leroy^{1,3}, and N. Antoine-Moussiaux^{1,3}

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

²INERA, 04 B.P. 8645, Ouagadougou, Burkina Faso

³Tropical Veterinary Institute, Faculty of Veterinary Medicine, University of Liege, 4000 Liege, Belgium

Préambule

Les caractéristiques citées par les éleveurs périurbains comme faisant partie de leurs objectifs d'amélioration prennent en compte celles pouvant être valorisées directement sur le marché, comme le gabarit, la couleur mais également celles que le marché ne valorise pas directement, comme c'est le cas de la rusticité. Le marché tel qu'il s'est exprimé dans l'étude précédente montre un certain attrait pour l'élevage des ovins de grand gabarit et peut expliquer que certains éleveurs optent pour la pratique des croisements. Si ces croisements permettent une amélioration rapide du gabarit, ils contribuent néanmoins à réduire l'adaptation aux stress environnementaux des animaux. Or, il est aussi montré dans la première étude que l'élevage comme mode d'épargne occupe une place importante dans les stratégies des éleveurs. Par conséquent, pour que l'élevage puisse jouer pleinement ce rôle, les caractéristiques liées à l'adaptation aux stress environnementaux apparaissent importantes. La pratique de croisement se présente alors comme la recherche d'un juste milieu. De manière générale, il apparaît que l'ensemble des éleveurs se trouve face à des situations dans lesquelles il faut faire des compromis. Ceux-ci sont fonction des caractéristiques apparaissant comme les plus importantes pour eux et qui leur permettent, suivant les objectifs visés, de tirer le meilleur parti de la pratique de l'élevage. L'objectif de cette étude est d'évaluer les préférences et les compromis que les éleveurs du milieu périurbain font dans leurs choix de reproducteurs. Ces informations permettront de comprendre le niveau de l'influence que le marché, tel qu'il s'exprime, exerce sur ces éleveurs et éclairer les actions nécessaires et possibles pour une meilleure gestion.

Abstract

Urbanization in developing countries entails deep changes in the livestock sector and the management of animal genetic resources (AnGR). Sheep breeding around Ouagadougou (Burkina Faso) illustrates these changes and the need to coordinate genetic improvement in general, and the use of crossbreeding in particular. For this, it is important to understand breeders' choices and improvement strategy, to accompany them within a national plan for AnGR management. In a context of missing market for breeding rams, a stated choice experiment was conducted with 137 farmers, together with a characterisation of herd management practices. This survey analyses farmers' preferences for breeding rams, estimating their willingness to pay (WTP) for different traits. Their practices were characterised by a high reliance on natural pastures (82% of farmers) and a minority of crossbreeding (23%). The highest WTP was observed for disease resistance. However, the subgroup of farmers practicing crossbreeding showed a tolerance to high susceptibility. A strong preference for the white colour was revealed. Although significant, the influence of sheep body size on decision-making showed a lesser importance, again with a distinct behaviour in the subgroup practicing crossbreeding. These results illustrate the need to take account of the diversity of goals and preferences among smallholder sheep keepers to gain their adhesion to a coordinated genetic improvement framework.

Introduction

During the last decades, the growing demand for animal products in developing countries has been calling for an increase of production (FAOSTAT, 2016). This dynamic is driving a rapid growth of the suburban livestock sector. To frame these trends, public strategies are needed to promote, among others, the sustainable improvement of animal genetic resources (AnGR) (FAO, 2010; Mueller *et al.*, 2015). AnGR indeed constitute the basis of production systems' performance, resilience and adaptability. Suburban systems are a place of genetic innovation, mainly through crossbreeding, either exotic or indigenous, either by external interventions or as spontaneous attempts of producers (Touré *et al.*, 2015). However, in these suburban areas, crossbreeding is often uncontrolled, causing sustainability concerns (FAO, 2015; Leroy *et al.*, 2015; Zonabend König *et al.*, 2016).

Ouagadougou, the capital of Burkina Faso, has a population nearing 2 millions (INSD, 2014) and harbours around 200,000 sheep. It constitutes a clear example of the changing livestock sector in West Africa, marked by urbanisation and farms development to respond to city-dwellers' demand. Sheep breeding, due to its cultural importance in the region, attracts new actors, e.g. merchants or civil servants, with greater investing capacities in infrastructure, feed and health, but also in genetics (Tindano *et al.*, 2015). This genetic improvement mainly consists in crossbreeding Fulani sheep (large body size, originating from drier climatic zone) with Mossi sheep that is traditionally reared in this zone (small-framed sheep, well-adapted to this environment), hence exploiting complementarity between these breeds. Unfortunately, the lack of coordination may lead gradually to an excessive use of Fulani to the expense of Mossi breed conservation (Tindano *et al.*, 2015). Also, breed-stock markets missing in the region, rams are primarily chosen in own herds. This entails an erosion of genetic diversity and a threat to sustainability in a constraining natural and socio-economic environment (Rege and Gibson, 2003).

Understanding breeders' practices and strategy is needed to a shared plan for small ruminants' improvement taking account of the particular challenges of low-input systems (Kosgey *et al.*, 2006; Kosgey and Okeyo, 2007). This includes an analysis of preferences for different traits, as proposed by the present study. Indeed, in their choice, farmers combine production traits, directly determining profit, and adaptation traits that are not priced on markets (Anderson, 2003; Roessler *et al.*, 2008). These traits often present negative genetic correlations and are found in distinct breeds, hence the trade-off that farmers are facing.

Material and method

Study area and study overall description

Ouagadougou (12°40 N 1°50 W) is the largest city of Burkina Faso. Its climate is semi-arid with an annual rainfall of 600-800 mm, spreading from June to October.

The study was conducted in Ouagadougou suburbs with 137 smallholder sheep keepers, from October to December 2015. It mobilised a stated choice experiment to assess the relative importance of defined traits (attributes) in farmers' choice of breeding males, and finally derive their willingness to pay (WTP) for improvements of these characteristics.

Choice experiment analysis is based on Thurstone's theory of random utility and Lancaster's consumer theory (Roessler *et al.*, 2008). These assume that individuals evaluate a choice based on the qualities (levels of attributes) defining the distinct objects/alternatives and choose the alternative maximizing their utility. This utility is modelled as a linear function of the attributes' levels of the object/alternative (see Aizaki, 2012 for more detail).

A stated choice experiment consists in submitting virtual choices to interviewees to evaluate the trade-off they operate between the different attributes and levels of attributes included in the protocol. Hence, 20 cards were presented successively to each farmer, proposing a ram purchase situation. Each card presented three possibilities: two ram profiles and prices for purchase and the possibility to refuse to choose one of the proposed rams (opt-out).

Identification of attributes, levels and construction of ram profiles

A preliminary study conducted in 2012 and 2013 had identified the overall genetic management and the relevant traits (Tindano *et al.*, 2015). On this basis, four traits were chosen as attributes: body size, susceptibility to diseases, and feeding requirement, with three levels each, and coat colour, with two levels. The sale price was added as a fifth attribute, with 3 levels, expressed in FCFA (Franc de la Communauté Financière Africaine). Table 1 details the five attributes and their levels.

Sheep breeds are not made explicit in the experimental design. However, the levels of attributes were chosen to describe the Fulani as follows: very susceptible to diseases, large body size, and high feeding requirement. The Mossi breed was considered as resistant to diseases, with a small body size and low feeding requirements. Crossbreds between these two breeds were considered as displaying intermediate characteristics. According to the five attributes and their levels, 162 different ram profiles were possible ($2 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3$). These were generated with the function *gen.factorial* (package *AlgDesign*; R version 3.0.1). As all the 162 profiles cannot be proposed in choices, an optimal fraction of 20 profiles was then selected using the function *optFederov* (same package) (Aizaki and Kazushi, 2008). This optimization uses the Federov algorithm to obtain the minimal dependence between the 20 profiles retained. These profiles were randomly associated two by two as alternatives, using the generic function *transform*. To each choice, an opt-out alternative was added to form choice cards (see Figure 1 for example).

Table 1: Attributes including in the study and their levels

Attributes	level 1	level 2	level 3
Coat colour	Bicoloured	White	-
Body size	Small	Medium	Large
Diseases susceptibility	Very susceptible (at least three medical treatments yearly)	Susceptible (two medical treatments yearly)	Resistant (at most one medical treatment a year)
Feeding requirement	High requirement	Medium requirement	Low requirement
Price (FCFA)	30000 (46.7 euro)	50000 (76.2 euro)	80000 (122 euro)

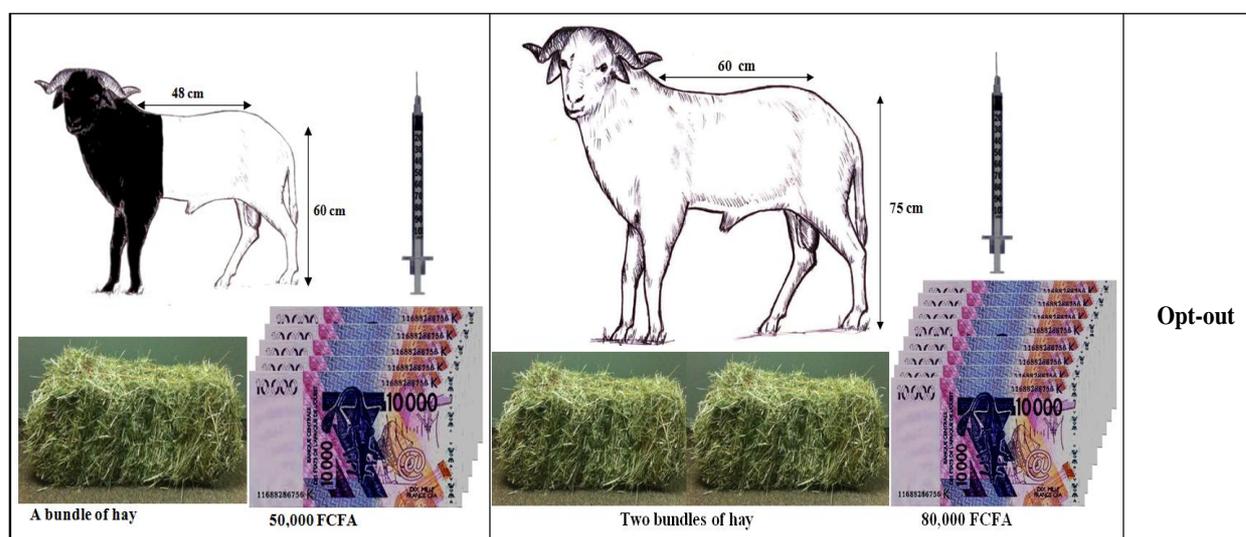


Figure 1: Example of pair-wise comparison choice card

In this figure one can see at left, a two-colour ram, with small size, resistant to diseases and a low feeding requirement, costing 50000FCFA. On the right, a white ram, medium body size, resistant to diseases and a medium feeding requirement and costing 80000FCFA.

Sampling and data collection

Five smallholder sheep keepers acknowledged in their communities as trustful have been mobilized in five locations around Ouagadougou to obtain a frank collaboration from a maximum number of smallholders. In each location, all sheep keepers agreeing to collaborate were included in the sample. The questionnaire was administered in face-to-face interviews to 137 farmers. All of them were the decision-makers regarding sheep breeding and among them, 11 were women.

For each interview, a set of general information on farmer's characteristics, sheep health management, breeding and feeding, was collected before choice experiment. The interviews lasted 30 to 45 minutes.

Statistical analysis

All data were analysed using the R software (version 3.0.1). Data on farms characteristics were subject to a descriptive analysis, while those relating to choice experiments were analysed through a conditional logit regression, using *survival* package (clogit function) (Aizaki and Kazushi, 2008; Aizaki, 2012). For each non-monetary attribute, level's utility coefficients are estimated in comparison to a reference level fixed at a zero utility. A level's utility coefficient thus corresponds to the utility gained or lost when changing the trait from the reference level to the concerned level. Willingness to pay for each level is calculated by dividing its utility coefficient by that of the monetary unit (*support.Ces* package).

Due to a significant presence in the sample of farmers practicing crossbreeding, additional models were run to test the interactional effect of the latter modality on the utility ascribed to disease resistance, body size, and feed requirement. Due to sample size limits, each of these interaction terms was introduced in a separate model.

Results

Farm characteristics

Table 2 presents sampled farmers' characteristics and husbandry management. The interviewees are 46 ± 15 years old on average and hold a mean flock of 29 ± 16 sheep. Self-medication is common despite the relative proximity to animal health services. This apparent paradox points to non-distance factors involved in this access, as the ability and the willingness to pay for this service (Adams and Oyene-Yankyera, 2015).

A majority (83%) of interviewees relies on natural pastures and almost all of these use complementary feeding. This wide use may result from an easy access to input markets, the scarcity of quality pastures, together with relatively high animal densities. These factors are well-known features of suburban livestock herding (Rischkowsky *et al.*, 2006; Tadesse *et al.*, 2015). This practice may also point to a profit-driven logic, which is increasingly present in Ouagadougou's sheep sector (Tindano *et al.*, 2015). About 23% of interviewees practice crossbreeding. This practice reflects farmers' desire to increase production and obtain better prices on markets, by increasing sheep size. A similar trend is observed e.g. in Kenya where pastoral livestock keepers cross the South-African Dorper breed with the red Maasai in order to improve growth (Zonabend König *et al.*, 2016).

Table 2: Sampled farmers characteristics and husbandry practices

Variables	Modality	Percentages
Sex	Female	8
	Male	92
Ethnic group	Other ethnic	13.9
	Fulani	19
	Mossi	67.2
Instruction level	No instruction	18.3
	Koranic school	30.7
	Primary school or local language literate	26.3
	Secondary school	12.4
	University	12.4
Crossbreeding practice	Yes	23.4
	No	76.6
Feeding system	Natural pastures with complementation	78.1
	Natural pastures without complementation	4.5
	Zero-grazing	17.5
Sources of complement	Purchase	94.4
	Own production (fodder crops or crop residues)	55.1
Health monitoring by public or private technician	Yes	43.1
	No	56.9
Self-medication	Yes	79.6
	No	20.4

Stated choices analysis and willingness to pay

The utility coefficients for all attributes' levels in the four models tested are shown in Table 3. As expected, the price appears as a highly significant parameter of decision-making with a disutility of expense. This allows for WTP calculation, the price appearing as the counterpart conceded to benefit from appreciated traits. The coefficients estimated by the basic model (without interaction) for the levels of disease susceptibility and coat colour prove highly significant ($p < 0.001$), with the levels "resistant" and "white" showing positive utilities. Table 4 presents the WTP derived from the basic and interactional models. Resistance to diseases is the first most valued trait with a WTP reaching around 261 euro. Such a high value, i.e. more than twice the maximal sheep price considered, indicates the absolute priority ascribed to this trait.

Regarding other attributes, the level "large body size" shows positive and significant coefficient while, "small body size" and both "low" and "high feed requirement" have negative but not significant coefficients.

The interaction effects of crossbreeding practice with levels' utilities for the attributes body size, feed requirement and susceptibility to disease are all significant (see Table 3). The level "resistant" shows a negative interaction, indicating that sheep keepers practicing crossbreeding ascribe a lesser importance to this feature. All other interaction effects are positive. In particular, the positive interaction with the level "very susceptible" with an absolute value higher than the reference coefficient indicates an apparent preference for high susceptibility. More generally, on the three attributes, the crossbreeding practice entails a preference of both extreme levels compared to the medium one. This may be understood assuming that these breeders associate the different traits to the three genetic types found in the area and mark their preferences for purebreds.

Table 3: Utility coefficients estimated with four models for breeding rams

Attributes	Levels	Model without interaction term (coefficient ±SE)	Interaction with susceptibility to diseases (coefficient ±SE)	Interaction with body size (coefficient ±SE)	Interaction with feed requirement (coefficient ±SE)
Body size	Large	0.23±0.10*	0.25±0.10*	-0.15±0.11	0.22±0.10*
	Large * Crossbreeding practice	-	-	1.56±0.17***	-
	Small	-0.10±0.11	-0.08±0.11	-0.41±0.12***	-0.12±0.11
	Small * Crossbreeding practice	-	-	1.26±0.16***	-
	Medium	0	0	0	0
	Medium * Crossbreeding practice	-	-	0	-
Feed requirement	High	-0.19±0.11	-0.23±0.11*	-0.19±0.11	-0.52±0.12***
	High * Crossbreeding practice	-	-	-	1.24±0.17***
	Low	-0.14±0.12	-0.16±0.12	-0.13±0.12	-0.30±0.13*
	Low * Crossbreeding practice	-	-	-	0.64±0.22**
	Medium	0	0	0	0
	Medium * Crossbreeding practice	-	-	-	0
Susceptibility to diseases	Resistant	3.51±0.11***	4.01±0.14***	3.63±0.12***	3.58±0.12***
	Resistant * Crossbreeding practice	-	-1.37±0.18***	-	-
	Very Susceptibility	-0.81±0.12***	-1.83±0.17***	-0.80±0.12***	-0.82±0.12***
	Very susceptible * Crossbreeding practice	-	2.46±0.20***	-	-
	Susceptible	0	0	0	0
	Susceptible * Crossbreeding practice	-	0	-	-
Coat colour	White colour	0.28±0.09**	0.32±0.09***	0.29±0.09***	0.27±0.09**
price	Price (10 ⁻⁴)	-0.2±0.02***	-0.2±0.02***	-0.2±0.02***	-0.2±0.02***
Adjusted rho-squared		0.43	0.46	0.45	0.44

Significance codes: *** = p≤0.001; * = p≤0.5

Table 4: Willingness to pay (positive) or willingness to accept compensation (negative), expressed in euro, for breeding rams trait in the total sample and according to the practice of crossbreeding (interactional models)

Attributes	Reference level (zero utility)	Levels	total sample	Non-crossbreeding farmers	Crossbreeding farmers
Body size	Medium	Large	+17	-11	+99
		Small	-7	-29	+39
Feed requirement	Medium	High	-14	-39	+54
		Low	-10	-22	+26
Susceptibility to diseases	Susceptible	Resistant	+261	+290	+190
		Very susceptible	-60	-133	+45
Coat colour	Bicolour	White colour	+21		

Discussion

The high preference for diseases resistance is a major output of this study, which is easily understood given the major role of sheep as a saving mode in the zone (Tindano *et al.*, 2015). Such a high preference is not uncommon in choice experiments, with similar results reported for sheep in Kenya (Omondi *et al.*, 2008), pigs in Vietnam (Roessler *et al.*, 2008) and cattle in Burkina Faso and Kenya (Tano *et al.*, 2003; Kassie *et al.*, 2011).

The lack of sustainability of widespread and uncontrolled crossbreeding is primarily feared based on the assumption that these are driven by a search of productivity to the expense of adaptation and resilience (FAO, 2015). This preference for resistance thus appears in first instance as a promising lever for the promotion of more sustainable schemes, since it was common to all tested models. However, heterogeneities in preferences are not to overlook. Indeed, the subgroup practicing crossbreeding, compared to the other, shows a lesser preference for resistance to diseases and a greater acceptance to susceptibility to diseases. As these extreme phenotypes show positive coefficients, this would rather mark a refusal of breeding ram with the intermediary susceptibility. As the high susceptibility to diseases of the Fulani sheep (which they used as breeding ram) with also a higher growth is well known to farmers, they might expect that these two traits be associated, thus explaining the good acceptance of high susceptibility. This sub-group's preferences then appear closer to those collected through structured surveys with urban farmers in Bobo Dioulasso (Burkina Faso), who rank the body size higher than disease resistance (Dossa *et al.*, 2015). Interestingly, the relative refusal of the intermediary phenotypes is a more general feature of decision-making in the subgroup practicing crossbreeding, also applying to body size and feed requirement. This may be considered as an overall preference for purebreds, which would suggest the awareness of breeders about the benefits of crossbreeding between purebreds (known as hybrid vigour) compared to the use of already mixed and uncertain genotypes.

These heterogeneous preferences raise the question of the overall trend in the sector towards a shared development path. The basic model of this study represents this overall preference, while interactional models shed a more nuanced light on the dynamic at play among the suburban sheep keepers. The persistence of a preference for resistance inside the crossbreeding strategy points to a possible promotion of a sustainable AnGR management, as advocated by FAO (2010), although the acceptance of high susceptibility remains a questioning fact. Also, while reaching different compromises, all these actors address a same trade-off between productivity and resistance. Indeed, as a matter of fact, crossbreeding farmers actually avoid raising purebred Fulani, which would be the best choice regarding growth goals but obviously represents an unacceptable risk (Tindano *et al.*, 2015). Such conflicting preferences have also been recently highlighted, through social science methods, among the various stakeholders of AnGR management in Niger about the case of indigenous breed conservation (Hamadou *et al.*, 2016).

Coat colour is the second most influential trait, with white colour being preferred. This influence may result, indirectly, from the preference of white animals for sacrifices, therefore reaching higher prices on markets, but also from the direct aesthetic motives of breeders. In Africa, such beliefs associating animal colours to consumption or sacrifice benefits are common (Dossa *et al.*, 2015). Also, the relative importance of coat colour is a widespread feature of purchase behaviour in diverse livestock species, as reported for cattle in Niger (Sidido *et al.*, 2015) or sheep in Ethiopia (Tadesse *et al.*, 2015).

Body size in the basic model reaches a low coefficient estimate, hence a low relative importance in the overall decision. If utility increases with the body frame as expected, the non-significant coefficient of disutility tied to small-framed animal shows the relative indifference of farmers for all sheep other than large-framed. The interactional model shows that a great part of the overall preference for weight is in fact to ascribe to the behaviour of the crossbreeding subgroup. From this model, other breeders rather exhibit a preference for intermediate body size.

Feed quality and quantity are often cited, together with health problems, as farmers' main constraints (Thys *et al.*, 2005; Tindano *et al.*, 2015). One might therefore expect farmers to show interest in feeding-related attributes. However, this trait ranks here lowest in importance, with non-significant utility coefficients. This differs from the clear preference of herders for low-consuming cattle as reported in Niger (Sidido *et al.*, 2015). In the present case, some farmers expressed the link they consider between good health status, growth performances and high feed intake, then interpreting low intake as a "poor appetite" leading to poor animal quality.

Conclusion

Using an econometric method, this study estimates the value that smallholders ascribe to traits of breeding rams. It illustrates the need for a concerted public management of AnGR to ensure sustainability. Indeed, while maintaining disease resistance is a shared goal in the sample, a sub-group is identified as willing to take risks at this level in order to improve weight. A participatory debate involving the various groups of herders could help to seek a common framework allowing for both profitable crossbreeding and the safety of sheep keeping as means of saving.

Discussion additionnelle

Collecte de données

Les données ont été collectées auprès de 137 élèves en mobilisant les expériences de choix déclarés. Ici les données ont été entièrement collectées par l'auteur de la présente thèse, en langue locale mooré et quelques fois en français suivant les langues parlées par les personnes interrogées. La stratégie de se faire introduire par une personne ressource a encore été utilisée pour créer une confiance avec ces personnes. L'entretien a consisté à présenter à chaque élève une série de 20 cartes montrant trois choix possibles : deux profils de béliers et la possibilité de ne pas choisir. Les profils de bélier se distinguent par les niveaux de 5 attributs : le gabarit, la couleur, l'exigence en aliment, la susceptibilité aux maladies et le prix. Les 20 cartes ont été extraites de 162 cartes possibles grâce à l'algorithme de Federov. Cet algorithme permet, à partir d'une matrice X de taille N x k (ici 162 x 5), d'extraire une matrice Z de taille n x k (ici 20 x 5) de manière à ce que les vecteurs de cette matrice soit le plus indépendants possible vis-à-vis des modalités que prennent les k variables de cette matrice. Pour ce faire l'algorithme part d'une matrice Z (définie aléatoirement) et à chaque itération compare et échange les n points de la matrice Z par les points de X-Z de sorte à optimiser le plan. L'itération s'arrête lorsque le processus n'apporte plus une amélioration à la matrice Z. Pour chaque carte, chaque élève devrait décider en fonction de ses préférences et de ses moyens financiers l'option qui lui convient. Cette méthode est basée sur la théorie de l'utilité aléatoire de Thurstone et celle du consommateur de Lancaster. Celles-ci considèrent que face à une situation de choix entre plusieurs biens, le consommateur évalue les différents biens suivant leur qualité (les niveaux de leurs attributs) et choisit le bien qui présente la plus grande utilité à ses yeux. Le prix payé, qui est également un attribut des biens considérés, apparaît comme la désutilité concédée pour bénéficier de l'utilité des autres attributs de l'objet. L'utilité globale d'un bien (g) peut être modélisée sous forme linéaire et correspond à la somme des utilités associées à chaque niveau d'attribut. Pour un individu n, l'utilité (v) associée à un bien avec M attributs (X) s'écrit :

$$v_g = \sum_{m=1}^M \beta_{mg} X_{mg}$$

Dans notre cas, cette utilité s'écrit alors :

$$v_g = \mu + s_p + f_j + d_k + c_l + b.p_g$$

Avec μ = l'intercept ; s_p = l'utilité associée au gabarit ($p=1, 2, 3$) ; f_j = l'utilité associée à l'exigence en alimentation ($j= 1, 2, 3$) ; d_k = l'utilité associée à la susceptibilité aux maladies ($k= 1, 2, 3$) ; c_l = l'utilité associée à la couleur du pelage ($l= 1, 2$) et b = le coefficient d'utilité associé au prix (p) du bien g.

Analyses statistiques

Les données ont été analysées à l'aide d'une régression logistique connue sous le nom de conditional logit. Dans cette régression, la variable expliquée est le « choix des élèves » (oui/non) et les

variables explicatives sont les niveaux des 5 attributs. Le modèle de régression est basé sur la probabilité qu'un individu n choisisse un bien (g) parmi un ensemble C. Cette probabilité s'écrit :

$$P(g) = \exp(v_g) / \sum_{j \in C} \exp(v_j)$$

Où v_g est l'utilité attaché au bien g par l'individu n et v_j les utilités attachées par l'individu n aux biens de l'ensemble C.

Chapitre VI: Discussion générale, conclusion et perspectives

Discussion générale

Méthodologie

Itinéraire du questionnement

La présente thèse visait à caractériser la gestion des ressources génétiques ovines dans la zone périurbaine en prenant en compte l'influence que le marché peut avoir sur celle-ci ; cela dans le but d'interroger la durabilité de cette gestion. La première étude a montré des signes de gestion à risque par la pratique de croisement qui ne suivait pas un schéma précis avec notamment une certaine tendance à accroître de manière non-maîtrisée le niveau de sang Peul. A la suite de cette étude, notre regard s'est tout d'abord orienté vers le milieu rural, qui pouvait constituer une base de stabilisation de cette gestion, plus précisément par le ravitaillement en femelles de remplacement dans un éventuel schéma de croisement terminal qui pourrait naître de ces pratiques périurbaines. Cette étude a cependant soulevé d'autres difficultés, notamment une disponibilité restreinte des femelles à vendre du fait du rôle d'épargne et de la taille des troupeaux, mais aussi la pratique de croisement dans cette zone, qui questionnait donc le possible rôle de pourvoyeur d'individus de « race pure ». Il s'est alors avéré nécessaire d'approfondir la compréhension de la gestion à travers notamment les déterminants de celle-ci et la compréhension d'une gestion qui ne se borne pas au concept de « race pure » tel qu'on le mobilise en zootechnie. Ceci revenait notamment à regarder du côté du marché, mais aussi à approfondir la compréhension des préférences des éleveurs du périurbain sous l'influence de ce marché. Au final, une vision différenciée des préférences des marchés et des éleveurs a pu être mise en évidence, qui amène à différentes perspectives pratiques quant au développement du secteur, mais aussi des questionnements scientifiques, tel que décrit plus bas.

Intérêt et limites de l'approche

La socio-économie place les acteurs de l'élevage, leurs préférences et leur organisation au cœur de sa démarche scientifique. Elle apporte donc un déplacement du point de vue de la zootechnie, davantage centrée sur l'animal, le fait technique ou la performance financière. Aborder la gestion des ressources génétiques sous l'angle de la socio-économie nous a permis de mieux comprendre les pratiques des éleveurs indépendamment des performances zootechniques de celle-ci et a mis en évidence le fait que tous les choix ne sont pas motivés par ces performances zootechniques ou financières.

La multiplicité des approches utilisées a permis d'observer la même réalité sous des angles différents et à travers différents acteurs. Au final, les résultats auxquels nous sommes parvenus se trouvent être une synthèse des avis de différents acteurs que sont les éleveurs détenteurs des gènes, les consommateurs et les acteurs intermédiaires (commerçants de bétail et les bouchers). Ces résultats permettent de se rendre compte du fait que la gestion des ressources génétiques est une résultante de plusieurs réalités qui prennent en compte les caractéristiques des éleveurs (notamment leur assurance face à de possibles risques), leurs objectifs, leurs zones de résidence, le marché et les pouvoirs d'achat des consommateurs.

Les différentes logiques d'élevage et de marché se sont montrées pertinentes dans la compréhension de ce qu'il était ou non possible d'envisager comme développement de la filière. Cette approche apporte donc un éclairage sur les différentes interventions d'amélioration des performances de l'élevage périurbain et sur la structuration des acteurs. Elle génère des questions pour la socio-économie elle-même, mais également à l'endroit de la zootechnie et de la génétique.

Une des limites des méthodes utilisées ici a été qu'elles n'incluaient pas des débats interactifs entre éleveurs qui auraient pu apporter davantage d'éclairage, notamment sur les choix faits par ceux-ci.

De tels débats auraient ainsi permis par exemple de déjà explorer et tester certaines pistes de réflexions ou des hypothèses avancées ici, mais aussi d'avoir une meilleure compréhension des motivations et de la rationalité des choix que font les éleveurs. Enfin, ces débats auraient pu être aussi des occasions de générer d'autres hypothèses à vérifier dans une approche de théorisation ancrée. Cette absence de débats ouverts est due en partie au fait qu'en dehors des études initiales, les protocoles des études économétriques (préférences déclarées, préférences révélées) ne permettaient la flexibilité nécessaire aux débats interactifs et sont fortement chronophages. A cela s'ajoute la dispersion et la disponibilité des éleveurs de la zone périurbaine qui, contrairement aux éleveurs du milieu rural, sont souvent impliqués dans plusieurs activités, rendant difficile les regroupements. Il serait néanmoins important pour de prochaines études de s'orienter vers ces approches et de réfléchir aux possibilités de leur réalisation afin d'apporter plus d'éclairage aux résultats trouvés dans le cadre de ces études. L'autre difficulté a concerné l'échantillonnage des deux premières études. L'absence de registres et de contacts des éleveurs nous, a privé de la possibilité d'obtenir un échantillonnage aléatoire. La stratégie adoptée, qui est celle de l'introduction par un premier ensemble d'éleveurs reconnus dans la communauté et ensuite une progression selon les noms recommandés par les éleveurs eux-mêmes, entraîne différentes possibilités de biais. Il n'est donc pas possible, au sens strict, de considérer l'échantillon comme représentatif statistiquement. Il est néanmoins raisonnable de considérer que les tendances et types de pratiques décrits traduisent bien les dynamiques actuelles de l'élevage. Cette difficulté appelle à l'élaboration d'un relevé des éleveurs de la zone périurbaine et à l'identification des animaux, qui sera un pré requis à toute politique de développement durable de l'élevage dans la zone et à un suivi plus fin des évolutions des ressources génétiques animales.

Marché et races locales

Comme souligné en introduction, la race telle que mobilisée dans cette thèse prend en compte des caractéristiques morphologiques et d'adaptation à un environnement donné. Cependant, il n'existe pas de standard clair permettant de catégoriser de manière irréfutable l'ensemble de la population. En outre, dans les zones géographiques de transition entre deux populations, différents croisements créent une sous-population intermédiaire. Pour des besoins d'amélioration génétique et de conservation, des développements ultérieurs peuvent s'orienter dans le sens d'une définition de standard par les éleveurs. Une telle définition peut répondre aux besoins de certains éleveurs en mobilisant par

exemple autour de ces races une identité culturelle. Si la création de tels standards peut permettre une gestion efficace des ressources génétiques en identifiant clairement des caractéristiques relevant de races pures, il est cependant important de prendre en compte la possibilité que l'ensemble de la population ne puisse être rangé dans ces standards. En effet, à l'image de ce qui s'observe actuellement dans le périurbain de Ouagadougou, il pourrait toujours apparaître important pour certains éleveurs dans certains contextes de maintenir la possibilité de disposer de combinaison de gènes, qui ne répondent pas aux standards de races, mais pouvant leur permettre de répondre à leurs besoins du moment. Ces éleveurs pourront néanmoins profiter de la catégorisation et gestion en races pures, grâce à la possibilité pour eux d'être précis dans le mélange de gène qu'ils souhaitent.

Au final, les résultats de cette investigation peuvent se résumer comme suit. Les catégories d'éleveurs, que ce soit dans le milieu périurbain ou dans le milieu rural, peuvent être vues comme le reflet de la demande du marché. En effet, les éleveurs se partagent entre la production d'animaux de petits format (mouton Mossi) et celle d'animaux de grand format (mouton Peul et métis). Les premiers satisfont aux besoins d'un marché ordinaire interne tandis que les seconds satisfont à des marchés ponctuels de fêtes et à un marché d'exportation. Ainsi la production périurbaine contribue à la satisfaction de la demande des différents marchés et à l'économie nationale avec la particularité de fournir les meilleurs gabarits.

Les différents marchés, en n'exprimant pas une demande de produits uniformes, semblent plaider pour la diversité génétique. Cela est favorisé par la possibilité de vente des animaux sur pieds directement au consommateur final. En effet, la diversité dans les pouvoirs d'achat ainsi que dans les préférences des consommateurs finaux conduisent généralement à une demande diversifiée, contrairement aux transformateurs (les bouchers par exemple) qui, pour des raisons économiques s'orientent généralement vers le même type de produit. De telles demandes diversifiées ont aussi été observées dans d'autres pays où les animaux sont vendus sur pieds aux consommateurs. C'est le cas notamment de l'Éthiopie et de la Somalie (Ayele *et al.*, 2006; Marshall *et al.*, 2016). Il est dès lors erroné de considérer que le marché pousse de fait vers la production de moutons d'un seul type et nuit par là-même à la diversité génétique. Le marché actuel du mouton sur Ouagadougou pourrait servir de support à un maintien de la diversité génétique.

Cette demande de diversité cache cependant une tendance qui peut avoir une grande influence sur les choix ultérieurs des éleveurs, surtout ceux du milieu périurbain qui sont appelés à s'intégrer au marché pour rester viables. En effet, le marché rémunère davantage les animaux de grand gabarit, donc les moutons Peul et les croisés, accroissant l'attrait du positionnement des éleveurs sur ce créneau. Or ces prix élevés sont liés à des phénomènes socio-culturels et reflètent surtout la demande des consommateurs ayant le pouvoir d'achat le plus élevé. Une question qui se pose est donc celle de la rentabilité d'un élevage visant le marché pour des moutons de plus petits gabarits, dominant numériquement. Cette question dirigerait alors la recherche zootechnique vers une amélioration de la production non pas par un accroissement de la valeur individuelle des animaux mais par une réduction

des coûts sur base d'un mouton Mossi faiblement demandeur en intrants. Une amélioration génétique en soutien aux petits producteurs irait donc dans ce même sens, au moins pour partie d'entre eux.

Cette piste d'une production de mouton à bas coûts serait au fil du temps compromise par un accroissement continu du niveau de sang Peul. La disponibilité d'une diversité de moutons de race Mossi (non pas de race pure mais répondant aux caractéristiques de résistance attendues de la race) deviendra problématique pour les acteurs désirant poursuivre cette production en accord avec leurs capacités d'investissement. Il serait même envisageable que la plus grande disponibilité des moutons de race Peul annule le surcroît de valeur qui leur est attribuée actuellement, annulant la rentabilité pour nombre des éleveurs impliqués, par le principe du tapis roulant technologique (Cochrane, 1958). Au-delà de la diversité comme élément de durabilité par la flexibilité et la résilience des systèmes de production, la diversité génétique apparaît comme importante pour une durabilité sociale et économique de la production en permettant un positionnement différencié des producteurs sur le marché, maintenant une capacité de réponse différenciée aux demandes du marché.

Objectif et voies de l'amélioration

Le poids et la résistance

Les préférences des éleveurs, observées de manière plus approfondie à travers l'importance accordée aux différentes caractéristiques des reproducteurs, montrent qu'ils se partagent entre résistance aux maladies (rusticité) et besoins d'amélioration du poids des animaux. Une catégorie d'éleveurs opte de manière plus prononcée pour ce dernier objectif et sont prêts pour ce faire à prendre le risque lié à la baisse de la résistance aux maladies de leurs troupeaux. La forte préférence globale pour la résistance aux maladies montre que la majorité des éleveurs ne semble pas céder pour le moment aux avantages que fait miroiter le marché pour les ovins de grands formats. Cela représente un avantage pour la préservation de la diversité et est en droite ligne avec ce qui est observé dans la caractérisation des élevages de cette zone, qui indique un élevage essentiellement tourné vers l'épargne et l'assurance. On commettrait cependant une erreur en ne prenant pas en compte le désir pour l'amélioration du gabarit, exprimé même par les éleveurs ayant manifesté la plus grande préférence pour la résistance aux maladies (ceux ne pratiquant pas les croisements), considérant notamment les impacts sur les autres éleveurs des choix génétiques des uns par la modification du pool génétique commun. Le message global à comprendre dans ce que ces éleveurs ont exprimé serait une préférence pour l'amélioration concomitante du poids et de la résistance aux maladies ou tout du moins la préservation de cette dernière caractéristique. C'est à défaut de cela que les éleveurs les plus pressés, présentant une moindre aversion au risque ou les plus assurés de répondre aux besoins d'animaux plus fragiles, acceptent la baisse de la résistance aux maladies de leurs troupeaux pour aller vers une amélioration du poids. Une sélection coordonnée sur la zone pour améliorer le poids du mouton Mossi tout en conservant son caractère de résistance se présenterait dès lors comme une solution de long terme, qui permettrait de freiner les tentatives, sous la tentation du marché, de conversion des élevages de

mouton Mossi en race pure, en élevages pratiquant les croisements. Cela rejoint l'idée défendue par certains auteurs quant à la conservation des races par leurs utilisations par les éleveurs, à travers des motivations économiques (Wollney, 2003; Lauvie *et al.*, 2014). Néanmoins dans le cas présent, la motivation des éleveurs à s'inscrire dans les activités collectives de sélection reste à vérifier. Dans tous les cas, la lenteur des progrès dans la sélection commande qu'une telle démarche soit couplée à d'autres activités produisant plus rapidement du bénéfice pour les éleveurs. Ces actions peuvent tenir de la formation et de l'amélioration des pratiques zootechniques, de l'accroissement de l'offre de services en lien avec l'association des éleveurs, tout comme plus généralement des avantages à obtenir par les éleveurs d'un accroissement de leur pouvoir au sein de la filière par leur organisation et d'une meilleure défense de leurs intérêts.

La couleur de la robe

La préférence de la couleur blanche semble obéir à la demande du marché de consommation plutôt qu'au renvoi de la couleur à une race ou un écotype donné, ou encore des raisons liées à l'adaptation à un certain environnement comme c'est souvent le cas (Marshall *et al.*, 2016). En effet, la couleur blanche correspond à celle bénéficiant de meilleurs prix sur le marché et la couleur de la robe n'est véritablement pas une caractéristique de différenciation pour les races en présence.

Logique de croisement

Les préférences des éleveurs périurbains pratiquant les croisements pour les différentes caractéristiques dans les expériences de choix apportent un meilleur éclairage quant à la première perception que la première étude donne de cette pratique (caractérisation des élevages du périurbain). En effet, si ces éleveurs utilisent les femelles issues du croisement dans les reproductions ultérieures, ils ne semblent pas par contre disposés à utiliser au même titre les mâles issus du croisement. En effet, leur choix montre un refus des caractéristiques intermédiaires au profit des caractéristiques extrêmes se rapportant tous aux races pures Peul ou Mossi. Cela signifie qu'à défaut du bélier Peul pour continuer les croisements, les éleveurs préfèrent retourner au bélier Mossi plutôt que d'utiliser un bélier métis. Nous avons ici probablement le signe d'une bonne perception par ces éleveurs de la valeur des races pures et des avantages qu'elles peuvent procurer en croisement. Par conséquent, il est espéré qu'ils soient favorables à une organisation joignant sélection et croisement, veillant à la préservation des races pures tout en leur permettant de poursuivre leur objectif de profit accru par le croisement, voire en leur garantissant le résultat. En effet, dans l'état actuel des marchés, l'utilisation de ce qui sera acheté comme race pure n'apportera pas forcément 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 désirs des éleveurs soient toujours traduits en 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 agneaux produits.

Durabilité du système

La faible rentabilité économique constatée pose la question de la durabilité du système dans son état actuel. Les raisons qui peuvent expliquer que ce problème n'empêche pas jusque là le fonctionnement du système, sont à chercher dans les objectifs d'assurance et d'épargne de ces éleveurs. En effet, malgré le fait qu'une certaine catégorie d'éleveurs déclare rechercher un revenu supplémentaire, on n'observe pas une production suivie d'une vente systématique à une tranche d'âge standard. Ceci se traduit par la présence d'animaux improductifs (mâles adultes, vieilles femelles) dans les troupeaux. Ce que ces éleveurs appellent revenu supplémentaire pourrait donc dans la réalité n'être qu'une épargne et une assurance pour certaines fins de mois difficiles pour les salariés et retraités, ou les périodes de faibles bénéfices pour les commerçants. En effet parmi les raisons qui poussent les habitants des villes à se lancer dans l'Agriculture en Afrique notamment, Tambwe (2006) cite les bas salaires et les crises économiques. Or, le contexte de la production périurbaine implique de plus en plus une réduction des espaces conduisant à un transfert de l'utilisation des ressources naturelles et communautaires au profit de grands investissements. Il n'est par conséquent pas à espérer que les éleveurs de cette zone se contentent pendant encore longtemps de l'épargne et de l'assurance. Le chemin le plus probable que ses éleveurs puissent emprunter s'ils s'intégraient davantage au marché, est celui de l'intensification, sur lequel se trouvent déjà certains éleveurs et qui est celui prévu pour les périurbains par Johann Heinrich Von Thunen et repris par Théodore Schultz dans son livre « The Economic Organization of Agriculture » : la recherche de génotypes appropriés à ce nouveau contexte de production intensif. Ce chemin s'il n'est pas encadré peut mener, comme déjà signalé, à l'érosion des ressources génétiques. L'autre chemin possible reste néanmoins celui envisagé par Peacock et Sherman (2010) à propos de l'élevage de la chèvre dans les pays en développement, à savoir que la faible rentabilité financière poussera les générations futures, aspirants de plus en plus aux standards de vie des pays développés, vers d'autres activités ce qui n'est pas non plus une assurance pour la conservation des ressources génétiques.

Conclusion générale et perspectives

Conclusion générale

Notre objectif a été de comprendre la gestion faite des ressources génétiques ovines dans le milieu périurbain de Ouagadougou à travers la caractérisation des systèmes de production et du marché de ses ressources génétiques. Cela afin de vérifier la durabilité du système périurbain. La première étude a révélé une faible rentabilité financière qui, analysée dans le contexte de la production périurbaine constitue en elle-même une menace pour la durabilité de la production. Ajouté à cela, elle suscite des pratiques chez les éleveurs telles que les croisements qui, non cadrés, peuvent se révéler une menace pour les ressources génétiques. Cela est d'autant plus probable que le milieu rural, en raison d'un certain nombre de contraintes, ne peut véritablement constituer une source de génétique de remplacement. Le marché a montré à la fois des signes plaidant pour la diversité, mais aussi d'autres qui peuvent jouer à contre-courant. La diversité de la demande, par exemple, joue en faveur de la diversité génétique tandis que les meilleurs prix accordés aux ovins à grand gabarit peuvent conduire à plus de croisements. Soulignons néanmoins dans cette conclusion la grande préférence pour la résistance aux maladies manifestée par les éleveurs, qui montre que ces derniers ne semblent pas encore être entièrement gagnés à cette influence.

Globalement, l'importance du marché dans la gestion des ressources génétiques ovines s'est révélée à travers ces études. Le marché se présente à la fois comme celui qui en valorisant une caractéristique, une race, un génotype permet sa conservation voire son développement, mais aussi comme celui qui en dépréciant ou tout simplement en ne valorisant pas certaines autres caractéristiques ou races conduit à leur érosion. De là vient l'idée de Tisdell (2003) que le marché est au centre de l'érosion des ressources génétiques. Par conséquent, l'impact de tout signal venant du marché sur les ressources génétiques doit être surveillé avec attention afin de prévenir ses conséquences sur la diversité.

Perspectives

Les résultats des études qui composent cette thèse soulèvent certaines questions à la fois zootechniques et économiques. Ces questions tournent essentiellement autour de la rentabilité financière qui se trouve être un des éléments clef dans l'avenir de la gestion des ressources génétiques ovines. L'objectif est donc d'approfondir cette question par la recherche de points sur lesquels il est possible d'agir pour de meilleures performances. De manière spécifique, les points à aborder peuvent se formuler à travers les questions suivantes :

a. Quel est l'impact du gabarit sur les marges bénéficiaires de l'éleveur ?

Pour répondre à cette question les coûts de production dans les mêmes conditions de 3 lots d'ovins de différents gabarits doivent être maîtrisés et leur vente réalisée à la même période afin de permettre la comparaison des marges. La réponse à cette question permettra de comprendre si les meilleurs prix accordés aux grands gabarits sont véritablement synonymes de meilleures marges pour les éleveurs.

b. Les performances (croissance, survie) des agneaux issus des croisements présentent-elles des différences significatives comparées à celles des agneaux de races « pures » ?

L'objectif ici est de comprendre si globalement les croisements constituent une voie d'amélioration pondérale à âge-type par brebis. Cette étude permettra en fonction des résultats de la première question de comprendre si le croisement peut être considéré comme améliorateur de la rentabilité financière. Cela nécessite que le système de production des lots d'agneaux se fasse dans des conditions similaires à celles des éleveurs pratiquant les croisements.

Par la même occasion, les paramètres génétiques et environnementaux du croisement, notamment les effets maternels et d'hétérosis peuvent être recherchés.

c. Quelles sont les perceptions des éleveurs par rapport aux caractéristiques de reproduction ?

Dans l'étude de la caractérisation de l'élevage périurbain, il a été observé que les caractéristiques liées à la reproduction ne faisaient pas partie des objectifs d'amélioration cités par les éleveurs, ce qui a justifié que celles-ci ne soient pas prises en compte dans les études ultérieures dans la présente thèse. Or, dans la perspective de production de mouton à bas prix et de petits gabarits pour la consommation interne et ordinaire, de telles caractéristiques occupent une place capitale. Les prochaines études impliquant les éleveurs devraient donc intégrer cette question afin de mieux comprendre comment les éleveurs perçoivent ces caractéristiques et pourquoi la sélection n'est pas orientée vers celles-ci (ou du moins pourquoi elles ne sont pas apparues comme cruciales dans ce travail).

d. Quelle est la disposition des éleveurs à participer à une action collective d'amélioration ou de gestion génétique ?

Les producteurs sont les premières parties prenantes de la gestion des ressources génétiques et leur organisation est un facteur important à la fois pour l'amélioration et la gestion durable de celles-ci (Leroy *et al.*, 2017). En effet, cette organisation permet une harmonisation des actions, qu'elles viennent des producteurs eux-mêmes ou d'autres intervenants. Cependant, cette construction d'une gestion commune demande un investissement de la part des acteurs et leur disposition à consentir cet investissement dépendra de différents facteurs, tels que leur conscience des avantages à obtenir de l'organisation, la proximité sociale déjà entretenue, la taille du groupe,... Dans les pays en développement, on observe très souvent un faible niveau d'organisation des éleveurs et une faible implication de ces organisations dans la gestion des ressources génétiques (Leroy *et al.*, 2017). Il est donc important dans le cas du périurbain de Ouagadougou, de vérifier si les éleveurs sont conscients de l'importance pour eux de s'organiser pour mieux gérer, mais également leur disposition à s'engager dans ce sens.

Bibliographie

- Adams F. and Oyene-Yankyera K., 2015. Determinant of small ruminant farmers decision to participate in veterinary services in Northern Ghana, *Journal of Veterinary Medicine and Animal Health*, 7, 193--204
- Aizaki H. and Kazushi N., 2008. Design and Analysis of Choice Experiments Using R: A Brief Introduction, *Agricultural Information Research*, 17, 86--94
- Aizaki H., 2012. Basic Functions for Supporting an Implementation of Choice Experiments in R, *Journal of Statistical Software*, 50, 1--24
- Ajala M.K., Lamidi O.S. and Otaru S.M., 2008. Peri-urban small ruminant production in northern guinea savanna, Nigeria, *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 3, 138—146
- Almeida A.M. and Cardoso L.A., 2008. Animal production and genetic resources in Guinea Bissau: I-Northern Cacheu Province, *Tropical Animal Health and production*, 40, 529--536
- Alvarez I., Traore A., Tamboura H.H., Kabore A., Royo L.J., Fernandez I., Ouedraogo-Sanou G., Sawadogo L. and Goyache F., 2009. Microsatellite analysis characterizes Burkina Faso as a genetic contact zone between sahelian and djallonké sheep, *Animal Biotechnology*, 20, 47--57
- Amadou H., Dossa L.H., Lompo D.J.P., Abdulkadir A. and Schlecht E., 2012. A comparison between urban livestock production strategies in Burkina Faso, Mali and Nigeria in West Africa, *Tropical Animal Health and Production* 44, 631–1642
- Anderson S., 2003. Animal genetic resources and sustainable livelihoods, *Ecological Economics*, 45, 331--339
- Anderson S. and Centonze R., 2007. Property Rights and the Management of Animal Genetic Resources, *World Development*, 35, 1529-1541
- Anyanwu N.J., Ohaeri P.C., Iheshiulor O.O.M. and Etela I., 2010. Preliminary investigations into the socio-economic and production characteristics of sheep and goat farming in the Owerri zone of Imo State, Nigeria. *Global Research Journals*, 1, 006-009
- Ayalew W., Rischkowsky B., Kinga J.M. and Bruns E, 2003. Crossbreds did not generate more net benefits than indigenous goats in Ethiopian smallholdings, *Agricultural Systems*, 76, 1137–1156
- Ayalew W., King J.M., Bruns E. and Rischkowsky B., 2003. Economic evaluation of smallholder subsistence livestock production: lessons from an Ethiopian goat development program, *Ecological Economics*, 45, 473-485
- Ayantunde A.A., Kango M., Hiernaux P., Udo H.M.J. and Tabo R., 2007. Herders' Perceptions on Ruminant Livestock Breeds and Breeding Management in Southwestern Niger, *Human Ecology*, 35,139--149
- Ayele G, Jabbar MA, Teklewold H, Mulugeta E and Kebede G 2006. Seasonal and Inter-Market Differences in Prices of Small Ruminants in Ethiopia, *Journal of Food Products Marketing*, 12, 59-77
- Ba Diao M., 2004. Situation et contraintes des systèmes urbains et périurbains de production horticole et animale dans la région de Dakar, *Cahiers Agricultures*, 13, 39-49

- Bagre A.S., Kientga M., Cisse G. and Tanner M., 2002. Processus de reconnaissance et de légalisation de l'agriculture urbaine a Ouagadougou : de la légitimation a la légalisation, *Bioterre : revue internationale des sciences de la vie et de la terre*, N° spécial, 2002 Actes du colloque international, Centre Suisse du 27-29 Août 2001
- Banerjee A.V. and Duflo E., 2007, The economic lives of the poor, *Journal of Economic Perspectives*, 21, 141-167
- Barrett C.B., 2008. Smallholder market participation: Concepts and evidence from eastern and southern Africa, *Food Policy* 33, 299–317
- Bengaly Z., Clausen P.H., Boly H., Kanwe A. and Duvallet G., 1993. Comparaison de la trypanosomose expérimentale chez certaines races de petits ruminants au Burkina Faso, *Revue d'Élevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux*, 46, 563-570
- Boly H., Ilboudo J.B., Ouedraogo M., Berti F., Lebailly P., Leroy P. 2001. L'élevage du « mouton de case » : aspects techniques, socio-économiques et perspectives d'amélioration au Yatenga (Burkina Faso). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 5, 201–208
- Boussini H., Traoré A., Tamboura H.H., Bessin R., Boly H. and Ouédraogo A., 2012. Prévalence de la tuberculose et de la brucellose dans les élevages bovins laitiers intra-urbains et périurbains de la ville d'Ouagadougou au Burkina Faso, *Scientific and Technical Review of the Office International des Epizooties*, 31, 943-951
- Bourzat D., Bonkougou E., Richard D. and Sanfo R., 1987. Essais d'intensification de la production animale en zone sahélo-soudanienne : alimentation intensive de jeunes ovins dans le Nord du Burkina, *Revue d'Élevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux*, 40, 151-156
- Boyazoglu J., Hatziminaoglou I. and Morand-Fehr P., 2005. The role of the goat in society: Past, present and perspectives for the future, *Small Ruminant Research*, 60, 13-23
- Brisebarre A.M., Fall P.D. and Kane N., 2009. Au centre de la fête: Les moutons. In *La Tabaski au Sénégal. Une fête musulmane en milieu urbain* (ed. AM Brisebarre and L Kuczynski), pp. 61–88. Karthala, Paris, France
- Casey N.H. and Van Niekerk W.A., 1988. The Boer Goat. I. Origin, Adaptability, Performance Testing, Reproduction and Milk Production, *Small Ruminant Research*, 8, 291-302
- Chagunda M.G.G., Gibson J.P., Dzama K. and Rege J.E.O., 2015. Options for enhancing efficiency and effectiveness of research capacity for livestock genetics in, and for, sub-Saharan Africa. *Animal Genetic Resources*, 56, 145–153
- Chessa B., Pereira F., Arnaud F., Amorim A., Goyache F., Mainland I., Kao R.R., Pemberton J.M., Beraldi D., Stear M.J., Alberti A., Pittau M., Iannuzzi L., Banabazi M.H., Kazwala R.R., Zhang Y., Arranz J.J., Ali B.A., Wang Z., Uzun M., Dione M.M., Olsaker I., Holm L., Saarma U., Ahmad S., Marzanov N., Eythorsdottir Eholland., M.J., Ajmone-Marsan P., Bruford M.W., Kantanen J., Spencer T.E. and Palmarini M., 2009. Revealing the History of Sheep Domestication Using Retrovirus Integrations, *Science*, 324, 532-536
- Corniaux C., 2014. Le commerce du bétail sahélien. Une filière archaïque ou la garantie d'un avenir prometteur ? *Afrique contemporaine* 2014/1 (n° 249), p. 93-95, DOI 10.3917/afco.249.0093

- Disset R. Etude particulière de l'élevage des petits ruminants au Burkina Faso : Mission de consultation effectuée pour le Projet FAO GCP/RAF/191/ITA, Ouagadougou, 1985, 52p.
- Dossa L.H., Rischkowsky B., Birner R. and Wollny C. 2008. Socio-economic determinants of keeping goats and sheep by rural people in southern Benin, *Agriculture and Human Values*, 25, 581–592
- Dossa L.H., Sangare M., Buerkert A.A. and Schlecht E., 2015. Production objectives and breeding practices of urban goat and sheep keepers in West Africa: regional analysis and implications for the development of supportive breeding programs, *SpringerPlus*, 4, 1-12
- Duteurtre G., Mian Oudanang Koussou, T. Essang, D. Kadekoy-Tigague, 2003 : “Le commerce de bétail dans les savanes d’Afrique centrale : réalités et perspectives ». in Jamin J.Y., L. Seiny Boukar, C. Floret. 2003, Cirad - Prasac, 7 p., 2003. <hal-00128893>
- Duteurtre G., Alary V., Ancey V., Corniaux C., Dieye P.N., Gautier D., Ninot O. and Vatin F., 2010. Accès aux marchés et développement de l'élevage en Afrique : la construction sociale des liens marchands, Proposition de communication aux 4èmes journées « Sciences sociales » SFER-INRA-CIRAD Rennes, Agro-campus Ouest, les 9 et 10 décembre 2010, En ligne, https://agritrop.cirad.fr/558252/1/document_558252.pdf, dernier accès le 30-04-2017
- Edea Z., Haile A., Tibbo M., Sharma A. K., Sölkner, J. and Wurzinger M., 2012. Sheep production systems and breeding practices of smallholders in western and south-western Ethiopia: Implications for designing community-based breeding strategies, *Livestock Research for Rural Development*, 24, e117.
- Ejlertsen M., Poole J. and Marshall K., 2012, Traditional breeding objectives and practices of goat, sheep and cattle smallholders in The Gambia and implications in relation to the design of breeding interventions. *Tropical Animal Health and Production*, 45, 219-229
- FAO, 2007. Global plan of action for animal genetic resources and the interlaken declaration, Rome Italy, Available at: <http://www.fao.org/docrep/010/a1404e/a1404e00.htm>.last access: 06/07/2015
- FAO, 2010. Stratégies d'amélioration génétique pour la gestion durable des ressources zoogénétiques. Directives FAO: Production et santé animales, Numéro 3, Rome. <http://www.fao.org/docrep/013/i1103f/i1103f00.htm>. accessed 28 May 2016
- FAO, 2015. The Second Report on the State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture, edited by Scherf, B. D. and Pilling, D. FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments, Rome. <http://www.fao.org/3/a-i4787e/index.html>. Accessed 21 October 2016
- FAO/OIE. Peste des petits ruminants global eradication programme. FAO, Rome, 2017, pp. 61
- FAOSTAT, 2013. FAOSTAT Database Rome, Italy. Available at <http://faostat.fao.org/site/569/DesktopDefault.aspx?PageID=569#ancor> last access: 23/07/2013
- FAOSTAT, 2016. FAOSTAT Database Rome, Italy available at <http://faostat3.fao.org/browse/T/TP/F>. last access: 13/09/2016
- Faye B., 2003. Pauvreté et solidarité chez les peuples pastoraux, in : Elevage et pauvreté, acte de l'atelier sept 11-12, Duteurtre G, Faye B (Eds.), CIRAD Montpellier, pp 1-11.

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2015. 2nd State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture (ed. BD Scherf and D Pilling). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments, Rome, Italy.
- Gbangboche A.B., Abiola F.A., Laporte J. P., Salifou S. and Leroy P.L., 2002. Amélioration des ovins dans l'Ouémé et le Plateau en République du Bénin. Enjeux de croisement des ovins Djallonké avec les moutons du Sahel, *Tropicultura*, 20, 70-75.
- Gbangboche A.B., Hornick J.L., Adamou-N'diaye M., Edoth A.P., Farnir F., Abiola F.A., Leroy P.L., 2005. Caractérisation et maîtrise des paramètres de la reproduction et de la croissance des ovins Djallonké (*Ovis aries*), *Annales de Médecine Vétérinaire*, 149, 148-160
- Gebretsadik Z.T. and Anal A.K., 2014. Indigenous sheep breeds of North Ethiopia: characterization of their phenotype and major production system *Tropical Animal Health and Production*, 46, 341–347
- Gizaw S., Getachew T., Goshme S., Valle-Zárate A., Van Arendonk J.A.M., Kemp S., Mwai A.O. and Dessie T., 2014c. Efficiency of selection for body weight in a cooperative village breeding program of Menz sheep under smallholder farming system, *Animal*, 8, 1249–1254
- Gizaw S., Goshme S., Getachew T., Haile A., Rischkowsky B., Van Arendonk J., Valle-Zárate A., Dessie T. and Mwai A.O., 2014b, Feasibility of pedigree recording and genetic selection in village sheep flocks of smallholder farmers, *Tropical Animal Health and Production*, 46, 809–814
- Gizaw S., Komen H. and Van Arendonk J.A.M., 2009. Optimal village breeding schemes under smallholder sheep farming systems. *Livestock Science*, 124, 82–88
- Gizaw S., Lemma S., Komen H. and Van Arendonk J.A.M., 2007. Estimates of genetic parameters and genetic trends for liveweight and fleece traits in Menz sheep, *Small Ruminant Research*, 70, 145–153
- Gizaw S., Rischkowsky B., Valle-Zarate A., Haile A., Van Arendonk J.A.M., Mwai A. O. and Dessie T., 2014a. Breeding programs for smallholder sheep farming systems: I. Evaluation of alternative designs of breeding schemes. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 131, 341–349
- Gizaw S., Komen, H. and van Arendonk, J.A.M., 2010. Participatory definition of breeding objectives and selection indexes for sheep breeding in traditional systems, *Livestock Science*, 128, 67-74.
- Gnanda B., Nianogo A. J., Zoundi J. S., Somda J., Koanda S. Performances techniques et économiques de l'embouche ovine en exploitation traditionnelle de la région sahélienne au Burkina Faso. *Revue de la Cames Science et Médevine*, 2005, 3, 49-56
- Hamadou I., Moula N., Siddo S., Marichatou H., Issa M., Leroy P. and Antoine-Moussiaux N., 2015. The Koundoum sheep breed in Niger: morpho-biometric study and description of the production system, *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 116, 49-58.
- Hamadou, I., Moula, N., Siddo, S., Issa, M., Marichatou, H., Leroy, P. and Antoine-Moussiaux, N., 2016. Mapping stakeholder viewpoints in biodiversity management: an application in Niger using Q methodology, *Biodiversity and Conservation*, 25, 1973–1986
- Hervieu B. and Bonnemaire J., 2002. Social demand and concerns about animal breeding: the animal, a social construct. In *7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, August 19-23, 2002*

- Hoffmann I. and Bernhard J., 2007. Meat marketing in Burkina Faso after the devaluation of the FCFA: Insights into the functioning of informal market systems, *Food Policy*, 32, 229-245
- Hoffmann I., 2011. Livestock biodiversity and sustainability, *Livestock Science*, 139, 69-79
- IAGU, 2007. Etude de cas sur le financement des agriculteurs et agricultrices urbains de Ouagadougou (Burkina Faso), En ligne, http://www.iagu.org/PDF/etude_de_cas_ouagadougou.pdf, dernier accès le 30-04-2017
- INSD, <http://www.insd.bf/n/>, (last access: 18 November 2015), 2014.
- INSD, Statistiques démographiques. In : *Annuaire statistique*, 2014.
http://www.insd.bf/n/contenu/pub_periodiques/annuaires_stat/Annuaire_stat_nationaux_BF/Annuaire_stat_2014.pdf Accessed 28 May 2016
- Institut national de la statistique et de la démographie (INSD) 2015. Profil de pauvreté et d'inégalités, Rapport Enquête multisectorielle continue (EMC) 2014. Retrieved on 01 June 2016 from http://www.insd.bf/n/contenu/enquetes_recensements/Enq_EMC/Profil_de_pauvrete_et_d_inegalite_en_2014.pdf
- Jaitner J., Sowe J., Secka-Njie E. and Dempfle L., 2001. Ownership pattern and management practices of small ruminants in The Gambia: implications for a breeding programme, *Small Ruminant Research*, 40, 101--108
- Josserand, H. P. (2013) Estimation des volumes et de la valeur du commerce régional des denrées de base. Available at http://www.inter-reseaux.org/IMG/pdf/Josserand_Estimation_des_volumes_et_de_la_valeur.pdf. last access : 06/07/2015
- Kaboré A., Traoré A., Gnanda B.I., Nignan M., Tamboura H.H., and Belem, A.M.G., 2011. Constraints of small ruminant production among farming systems in periurban area of Ouagadougou, Burkina Faso (West Africa), *Advances in Applied Science Research*, 2, 588-594
- Kahi A.K., Rewe T.O. and Kosgey I.S., 2005. Sustainable community based organizations for the genetic improvement of livestock in developing countries, *Agriculture*, 34, 261–270
- Kassa B.T., Haile A.G. and Essa J.A., 2011. Determinants of sheep prices in the highlands of north eastern Ethiopia: implication for sheep value chain development *Tropical Animal Health and Production*, 43, 1525–1533
- Kassie G.T., Abdulai A., Wollny C., Ayalew W., Dessie T., Tibbo M., Haile A. and Mwai O., 2011. Implicit prices of indigenous cattle traits in central Ethiopia: Application of revealed and stated preference approaches. ILRI Research Report 26, Nairobi, Kenya, ILRI.
- Kocho T., Abebe G., Tegegne A. and Gebremedhin B., 2011. Marketing value-chain of smallholder sheep and goats in crop-livestock mixed farming system of Alaba, Southern Ethiopia. *Small Ruminant Research* 96, 101–105.
- Kosgey I.S., Baker R.L., Udo H.M.J. and Van Arendonk J.A.M., 2006. Successes and failures of small ruminant breeding programmes in the tropics: a review, *Small Ruminant Research*, 61, 13–28

- Kosgey I.S. and Okeyo A.M., 2007. Genetic improvement of small ruminants in low-input, smallholder production systems: Technical and infrastructural issues, *Small Ruminant Research*, 70, 76–88
- Kosgey I.S., Rowlands G.J., van Arendonk J.A.M., and Baker R.L., 2008. Small ruminant production in smallholder and pastoral/extensive farming systems in Kenya, *Small Ruminant Research*, 77, 11-24
- Lauvie A., Couix N., and Verrier E. 2014. No Development, No Conservation: Elements from the Conservation of Farm Animal Genetic Resources, *Society and Natural Resources*, 27, 1331-1338
- Leroy G., Baumung R., Boettcher P., Scherf B. And Hoffmann I., 2015. Review: Sustainability of crossbreeding in developing countries; definitely not like crossing a meadow.... *Animal*, 10, 262-273.
- Leroy P., Moula N., Huart A., Leroy E., Cassart R., Ruppel P., Levrard O., El Fadili M., Binh D. V., Thang N. V., Duc L. D., Nfundiko D., Nienhaus B., Antoine-Moussiaux N. and 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
- Leroy G., Baumung R., Notter D., Verrier E., Wurzinger M. and Scherf B., 2017. Stakeholder involvement and the management of animal genetic resources across the world, *Livestock Science*, 198, 120--128
- Lê S., Josse J. and Husson F., 2008. FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis, *Journal of Statistical Software*, 25, 1--18
- Madalena F.E., Peixoto M.G.C.D. and Gibson J., 2012. Dairy cattle genetics and its applications in Brazil. *Livestock Research For Rural Development*, 24, 97
- Madalena F.E., Agyemang K., Cardellino R.C. and Jain G.L., 2002. Genetic improvement in medium- to low-input systems of animal production. Experiences to date, 7th World Congress on Genetic Applied to Livestock Production, August 19-23, Montpellier, France, 10 pp
- Malans.W., 2000. The improved Boer goat, *Small Ruminant Research*, 36, 165-170
- Marshall K., Mtimet N., Wanyoike F., Ndiwa N., Ghebremariam H., Mugunieri L. and Costagli R., 2016. Traditional livestock breeding practices of men and women Somali pastoralists: trait preferences and selection of breeding animals, *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 133, 534-547
- Mdladla K., Dzomba E.F. and Muchadeyi F.C., 2017. Characterization of the village goat production systems in the rural communities of the Eastern Cape, KwaZulu-Natal, Limpopo and North West Provinces of South Africa, *Tropical Animal Health Production*, 49, 515-527
- Melaku S., Mekuriaw Z., Gizaw S., and Taye M., 2012. Community-based characterization of siemien sheep based on growth performance and farmers breeding objectives in Siemien mountains region, Ethiopia, *Research Journal of Animal Sciences*, 6, 47-55
- Ministère des Ressources Animales/Burkina Faso. Deuxième Enquête Nationale sur les Effectifs du Cheptel (ENC II) : résultats et analyse. 2004, 77p.
- Ministère des Ressources Animales/Burkina Faso. Initiative élevage pauvreté et croissance-2001. [en ligne] (sans date) adresse URL : http://www.hubrural.org/IMG/pdf/burkina_iepc.pdf, consulté le 13/02/2017

Ministère des Ressources Animales/Burkina Faso. Les statistiques du secteur de l'élevage au Burkina Faso-2011. [en ligne] (sans date) adresse [URL:http://cns.bf/IMG/pdf/mra_annuaire_statistique_2011_du_sous_secteur_de_l_elevage.pdf](http://cns.bf/IMG/pdf/mra_annuaire_statistique_2011_du_sous_secteur_de_l_elevage.pdf). consulté le 13/02/2017.

Ministère des Ressources Animales/Burkina Faso, 2012. Statistiques du secteur de l'élevage/Ministère des Ressources Animales du Burkina Faso pp 1-151.

Mirkena T., Duguma G., Willam A., Wurzinger M., Haile A., Rischkowsky B., Okeyo A.M., Tibbo M. and Solkner J., 2012. Community-based alternative breeding plans for indigenous sheep breeds in four agro-ecological zones of Ethiopia, *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 129, 244-253

Missohou A., Nahimana G., Ayssiwede S.B., Sembene M., 2016. Goat breeding in West Africa: A review [in French]. *Revue d'élevage et médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 69, 3-18

Morand-Fehr P., Boutonnet J.P., Devendra C., Dubeuf J.P., Haenlein G.F.W., Holst P., Mowlem L. and Capote J., 2004. Strategy for goat farming in the 21st century, *Small Ruminant Research*, 51, 175–183

Mueller J. P., Rischkowsky B., Haile A., Philipsson J., Mwai O., Besbes B., Valle Zárate A., Tibbo M., Mirkena T., Duguma G., Sölkner J. And Wurzinger M., 2015. Community-based livestock breeding programmes: essentials and examples, *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 132, 155–168

Nianogo A.J., Sanfo R., Kondombo S.D. and Neya S.B., 1996. Le point sur les ressources génétiques en matière d'élevage au Burkina Faso. *Animal Genetic Resources Information*, 17, 11-28

Ninot O., 2010. Des moutons pour la fête : l'approvisionnement de Dakar en moutons de Tabaski, *Les Cahiers d'Outre-Mer* [En ligne], 249 | Janvier-Mars 2010, mis en ligne le 01 janvier 2013, consulté le 30 avril 2017 URL : <http://com.revues.org/5904> ; DOI : 10.4000/com.5904

Omondi I., Baltenweck I., Drucker A.G., Obare G. and Zander K.K., 2008. Economic valuation of sheep genetic resources: implications for sustainable utilization in the Kenyan semi-arid tropics, *Tropical Animal Health and Production*, 40, 615—626

Onibon P., 2004. Capitalisation et évaluation des marchés à bétail autogérés au nord du Bénin articulation avec le développement local, Centre technique de coopération agricole et rurale/ Ministère des affaires étrangères/Inter-réseaux/développement rural, En ligne URL : http://images.agri-profoc.us/Upload/post/pdf_Benin_Marche_betail_Onibon_IR_CTA_20041456138478.pdf, consulté le 30-04-2017

Osoro K., Ferreira L.M.M., García U., Jáuregui B.M., Martínez A., Rosa García R. and Celaya R., 2013. Diet selection and performance of sheep and goats grazing on different heath land vegetation types, *Small Ruminant Research*, 109, 119– 127

Ossiya S., Isyagi N., Aliguma L. and Aisu C., 2003. Urban and peri-urban livestock keeping among the poor in Kampala City. In: *Urban livestock keeping in sub-Saharan Africa Report of a workshop held on 3-5 March 2003 in Nairobi, Kenya*. RICHARDS W. and GODFREY S. UK, 21-38

Ouedraogo T., 2002. Les systèmes agriculture-élevage au Burkina Faso. In: *Improving Crop–Livestock Systems in the Dry Savannas of West and Central Africa* (Eds. Tarawali G. and Hiernaux

P.). Reports from the Workshop on Crop–Livestock Systems in the Dry Savannas of West and Central Africa, 22–27 November 1998. IITA: Ibadan (Nigeria), 46-61.

Peacock C., Ahuya C.O., Ojango J. M. K. and Okeyo A.M., 2011. Practical crossbreeding for improved livelihoods in developing countries: The FARM Africa goat project. *Livestock Science*, 136, 38–44

Peacock C. and Sherman D.M., 2010. Sustainable goat production—Some global perspectives *Small Ruminant Research*, 89, 70–80

Peeling D. and Holden S., 2004. The effectiveness of community-based animal health workers, for the poor, for communities and for public safety, *Scientific and Technical Review of the Office International des Epizooties*, 23, 253-276

Rege J.E.O., Marshall K., Notenbaert A., Ojango J.M.K. and Okeyo A.M., 2011. Pro-poor animal improvement and breeding — What can science do? *Livestock Science*, 136, 15–28

Rege J.E.O. and Gibson J.P., 2003. Animal genetic resources and economic development: issues in relation to economic valuation, *Ecological Economics* 45, 319--330

Renard J.F., 2003. Filières de commercialisation et pauvreté : le cas des produits animaux au Burkina Faso. In *élevage et pauvreté* (ed. Duteurtre G and Faye B). Actes de l'atelier CIRAD 11-12 September 2003, Montpellier, France.

Rischkowsky B., Bednarz K. and Jahn G., 2006. Peri-urban sheep production in West Africa: Do smallholders benefit from proximity of the urban centres? *Small Ruminant Research*, 66, 22–31

Roessler R., Drucker A.G., Scarpa R., Markemann A. Lemke U., Thuy L.T. and Zárata A.V., 2008. Using choice experiments to assess smallholder farmers' preferences for pig breeding traits in different production systems in North–West Vietnam, *Ecological Economics*, 66, 184—192

Roessler R., Mpouam S.E., Muchemwa T. and Schlecht E., 2016. Emerging Development Pathways of Urban Livestock Production in Rapidly Growing West Africa Cities, *Sustainability*, 8, 1199; doi:10.3390/su8111199

Rosa Garcia R., Celaya R., Garcia U. and Osoro K., 2012. Goat grazing, its interactions with other herbivores and biodiversity conservation issues, *Small Ruminant Research*, 107, 49– 64

Roschinsky R., Kluszczynska M., Sölkner J., Puskur R., Wurzinger M., 2015. Smallholder experiences with dairy cattle crossbreeding in the tropics: from introduction to impact, *Animal*, 9, 150–157

Scarpa R., Ruto E., Kristjanson P., M., R., Drucker A. And Rege J., 2003. Valuing indigenous cattle breeds in Kenya: an empirical comparison of stated and revealed preference value estimates, *Ecological Economics* 45, 409–426

Schiere H., Rischkowsky B., Thys E., Schiere J. and Matthys F., 2006. Livestock keeping in urbanised areas, does history repeat itself? In: *Cities Farming for the Future, Urban Agriculture for Green and Productive Cities*. (Eds. René van Veenhuizen), Published by RUA Foundation, IDRC and IIRR, [en ligne] adresse URL:

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.124.4555&rep=rep1&type=pdf>, consulté le 13/02/2017

- Siddo S., Moula N., Hamadou I., Issa M., Marichatou H., Leroy P. and Antoine-Moussiaux N., 2015. Breeding criteria and willingness to pay for improved Azawak zebu sires in Niger, *Archives Animal Breeding*, 58, 251–259
- Steinfeld, H., 2004. The livestock revolution— a global veterinary mission, *Veterinary Parasitology*, 125, 19-41
- Tadesse D., Urge M., Animut G. and Mekasha Y., 2014. Perceptions of households on purpose of keeping, trait preference, and production constraints for selected goat types in Ethiopia, *Tropical Animal Health and Production*, 46, 363–370
- Tadesse E., Negesse T. and Abebe G., 2015. Sheep production and marketing system in southern Ethiopia: the case of Awassazuria district, *Tropical Animal Health and Production*, 47, 1417-1425
- Tambwe N., 2006. Urban Agriculture as a Global Economic Activity with Special Reference to the City of Lubumbashi in the Democratic Republic of Congo (DRC). *African and Asian Studies*, 5, 193-213
- Tamini L.D., Fadiga M.L. and Sorgho Z., 2014. Chaines de valeur des petits ruminants au Burkina Faso : Analyse de situation, ILRI Project Report, Nairobi, Kenya: International Livestock Research Institute (ILRI).
- Tano K., Kamuanga M., Faminow M.D. and Swallow B., 2003. Using conjoint analysis to estimate farmer's preferences for cattle traits in West Africa, *Ecological Economics*, 45, 393-407
- Tegegne A., Tadesse M., Alemayehu M., Woltedji D. and Sileshi Z., 2003. Scoping study on peri-urban and urban livestock production in Addis Ababa, Ethiopia. In: *Urban livestock keeping in sub-Saharan Africa*, (Eds. Richards W. and Godfrey S.) Report of a workshop held on 3-5 March 2003 in Nairobi, Kenya, NR International, UK
- Terfa Z.G., Haile A., Baker D. and Kassie G.T., 2013. Valuation of traits of indigenous sheep using hedonic pricing in Central Ethiopia, *Agricultural and Food Economics*, 1, 1-13
- Thys E., Ouedraogo M., Speybroeck N. and Geerts S., 2005. Socio-economic determinants of urban household livestock keeping in semi-arid Western Africa, *Journal of Arid Environments*, 63, 475–496
- Tibbo M., 2008. Animal breeding in developing countries context. In *Animal Breeding, Innovation, Trade and Proprietary Rights* (Berne, Suisse, 2008), Trade Regulation IP-9 Workshop, 27-28 November 2008, NCCR
- Tindano K., Moula N., Traoré A., Leroy P. and Antoine-Moussiaux N., 2015. Characteristics and typology of sheep herding systems in the suburban area of Ouagadougou (Burkina Faso), *Archives Animal Breeding* 58, 415–423
- Tisdell C., 2003. Socioeconomic causes of loss of animal genetic diversity: analysis and assessment, *Ecological Economics* 45, 365–376
- Toure A., Moula M., Kouriba A., Traore B., Tindano K., Leroy P. and 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

Traoré A., Tamboura H.H., Kaboré A., Royo L.J., Fernández I., Álvarez I., Sangaré M., Bouchel D., Poivey J.P., Francois D., Toguyeni A., Sawadogo L., Goyache F., 2008. Multivariate characterization of morphological traits in Burkina Faso sheep, *Small Ruminant Research*, 80, 62-67.

Van den Bossche P., Thys E., Elyn R., Marcotty T. and Geerts S., 2004. The provision of animal health care to smallholders in Africa: an analytical approach, *Scientific and Technical Review of the Office International des Epizooties*, 23, 851-861

Van Der Werf J., 2000. Livestock straight-breeding system structures for the sustainable intensification of extensive grazing systems. In *Developing Breeding Strategies for Lower Input Animal Production Environments* (Eds. Galal S., Boyazoglu J. and Hammond K.) (Rome, Italy, 2000), ICAR Technical Series, ICAR, pp. 105–177

Wilson R.T., 1991. Small ruminant production and the small ruminant genetic resource in tropical Africa. *Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture*, Rome, 181p.

Wilson R.T., 2009. Fit for purpose – the right animal in the right place, *Tropical Animal Health and Production*, 41, 1081–1090

Wollney C.B.A., 2003. The need to conserve farm animal genetic resources in Africa: should policy makers be concerned? *Ecological Economics*, 45, 341-351

Zerbo A. and Siri D., 2012. Contribution de l'élevage a l'économie et a la lutte contre la pauvreté, les déterminants de son développement.

Zonabend König E., Mirkena T., Strandberg E., Audho J., Ojango J., Malmfors B., Okeyo A.M. and Philipsson J., 2016. Participatory definition of breeding objectives for sheep breeds under pastoral systems—the case of Red Maasai and Dorper sheep in Kenya, *Tropical Animal Health and Production*, 48, 9—20

Zoundi J. S., Sawadogo L. and Nianogo A.L., 2003. Pratiques et stratégies paysannes en matière de complémentation des ruminants au sein des systèmes d'exploitation mixte agriculture-élevage du plateau central et du Nord du Burkina Faso, *Tropicicultura*, 21, 122-128

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

4000 Liège (Belgique)

D/2017/0480/7

ISBN 978-2-87543-105-9



9 782875 431059