

Université
de Liège



**ACADEMIE UNIVERSITAIRE WALLONIE-EUROPE
UNIVERSITE DE LIEGE
FACULTE DE MEDECINE VETERINAIRE
DEPARTEMENT DES PRODUCTIONS ANIMALES
SERVICE DE BIOSTATISTIQUE SELECTION ANIMALE ET
ECONOMIE RURALE**

**Aspects socio-économiques et techniques de la conservation du
mouton Koundoum au Niger**



**Socio-economic and technical aspects of the conservation of
Koundoum sheep in Niger**

Issa HAMADOU

**THÈSE PRÉSENTÉE EN VUE DE L'OBTENTION DU GRADE DE
DOCTEUR EN SCIENCES VÉTÉRINAIRES**

ANNEE ACADEMIQUE 2015-2016

Résumé

Le mouton Koundoum représente le principal mouton à laine du Niger et est exclusivement élevé dans les îles et sur les bords du fleuve Niger, depuis la frontière du Mali jusqu'à Niamey. Il constitue une source de nourriture et de revenus pour les agriculteurs ruraux de cette zone. Cette race est reconnue pour sa production de laine et sa remarquable adaptation à l'humidité dans la vallée du fleuve Niger. Peu d'informations sont disponibles sur les caractéristiques de cette race alors qu'on assiste à une régression drastique de son effectif. La documentation des caractéristiques d'une race est importante pour son utilisation et sa conservation. Cette étude a été entreprise pour documenter (i) le système de production et les caractéristiques morphobiométriques du mouton Koundoum, (ii) les préférences des éleveurs et leur disposition à payer ou à recevoir une compensation pour les caractéristiques des ovins, (iii) les caractéristiques de reproduction du mouton Koundoum et (iv) les points de vue des parties prenantes potentielles susceptibles de contribuer à la réussite de la gestion et la conservation de la biodiversité des animaux d'élevage au Niger.

Ainsi, pour caractériser la race et comprendre son contexte de production, une enquête a été menée auprès de 104 ménages dans quatre communes le long du fleuve Niger (Kollo, Tillabéry, Say et Tera) pendant la période d'août à décembre 2011.

Neuf mesures corporelles, comprenant le poids vif, ont été prises sur 180 moutons Koundoum (101 femelles et 79 mâles). L'effectif des troupeaux de moutons varie de 2 à 60 têtes, avec une taille moyenne de huit animaux et les deux tiers des troupeaux comptant moins de 10 animaux. Principalement alimentés sur les pâturages naturels, 85,6% des troupeaux reçoivent des résidus de récolte en supplément.

Seul l'accouplement naturel est pratiqué par les éleveurs et les soins vétérinaires sont limités aux anti-helminthiques et à une pharmacopée traditionnelle.

L'affiliation fréquente des éleveurs à des associations professionnelles apparaît comme un facteur favorable à la mise en œuvre d'un programme collectif de conservation. Le mouton Koundoum est de robe blanche ou noire, avec une fréquence plus élevée pour la couleur noire (75,6%). Les pendeloques sont présentes dans les deux sexes à des fréquences similaires, d'environ 14 %. Toutes les variables biométriques sont positivement et significativement corrélées entre elles. Le périmètre thoracique montre la meilleure corrélation avec le poids vif, tant chez les mâles que

chez les femelles. Trois variables ont été sélectionnées pour la prédiction du poids vif: le périmètre thoracique, la hauteur au garrot et la longueur de la croupe. Il ressort de cette étude que la conservation *in situ* de la race Koundoum s'annonce comme très problématique, du fait du manque d'opportunités de marché pour la laine et de disposition des petits éleveurs à élever le mouton Koundoum en race pure.

Dans le but d'objectiver ce dernier frein, la seconde étude, conduite dans la même zone de septembre 2012 à février 2013, caractérise les préférences des éleveurs pour les béliers reproducteurs et aborde leur disposition à contribuer au programme de conservation du mouton Koundoum à travers leur appréciation quantifiée des principales caractéristiques phénotypiques de la race. L'outil de l'empilement proportionnel est utilisé d'abord dans 11 groupes de discussion focalisée réunissant des éleveurs autour de la question des principaux critères de sélection de béliers reproducteurs. La méthode d'analyse conjointe multi-attributs est ensuite appliquée avec 168 propriétaires de moutons. L'estimation économétrique de la fonction d'utilité des éleveurs est réalisée avec un modèle logit conditionnel et la disposition à payer est calculée par le rapport entre chaque coefficient d'utilité des caractères et de l'attribut monétaire. Les résultats révèlent un fort rejet par les éleveurs des caractéristiques comme la laine et la robe noire et montre ainsi la faible acceptabilité d'un programme de conservation *in situ*. Quelques éleveurs avec une préoccupation particulière pour la conservation de la race, pour des motifs culturels, peuvent néanmoins adhérer à un tel programme de conservation, qui devrait être principalement fondé sur des stratégies *ex situ*.

En vue de ces stratégies *ex situ*, il est nécessaire d'étudier les caractéristiques de reproduction chez le mouton Koundoum. La troisième étude a ainsi été conduite en station, à la ferme expérimentale et de recherche de la Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger) pendant la période de décembre 2013 à avril 2014.

L'étude a plus précisément déterminé les caractéristiques du cycle œstral de la brebis et quelques caractéristiques spermatiques du bélier de la race Koundoum du Niger. Ainsi, seize brebis et huit béliers Koundoum ont été utilisés pour cette étude. Les brebis ont été soumises à une observation biquotidienne de leur comportement sexuel en vue de détecter les œstrus, à l'aide de béliers boute-en-train. Les échantillons de sperme ont été recueillis à l'aide d'un vagin artificiel chez les béliers pendant les périodes d'œstrus des brebis. La motilité du sperme a été déterminée à l'aide d'un

microscope et sa concentration à l'aide d'un spectrophotomètre. Sur les 16 brebis, 13 ont manifesté au moins une fois des comportements d'œstrus ayant une durée moyenne de $37,8 \pm 5,8$ heures avec une durée moyenne de cycle œstral de $18,1 \pm 1,1$ jours. La collecte de semence a pu être réalisée sur 4 béliers sur les 8 inclus dans le protocole. Les éjaculats collectés ont présenté un volume moyen de $1,03 \pm 0,3$ ml, une motilité de 3,4, et une concentration de 1322 ± 544 millions/ ml. La connaissance de la durée du cycle et de l'œstrus est un élément de base pour la maîtrise de la fonction sexuelle des brebis. La difficulté de collecte de la semence de béliers Koundoum devra être prise en compte dans les plans de conservation par cryogénisation de paillettes. Les informations obtenues à travers cette étude sont une base permettant de poser les premiers jalons du programme de conservation et d'amélioration de cette race.

Enfin, une quatrième et dernière étude a été conduite de mars à avril 2014 pour examiner les points de vue des parties prenantes potentielles susceptibles de contribuer à la réussite de la gestion et la conservation de la biodiversité des animaux d'élevage au Niger. La recherche applique la méthodologie Q afin de révéler des discours consensuels et divergents. Après le développement de l'ensemble des affirmations sur le thème de la biodiversité (échantillon Q), les arrangements des affirmations ont été réalisées par les répondants à travers une échelle de Likert à 7 niveaux, de -3 à +3. L'analyse des données (les arrangements Q) avec le *package qmethod* sous le logiciel R a révélé trois points de vue distincts des parties prenantes sur l'importance de la biodiversité dans l'agriculture et l'élevage, l'équilibre entre le progrès et la conservation et les différentes méthodes de conservation. L'étude montre un consensus apparent sur l'importance de la biodiversité, qui est évidemment un sujet promu dans le pays. Derrière le consensus, différents discours sont définis qui semblent tous divisés par le même dilemme entre la conservation et le développement économique. Comprendre les différentes réponses et poids attribués à chacun des composants du dilemme guidera des campagnes de sensibilisation et aidera à identifier les intérêts divergents des parties prenantes.

Abstract

The Koundoum sheep is the main wool sheep of Niger and is found exclusively in the islands and on the banks of the Niger River, from the border with Mali to Niamey. It is a source of food and income for rural farmers in this area. This breed is known for its production of wool and its remarkable adaptation to the humidity in the Niger River valley. Little information is available about the characteristics of this breed while we are witnessing a drastic decline of its population. The documentation of the characteristics of a breed is important for its use and conservation. This study was undertaken to document (i) the production system and morphobiometrics characteristics of Koundoum sheep (ii) the preferences of breeders and their willingness to pay or receive compensation for the characteristics of sheep (iii) the reproduction characteristics of Koundoum sheep and (iv) the views of potential stakeholders that may contribute to the successful management and conservation of farm animals biodiversity in Niger.

Thus, to characterize the breed and understand its production context, a survey was conducted among 104 households in four communes along the Niger River (Kollo, Tillabery, Say and Tera) during the period from August to December 2011. Nine body measurements, including body weight, were taken on 180 sheep Koundoum (101 females and 79 males). The size of flocks of sheep varies from 2-60 heads, with an average size of eight animals and two thirds of the herds with fewer than 10 animals. Fed mainly on natural pastures, 85.6% of herds are receiving crop residues additionally. Only natural mating is practiced by breeders and veterinary care are limited to anthelmintic and traditional pharmacopoeia. Frequent affiliation of breeders to professional associations appears to be a favorable factor in the implementation of a collective conservation program. The Koundoum sheep display white or black coat, with a higher frequency for black (75.6%). Wattles are present in both sexes at similar frequencies of about 14%. All biometric variables are positively and significantly correlated with each other. The thoracic perimeter shows the best correlation with body weight, both in males and females. Three variables were selected for the prediction of live weight: heart girth, height at withers and rump length. It appears from this study that *in situ* conservation of Koundoum breed will be highly

problematic, given the lack of market opportunities for wool and the lack of willingness of small breeders to raise purebred Koundoum sheep.

In order to objectify this willingness, the second study, conducted in the same area from September 2012 to February 2013, characterizes the preferences of breeders for breeding rams and tackles their willingness to contribute to the conservation program of the Koundoum sheep through quantified appreciation of the main phenotypic characteristics of the breed. The proportional piling tool has first been used in 11 focus groups with breeders around the question of the main selection criteria for breeding rams. The multi-attribute conjoint analysis has then been applied with 168 sheep owners. The econometric estimation of the breeders' utility function has been performed with a conditional logit model and their willingness-to-pay has been calculated as the ratio between the utility coefficient of each attribute modality and the monetary attribute. The result reveal a strong rejection by the breeders of the characteristics like wool and black coat and thus shows the low acceptability of an *in situ* conservation program. Some breeders with particular concern for the preservation of the breed, for cultural reasons, can nevertheless adhere to such conservation program, which should be mainly based on *ex situ* strategies.

For these *ex situ* strategies, it is necessary to study the reproductive characteristics of the Koundoum sheep. Therefore, the third study has been conducted at the experimental and research farm of the Faculty of Agronomy of Abdou Moumouni University in Niamey (Niger) during the period from December 2013 to April 2014. The study more precisely determined the characteristics of the estrous cycle of the ewe and ram sperm characteristics of Koundoum breed. Sixteen ewes and eight Koundoum rams were used for this study. The ewes were subjected to twice-daily observation of their sexual behavior to detect estrus, using rams fitted with aprons. Semen samples were collected using an artificial vagina, during ewes' estrus periods. Sperm motility was determined by microscopy and its concentration by spectrophotometry. On the 16 ewes, 13 experienced at least once an estrus behavior with an average duration of 37.8 ± 5.8 hours, and with an estrous cycle of 18.1 ± 1.1 days. The semen of only 4 rams out of the 8 included in the protocol was collected. Ejaculates collected have an average volume of 1.03 ± 0.3 ml, a motility of 3.4, and a concentration of 1322 ± 544 million/ml. The duration of the sexual cycle and estrus is a basic knowledge for the control of sexual function in sheep. The difficulty of collecting semen from Koundoum rams should be considered in conservation plans by

cryogenisation. The information obtained through this study is a basis for the implementation of breed conservation and improvement programs.

A fourth and last study was conducted from March to April 2014 to examine the points of view of potential stakeholders that may contribute to the successful management and biodiversity conservation of farmed animals in Niger. The research applies the Q methodology to reveal consensual and divergent discourses. After the development of the set of items on the topic of biodiversity (Q sample), the arrangements of the statements were realized by the respondents through a 7-grades Likert scale, from -3 to +3. The analysis of Q-sorts data with the *qmethod* package under the R software highlighted three distinct viewpoints of the stakeholders on the importance of biodiversity in agriculture and animal husbandry, the balance between progress and conservation and the different methods of conservation. The study shows an apparent consensus on the importance of biodiversity that is obviously a promoted topic in the country. Behind the consensus, different discourses are defined that all appear divided by the same dilemma between conservation and economic development. Understanding the different answers and weights attributed to each of the components of the dilemma will guide awareness-raising campaigns and help pinpoint divergent interests among stakeholders.

Table des matières

Résumé	i
Abstract	iv
Table des matières	vii
Listes des tableaux.....	x
Liste des abréviations	xi
Composition du Jury.....	xii
REMERCIEMENTS	xiii
Avant-propos	xvi
Chapitre I : Introduction générale et revue de la littérature	1
1. Introduction générale.....	2
1.1 Contexte.....	3
1.2 Problématique de la thèse	3
1.3 Présentation de la zone d'étude.....	5
2. Justification de la thématique et objectifs.....	8
2.5 Objectifs	24
2.6 Question de recherche	24
Chapitre II: The Koundoum sheep breed in Niger: morpho-biometric study and description of the production system.....	35
Abstract	37
Introduction	38
Materials and methods.....	39
Study area	39
Household survey	39
Morpho-biometric characterisation of the Koundoum sheep	39
Statistical analysis	40
Results	41
Characteristics of the sampled herds	41
Morpho-biometric characterisation of Koundoum sheep	43
Discussion	46
Status and breeding context of the Koundoum sheep	46
Pastures and decline in the distribution area of Koundoum sheep	47
Morpho-biometry	48
Live weight prediction equation	49
Conclusion.....	50
Chapitre III: Valuing breeder's preferences in the conservation of the Koundoum sheep in Niger by multi-attribute analysis	55
Abstract	58
Introduction	59
Material and Methods.....	60
<i>Participatory survey on breeding rams appreciation criteria</i>	60
<i>Conjoint Analysis of selection criteria</i>	61

<i>Statistical analysis and estimation of the willingness-to-pay</i>	62
Results	64
Discussion	65
Methodology	65
Appreciation criteria for breeding rams.....	66
Preference for attributes of breeding rams	66
Conclusion.....	68
Chapitre IV: Contribution à l'étude des caractéristiques du cycle œstral chez la brebis et les caractéristiques spermatiques chez le bélier de race Koundoum au Niger	72
RÉSUMÉ.....	74
Introduction	75
Matériel et Méthodes	76
Lieu de l'étude.....	76
Le troupeau expérimental et sa gestion	76
Contrôle de l'œstrus chez les brebis	77
Figure 1 : Séance de contrôle d'œstrus.....	77
Collecte et analyse de la semence des béliers.....	78
Mensuration biométrique et pondérale des béliers	78
Analyse statistique.....	78
Résultats	79
Les caractéristiques du cycle œstral des brebis	79
Les caractéristiques spermatiques des béliers.....	80
Relation entre les mesures corporelles et les caractéristiques spermatiques des béliers Koundoum	81
Discussion	82
Les caractéristiques de l'œstrus et du cycle œstral	82
Les caractéristiques du sperme des béliers Koundoum	84
Relation entre les mesures corporelles et les caractéristiques spermatiques des béliers Koundoum	86
Conclusion.....	86
Chapitre V: "Q Methodology" for Mapping Stakeholder Viewpoints in Biodiversity Management, an application in Niger	93
Abstract	95
Introduction	96
Materiel and Methods.....	97
Setting and time.....	97
Statements sampling: development of the Q sample	97
Respondent's selection	100
Data collection.....	100
Data analysis.....	100
Results	101
Principal Component Analysis	101
Consensus and non-structuring statements	102

Discourses and perspectives	104
Discussion	106
Conclusion.....	107
References	108
Chapitre VI : Discussion générale, Conclusion Générale et Perspectives de recherche	110
1. Discussion générale	111
2. Conclusion générale	124
3. Perspectives de recherche.....	125
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	126

Listes des tableaux

Tableau 0-1 Socio-economic characteristics of sheep breeders surveyed	41
Tableau 0-2 Characteristics of herds surveyed and sheep breeding practices	41
Tableau 0-3 Morphologic traits of the Koundoum sheep (n=180)	44
Tableau 0-4 Body measurements in the Koundoum sheep (Least Square Mean $\pm$ SE)	45
Tableau 0-5 Pearson correlation coefficient matrix for body measurements according to sex	45
Tableau 0-6 Live weight prediction formulae in Koundoum sheep by age group and sex	46
Tableau 0-1 Results of proportional piling (PP score) about breeding criteria	64
Tableau 0-2 Utility coefficients and willingness-to-pay estimated for breeding ram traits in Niger	65
Tableau 0-1 Durée de l'œstrus et du cycle œstral chez 12 brebis Koundoum (Moyenne des moindres carrés $\pm$ Erreur standard)	80
Tableau 0-2 caractéristiques de 59 prélèvements de la semence de 4 béliers Koundoum (Moyenne des moindres carrés $\pm$ Erreur standard)	81
Tableau 0-3 Statistiques descriptive des mesures corporelles des béliers	82
Tableau 0-4 Corrélation de Pearson entre les mesures corporelles et spermatiques des béliers	82
Tableau 0-1 Q-sample of statements about importance of biodiversity and its conservation	99
Tableau 0-2 Factors characteristics and correlations with Varimax rotation	101
Tableau 0-3 Consensus and non-structuring statements	103
Tableau 0-4 Statement distinguishing all three factors between them	103
Tableau 0-5 Statement distinguishing each factor from the rest	104

Liste des abréviations

ASC : Alternative Specific Constant
CCM : Centre Caprin de Maradi
CDB : Convention sur la Diversité Biologique
CPM : Cabinet du Premier Ministre
CTB : Coopération Technique Belge
EISMV : Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaire de Dakar
FARAH : Fundamental and Applied Research for Animals and Health
FMV : Faculté de Médecine Vétérinaire
HW : Height at Withers
ILRI : International Livestock Research Institute
INRAN : Institut National de la Recherche Agronomique du Niger
INS : Institut National de la Statistique
IUCN : International Union for Conservation of Nature
LPP : League for Pastoral Peoples
LR : Length of the Rump
LW : Live Weight
MEA : Millennium Ecosystem Assessment
NS : Non significatif
NU : Nations Unies
OMD : Objectifs du Millénaire pour le Développement
PIB : Produit Intérieur Brut
RGAD : Ressources Génétiques Animales Domestiques
RI : Relative Importance
SNPs : Single Nucleotide Polymorphism
SSET : Station Sahélienne Expérimentale de Toukounous
TP : Thoracic Perimeter
UAM : Université Abdou Moumouni
ULg : Université de Liège
WTA : Willingness To Accept
WTP : Willingness To Pay

Composition du Jury:

Laurent GILLET (Université de Liège, Belgique).....	Président du Jury
Christian HANZEN (Université de Liège, Belgique).....	Membre du Jury
Jean-François CABARAUX (Université de Liège, Belgique).....	Membre du Jury
Jean-Luc HORNICK (Université de Liège, Belgique).....	Membre du Jury
Jean-Paul DEHOUX (Université Catholique de Louvain).....	Membre du Jury
Johann DETILLEUX (Université de Liège, Belgique).....	Membre du Jury
Nathalie KIRSHVINK (Université de Namur, Belgique).....	Membre du Jury
André THEWIS (FUSAGx-Gembloux, Belgique).....	Membre du Comité de Thèse
Pascal LEROY (Université de Liège, Belgique).....	Membre du Comité de Thèse
Frédéric FARNIR (Université de Liège, Belgique).....	Membre du Comité de Thèse
Hamani MARICHATOU (Université Abdou Moumouni, Niger)	Co-promoteur
Nicolas ANTOINE-MOUSSIAUX (Université de Liège, Belgique).....	Promoteur

Remerciements

A l'issue de la rédaction de cette recherche, je suis convaincu que la thèse est loin d'être un travail solitaire. En effet, je n'aurais jamais pu réaliser ce travail doctoral sans le soutien d'un grand nombre de personnes et d'institutions dont la générosité et l'intérêt manifestés à l'égard de ma recherche m'ont permis de progresser dans sa réalisation.

Je remercie tout particulièrement mon promoteur, Nicolas ANTOINE-MOUSSIAUX, et mon co-promoteur, Hamani MARICHATOU, pour m'avoir accompagné pendant ces années d'intenses et passionnantes recherches.

Docteur Nicolas ANTOINE-MOUSSIAUX, qui a dirigé ce travail avec un esprit innovateur et une rigueur scientifique avérée. Merci pour m'avoir formé et supervisé pendant ses années passées dans votre équipe. Grâce à vous, j'ai appris à repousser mes limites et surtout donner le meilleur de moi. Votre rigueur, votre capacité d'analyse des problèmes et vos très nombreuses connaissances m'ont permis de progresser. Vous avez su voir la portée de chaque résultat et comment les interpréter pour en ressortir leur quintessence. Vos nombreuses relectures et corrections de cette thèse ont été très appréciables. Cette thèse vous doit beaucoup, mon cher Maître. Enfin, vos qualités scientifiques et humaines m'ont beaucoup marqué, je vous souhaite longue vie et prospérité. Pour tout cela, merci.

Je remercie le Professeur Hamani MARICHATOU, pour avoir accepté de co-encadrer cette thèse et pour avoir contribué à la mise en œuvre de l'idée du programme de conservation du Koundoum du Niger à la Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni de Niamey dans lequel s'inscrit le présent travail de thèse. Merci pour votre contribution à l'encadrement de ce travail et les sages conseils que vous nous avez toujours prodigués. Je vous remercie également pour votre contribution dans la mise en place du dispositif expérimental de l'étude des caractéristiques de reproduction du mouton Koundoum à la ferme d'élevage de la Faculté d'Agronomie. Cher Professeur, votre accès facile et votre rigueur scientifique m'ont beaucoup marqué. Je vous souhaite longue vie et prospérité. Pour tout cela merci.

Je remercie le Professeur Pascal LEROY, pour avoir accepté mon inscription en thèse à la Faculté de Médecine Vétérinaire de l'ULg et pour m'avoir intégré dans une équipe dynamique et efficace. Merci pour votre générosité et votre soutien qui n'a jamais failli pendant toute la durée de cette thèse et toutes les facilités que vous m'avez offertes pour l'accomplissement de ce travail. Vos qualités scientifiques et humaines et votre disposition à aider m'ont fortement marqué. Je vous souhaite longue vie et prospérité.

Je remercie le Professeur Frédéric FARNIR, pour avoir accepté de participer au comité d'accompagnement de cette thèse et pour ses conseils précieux sur les analyses statistiques de mes travaux. Merci pour votre contribution à l'amélioration de cette thèse. Cher Professeur, votre accès facile, votre courtoisie et votre rigueur scientifique m'ont beaucoup marqué. Je vous souhaite longue vie et prospérité.

Je remercie le Professeur André THEWIS pour avoir accepté de participer au comité d'accompagnement de cette thèse. Cher Professeur, merci pour votre contribution à l'amélioration de cette thèse. Je vous souhaite longue vie et prospérité.

Je remercie le Professeur Laurent GILLET pour l'ouverture d'esprit dont il fait preuve dans sa présidence du Collège de Doctorat, où j'ai eu l'honneur d'être accepté comme candidat. Recevez, cher Professeur, l'expression de mes sincères remerciements et mes salutations distinguées. Je vous souhaite longue vie et prospérité.

Aux professeurs Jean-Paul DEHOUX, Nathalie KIRSHVINK, Christian HANZEN, Johann DETILLEUX, Jean-Luc HORNICK et Jean-François CABARAUX, vous avez accepté de siéger dans le jury de délibération malgré vos multiples occupations, ce qui témoigne de l'intérêt que vous portez à notre travail. Vos observations et suggestions pertinentes ont significativement contribué à l'amélioration de notre travail. Recevez l'expression de mes sincères remerciements et mes salutations distinguées. Je vous souhaite longue vie et prospérité.

Je remercie le Docteur Nassim MOULA pour sa contribution inestimable dans la réalisation de cette thèse. Mon cher Nassim, votre disponibilité, votre disposition à aider ainsi que vos qualités scientifiques et humaines m'ont beaucoup marqué. Merci pour toutes les facilités que vous m'avez offertes pour l'accomplissement de ce travail à toutes ses étapes. Vos observations pertinentes ont beaucoup contribué à l'amélioration de mes travaux. Je vous souhaite longue vie et prospérité.

Je remercie le Docteur Moumouni ISSA de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université de Niamey pour sa contribution dans l'encadrement de mes travaux de terrain au Niger. Je vous souhaite longue vie et prospérité.

Mes remerciements vont également à l'endroit du Docteur Salissou ISSA de l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger pour sa contribution dans la finalisation de cette thèse. Je vous souhaite longue vie et prospérité.

J'ai eu l'opportunité de rencontrer et de bénéficier de l'appui de divers chercheurs et doctorants. Ainsi, j'exprime ma gratitude et mes remerciements à Adam, Algom, Bakary, Benoit, Dan Gomma, Duy, Eveline, Harouna, Idrissa, Karim, Kisito, Kouato, Laura, Luc, Madougou, Mahamadou, Mani, Mourad, Nadine, Safia, Seyni, Sinan, Touré et Younouss pour vos contributions et vos encouragements.

Mes remerciements à tout le personnel du Département des Productions Animales de la Faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Liège.

Je tiens à remercier mes collègues de l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger.

Ce travail de thèse de doctorat n'aurait pas été réalisé si je n'avais pas bénéficié des soutiens financiers de la Coopération Technique Belge (CTB) qui a entièrement financé ma formation et à laquelle j'adresse mes sincères remerciements. J'ai également bénéficié du soutien de l'Académie de Recherche et d'Enseignement Supérieur (ARES) Belgique et du Programme de Productivité Agricole en Afrique en

Afrique de l'Ouest (PPAAO) Niger. Que ces institutions reçoivent ici le témoignage de ma profonde gratitude.

Je tiens à remercier l'Etat du Niger pour m'avoir gratifié d'un enseignement à tous les niveaux et l'Université Abdou Moumouni de Niamey pour sa participation à la cotutelle de cette thèse.

Je tiens à remercier l'Université de Liège, en particulier, le service de Sélection Animale et Economie Rurale de la Faculté de Médecine Vétérinaire de Liège qui a accepté mon inscription en thèse.

Je tiens à remercier l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN) pour nous avoir permis de réaliser une partie de mes travaux sur le noyau de mouton Koundoum de la station zootechnique du CERRA de Kollo.

Merci à ma famille et mes amis : Je tiens à exprimer ma gratitude à mes parents, mes frères et sœurs, mes oncles et tantes, mes cousins et cousines et mes amies, merci pour vos soutiens divers et variés.

Et à tous ceux que je n'ai pas pu citer car la liste serait trop longue, mais qui se reconnaîtront facilement.

Avant-propos

Cette thèse est présentée avec insertion d'articles et comporte six chapitres.

Le chapitre I présente l'introduction générale et une revue de la littérature sur le pourquoi et le comment de la conservation de la biodiversité d'élevage dans les pays en développement avec illustration par le cas du Niger. Il permet de comprendre le contexte et les objectifs du projet de recherche. Ce document est actuellement soumis pour publication.

Le chapitre II est un rapport sur une enquête de terrain menée pour étudier le système de production des ovins et les valeurs socio-économiques et culturelles des agriculteurs dans l'habitat naturel du mouton Koundoum. Ce chapitre présente également des données sur les caractéristiques morpho-biométriques du mouton Koundoum et des formules de régression qui ont été obtenues pour l'estimation du poids vif des moutons Koundoum en utilisant des mensurations linéaires. Les résultats de ces études ont été publiés dans la revue *Journal of Agriculture and Rural development of the Tropics and Subtropics*.

Le Chapitre III étudie les préférences déclarées des éleveurs à travers leur disposition à payer ou à recevoir une compensation pour garder des béliers portant certaines caractéristiques comme reproducteurs. Cette étude a été réalisée à travers une analyse conjointe multi-attributs (approche économétrique de choix virtuels). L'article concernant ces résultats a été soumis pour publication.

Le chapitre IV présente un article qui a été publié dans la *Revue de Médecine Vétérinaire de Toulouse*. Il traite des caractéristiques de reproduction chez le mouton Koundoum du Niger. L'objectif était d'étudier les caractéristiques du cycle œstral chez la brebis et les caractéristiques spermatiques chez le bélier de race Koundoum. Le chapitre V présente une étude sur l'analyse des potentielles parties prenantes du programme de conservation du mouton Koundoum du Niger. L'étude a été réalisée à travers l'application de la méthode Q pour identifier les différents points de vue des répondants sur l'importance de la biodiversité et de sa conservation. L'article relatif à cette étude est actuellement soumis pour publication.

Enfin, le chapitre VI présente la discussion générale, la conclusion et les perspectives.

Chapitre I : Introduction générale et revue de la littérature

Ce chapitre présente l'introduction générale de la thèse et la revue de la littérature sur la conservation de la biodiversité. Il comporte deux points principaux : un premier point consacré à l'introduction où sont abordés successivement le contexte de l'élevage du Niger, et la problématique générale de l'étude et sa contextualisation géographique. Le second point approfondit la justification de la thématique. Les motifs et méthodes de la conservation de la biodiversité domestique y sont développés en s'appuyant sur l'étude du cas du Niger. Ces développements aboutissent à l'exposé des objectifs de l'étude et de la question de recherche.

1. Introduction générale

« Il faut protéger l'inconnu pour des raisons inconnues »

Jean Rostand 1894-1977

1.1 Contexte

Pour être durable, le développement agricole, et donc humain, du Niger se devra indubitablement de reposer sur une exploitation rationnelle de la biodiversité et une amélioration adéquate des ressources génétiques (CPM, 2009). Les Ressources Génétiques Animales Domestiques (RGAD) de ce pays contribuent à hauteur de 30% au produit intérieur brut (PIB) agricole du pays (Laouali *et al.*, 2014). Pour le cas des ovins, sur lesquels se concentre ce travail de thèse, ils représentent après les bovins, le groupe de ruminants le plus important dans l'agriculture, à la fois tempérée et tropicale (Omondi *et al.*, 2008). Ils sont des animaux polyvalents produisant de la viande, du lait, des peaux, de la laine et des fertilisants. Au Niger, ils jouent de multiples rôles dans la vie socio-économique du pays. Ainsi, la pratique de leur élevage permet aux membres des familles des éleveurs d'accéder à des protéines animales à travers l'autoconsommation. Cet élevage constitue un mode d'épargne facilement mobilisable, voire une source de revenus réguliers. En outre, l'élevage des ovins peut être un facteur important d'intégration sociale par les sacrifices des moutons au moment des décès, pour un héritage, une dot de mariage et surtout pour les sacrifices religieux, lors de la fête de Tabaski (Ayantunde, 2008). Leur aptitude à vivre et se reproduire dans les conditions écologiques particulièrement difficiles d'un pays comme le Niger leur confère une importance particulière chez les éleveurs traditionnels et les paysans (Wilson, 1988). Ainsi, ils constituent en général une ressource importante, non seulement pour le secteur économique de l'élevage, mais également pour l'ensemble de l'économie du pays, étant au cœur de la stratégie économique et sociale de bien des ménages.

1.2 Problématique de la thèse

Durant des générations, les produits et les services de la biodiversité des espèces animales et végétales ont durablement pris en charge les économies locales (Gruber, 2011). Ainsi, l'économie de la plupart des pays en développement est basée sur l'agriculture et l'élevage. Dans ce dernier domaine et de manière générale en Afrique, l'attention s'est historiquement portée sur les bovins au détriment des petits ruminants (Bidjeh *et al.*, 1991) et d'autres espèces telles que les camélidés. Cette attention particulière peut se comprendre comme résultant d'une part d'une image valorisée du bovin en tant que signe extérieur de richesse, davantage vecteur de reconnaissance sociale en comparaison des petits ruminants, (processus culturel, endogène) et d'autre part d'une image de modernité, liée à l'intervention étrangère dans le pays dévalorisant le statut producteur du dromadaire en regard de celui du bovin (processus acculturant, exogène). Au Niger, l'effectif de ces camelins dans le cheptel est

d'environ 1,7 millions de têtes à côté desquels on compte 10,7 millions de têtes de bovins, 14,3 millions de têtes de caprins et 10,7 millions de têtes d'ovins (Institut National de la Statistique, 2014). Notons déjà que, les troupeaux étant ordinairement mixtes, le développement de l'élevage au Niger, par le passé et pour le futur, gît dans la complémentarité entre ces espèces, qu'il ne s'agit pas d'opposer dans leurs usages mais bien d'équilibrer dans l'attention qu'elles reçoivent de la part des institutions de recherche, d'enseignement et des soutiens publics.

Dans l'ensemble de ces espèces animales, la diffusion des races à haut rendement et l'uniformisation des modes d'élevage vont de pair avec un abandon des races moins productives valant par leur adaptation au milieu. Ce phénomène de substitution entre races et l'usage non-coordonné du croisement exotique est à la base du phénomène d'érosion des RGAD, observé en Afrique de l'Ouest comme dans le reste du monde (Rege, 1999 ; Rege et Gibson, 2003). Si les maladies et la sous-alimentation contribuent potentiellement aux difficultés de certaines populations de races locales, la cause majeure est donc à chercher dans le choix fait par les éleveurs eux-mêmes et plus précisément dans la large pratique du croisement encouragée par les autorités politiques nationales sous l'impulsion de bailleurs de fonds internationaux.

Concernant l'espèce ovine, quelques sept races sont élevées au Niger mais la grande majorité n'a fait l'objet que de peu d'investigations (figure 1), du fait entre autres du biais souligné ci-dessus. Parmi ces sept races, on distingue quatre races à pelage en poil (Bali-Bali, Oudah, Balami et Touareg) et trois races à pelage en laine (Dane Zaïla et Hadine à l'extrême-est du pays et Koundoum à l'extrême-ouest du pays). Parmi ces dernières, la race Koundoum, principal mouton à laine du pays est pointée par les rapports nationaux comme démontrant une régression inquiétante de ses effectifs (CPM, 2009), dans le berceau-même de la race, sur les bords du fleuve Niger (Rhissa, 2010). Néanmoins, cette régression des effectifs n'est actuellement pas objectivée, les seules données quantitatives disponibles datant d'il y a 40 ans et faisant cas de 30.000 têtes de mouton Koundoum (Toubo, 1975). Il est à souligner toutefois que, pour les races locales à faible extension géographique, la FAO reconnaît l'absence-même de données comme indicateur de risque d'extinction d'une race (FAO, 2012b).

En effet, le principal produit de cette race, que constitue la laine, était jadis utilisé par les habitants de la région du fleuve Niger pour la confection des couvertures de mariage (Richard *et al.*, 1985). Cependant, l'envahissement des marchés locaux par les tapis d'importation a entraîné la perte de la valeur marchande de cette laine (Charray *et al.*, 1980). Cette situation a conduit les éleveurs de cette race à se rabattre sur la spéculation viande, les amenant peu à peu

à mobiliser le croisement afin de produire des animaux mieux conformés (Charray *et al.*, 1980). Les schémas de croisement consistaient à croiser le mouton Koundoum, qui est un mauvais animal de boucherie (Rhissa, 2010), avec les moutons Peuls et Touaregs, deux races de grande taille et de meilleure valorisation bouchère supérieure. Ces croisements ont contribué significativement à la réduction drastique de l'effectif du mouton Koundoum.

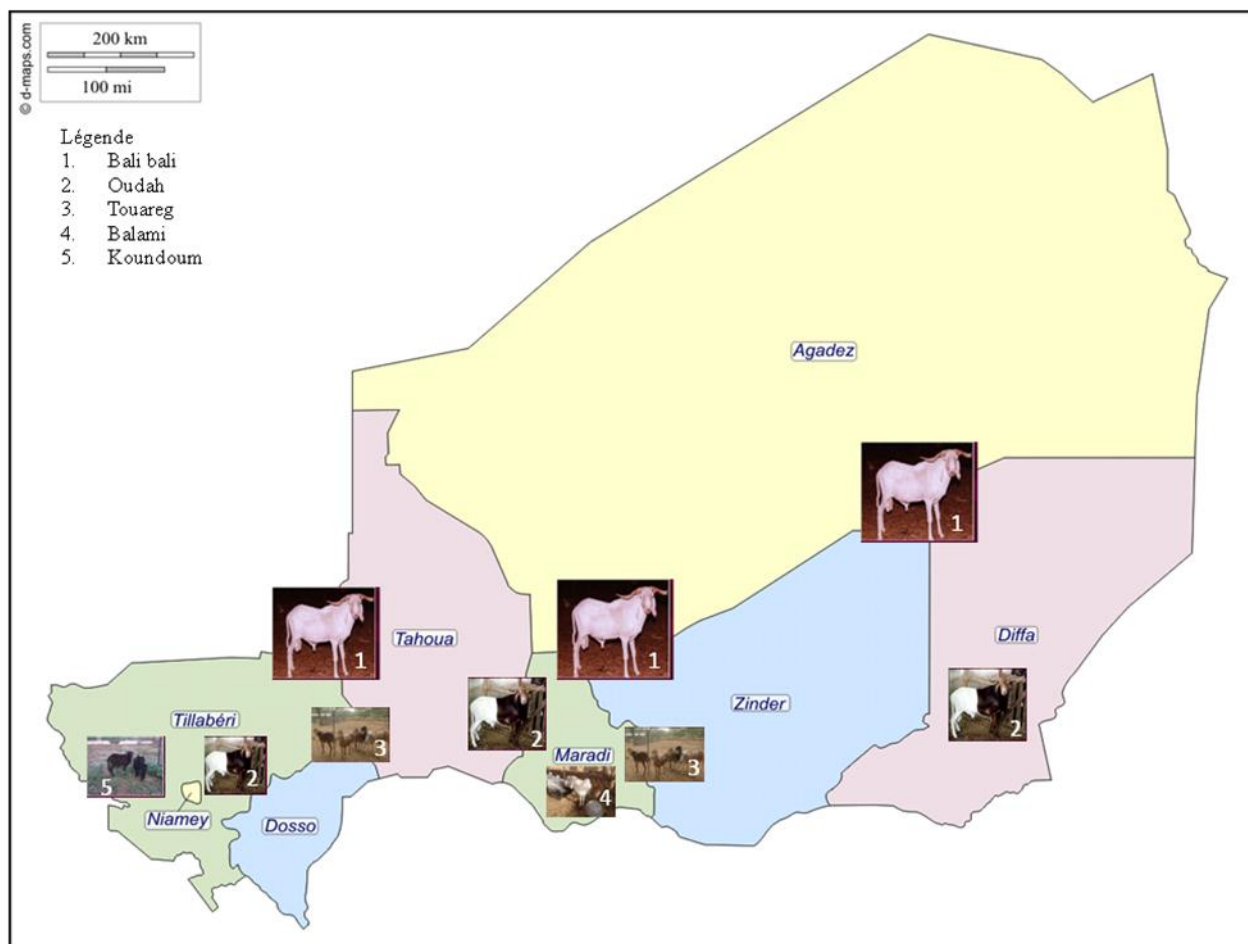


Figure 1: Répartition des différentes races ovines sur le territoire du Niger

1.3 Présentation de la zone d'étude

Le Niger est un pays de l'Afrique de l'Ouest (Figure 2) couvrant une superficie de 1 267 000 km², traversé sur sa partie ouest par le fleuve Niger sur une distance de plus de 500 km. Les observations montrent que deux crues principales affectent ce fleuve chaque année. La première crue prend place lors de la saison des pluies, dans la période de juin à septembre, du fait des précipitations locales. Une deuxième crue a lieu vers la fin de la saison des pluies, à partir d'octobre à mars, quand les masses d'eau provenant du bassin supérieur, qui étaient accumulées dans le delta intérieur, se versent dans le fleuve (ABN, 2015).

La population du Niger était de 17 807 117 habitants en 2013 (INS, 2014) dont les trois quarts (3/4) sont concentrés dans la bande sud à vocation agricole et agro-pastorale. Ces derniers constituent non seulement les activités principales du monde rural, mais également ses principales sources de revenu (Maman *et al.*, 2011). Le Niger est frontalier de l'Algérie et la Libye au nord, le Tchad à l'est, le Nigeria et le Bénin au sud et enfin le Burkina Faso et le Mali à l'ouest (FAO, 2013).



Figure 2 : Carte du Niger avec les pays limitrophes.

<http://www.canalmonde.fr/r-annuaire-tourisme/monde/guides/cartes.php?p=ne>

L'étude a été réalisée plus précisément dans quatre communes de la région de Tillabery (figure 3), correspondant à l'habitat naturel du mouton Koundoum: Kollo, Say, Tera et Tillabery. Cette zone est située géographiquement dans la vallée du fleuve Niger à l'extrême ouest du Niger, entre 14°13' de latitude Nord et 1°27' de longitude Est. Le climat est du type sahélo-soudanien au Sud, et sahélo-saharien au Nord. La moyenne pluviométrique varie de 800 mm à l'extrême Sud du département de Say, à 250 mm dans le Nord de celui de Filingué. Les températures maximales moyennes sont supérieures à 30°C pendant toute l'année avec un premier pic en avril-mai et un deuxième en novembre. Les températures minimales varient entre 15°C (de novembre à février) et 26°C en avril-mai (ABN, 2015). Au cours des 15 dernières années à l'instar des autres régions du pays, la région de Tillabéry a connu quatre années de sécheresse (2001, 2005, 2010 et 2012) qui ont entraîné une baisse des productions fourragères des parcours naturels qui constituent les principales sources d'aliment pour les ovins (Tankari et Mounkaila, 2014).

Les activités économiques de la région sont l'agriculture, l'élevage, la pêche et l'exploitation forestière. L'agriculture et l'élevage constituent les principales activités des populations de

cette région. Les cultures pluviales se pratiquent de juin à septembre, dominées par les céréales, en association ou en monoculture. D'octobre à mars, en contre-saison, la culture maraîchère est pratiquée. La majorité des ménages de la région élèvent également des animaux. Trois systèmes d'élevage y sont décrits : le système sylvo-pastoral extensif, le système agro-pastoral semi-intensif et le système agro-pastoral intensif dans la vallée du fleuve. L'élevage des ovins est caractérisé par deux types de conduite, dans le premier type les moutons utilisent dans la journée le pâturage autour du village sous la conduite des enfants ou du berger (souvent Peulh) qui les ramène au village le soir. Dans le deuxième type, les moutons sont attachés au piquet ou logés dans un parc, souvent sous un hangar, où ils reçoivent leur alimentation à l'auge. En saison sèche, ils reçoivent une alimentation à base de fanes d'arachides ou de niébé, de la paille (stock réalisé à la fin de la saison des pluies) et un complément de concentré. En saison des pluies, certains vont au champ avec les animaux qui seront attachés à une longue corde leur permettant de se déplacer sur un espace restreint. Ils convient également de noter qu'une petite transhumance saisonnière est pratiquée par certains éleveurs qui quittent les îles avec leur mouton pendant la crue de la saison des pluies mentionnés ci haut. Ainsi, ces animaux quittent les îles vers le mois de juin pour ne revenir que vers le mois de septembre.

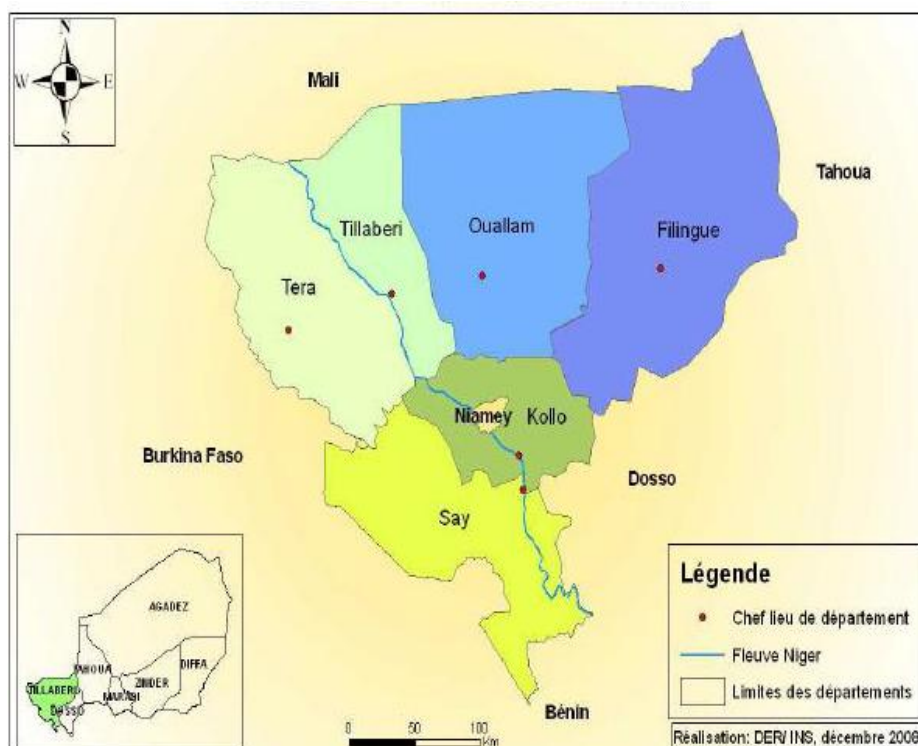


Figure 3. Carte de la région de Tillabery

2. Justification de la thématique et objectifs

2.1. Insertion du sujet de recherche dans les stratégies nationales

Le mouton Koundoum, réputé pour son adaptation à l'humidité de la vallée du fleuve Niger, pour sa production de laine ainsi que son taux de prolificité (160%), dénote une régression inquiétante de son effectif. Pourtant, les races évoluant dans des environnements difficiles et très changeants sont susceptibles de porter des gènes d'intérêt contrôlant des traits d'adaptation, comportementaux, physiologiques et de résistance aux pathogènes (Barker, 1999). Par conséquent, les génotypes de certaines de ces races peuvent être importants pour le développement de systèmes de production animale durables (Barker, 1999) et la conservation de races locales est devenue une priorité (Nations Unies, 1992). Ainsi, chez les ovins, la diversité des environnements de production, la grande importance de l'adaptation à l'environnement des pâturages et la valorisation de la multifonctionnalité de leur élevage requièrent l'utilisation de multiples types génétiques (Notter, 1999).

Ce besoin de conservation concerne également le mouton Koundoum au Niger. En plus des caractéristiques de cette race, telles que citées ci-haut, le besoin de conservation se justifie également par le souci du respect de l'engagement du Niger vis-à-vis de la convention sur la diversité biologique qu'il a ratifié en 1995 (CPM, 2009). Cette convention, en son article 6, engage chacune des parties contractantes, à élaborer des « stratégies, plans ou programmes tendant à assurer la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique » (Nations Unies, 1992). Dans le cadre de la mise en œuvre de la Convention, le Niger a élaboré sa Stratégie Nationale et son Plan d'Actions en matière de Diversité Biologique, conformément aux dispositions de l'article 6 de ladite Convention. Ce plan d'actions constitue le principal outil de mise en œuvre de la convention au niveau national (CPM, 2009). Ainsi pour concrétiser les engagements vis-à-vis de cette convention de nombreux organismes publics nationaux et internationaux se sont engagés à relever le défi de la conservation de la biodiversité et de sa base génétique (Scarpa *et al.*, 2003).

C'est dans ce cadre que l'Université Abdou Moumouni de Niamey, à travers la Faculté d'Agronomie, a initié un programme de recherche en vue d'étudier les voies et moyens permettant de sauvegarder le mouton Koundoum du Niger. Cette race a été qualifiée de race en voie de disparition dans le quatrième rapport national sur la diversité biologique (CPM, 2009). La présente thèse rentre dans le cadre de ce programme. Or, toutes les stratégies de conservation et programmes de mise en valeur des races locales nécessitent de caractériser la population raciale (morphologie, biométrie, reproduction, production), leurs habitats naturels

ainsi que les systèmes de production (FAO, 2008). Par ailleurs, la manière souvent considérée comme la plus efficace de conserver les ressources génétiques est d'aider les agriculteurs à mettre en valeur leurs races et à les utiliser (conservation *in situ*) (Planchenault et Boutonnet, 1997). De plus, au niveau national, les gouvernements ont besoin des données sur les valeurs économiques des races et de leurs caractéristiques dans le cadre du développement des systèmes d'incitation pour les programmes de conservation *in situ* de ces races (Scarpa et al, 2003).

Pour cela, il est nécessaire de comprendre les préférences des éleveurs concernant leurs décisions de gestion des RGAD et de tenir compte des critères adéquats dans le cadre de la conservation. En effet, cette étude des préférences fournit à son tour des indications favorables pour la réussite des programmes de conservation et de gestion durable d'une race (Pattison *et al.*, 2007). En général, tout programme de conservation implique une grande diversité de parties prenantes qui seront amenées à coopérer en vue de la conservation d'une race et donc à faire des choix collectifs (Lauvie *et al.*, 2008).

Au vu de ces constats, la finalité de ce travail est la recherche des bases d'une stratégie pertinente de conservation et d'utilisation durable du mouton Koundoum du Niger. Cela se traduit par des objectifs qui seront abordés dans la partie suivante.

2.2 Motifs de la conservation de la biodiversité d'élevage dans les pays en développement

2.2.1 Les ressources zoogénétiques dans l'agenda international

La biodiversité mondiale comprend entre autres la diversité des animaux domestiques. Au total, 40 espèces animales majeures participent à la satisfaction des besoins de l'humanité (FAO, 2011). La combinaison de la croissance démographique, de la hausse des revenus et de l'urbanisation a engendré une croissance des besoins mondiaux en produits d'origine animale (Fahrenkrug *et al*, 2010). La réponse à cette demande au cours du siècle dernier a été permise notamment par une sélection génétique poussée sur des caractères de productivité et une diffusion des races les plus productives, entraînant une perte de la variabilité génétique au sein des races et l'abandon progressif de races moins productives (Sechi *et al*, 2005). Ce phénomène s'est accentué du fait du développement de l'insémination artificielle et plus généralement par la facilitation du transfert de matériel génétique d'une région géographique à une autre. Ces transferts ont donné lieu à la pratique incontrôlée du croisement améliorateur et au remplacement progressif des stocks locaux par absorption (Henson, 1992). Au cours des dernières décennies, cette diminution de la diversité des animaux de production a été

amplifiée par l'évolution des exigences du marché et l'intensification de l'agriculture (Mara *et al*, 2013). Le changement climatique présente également des impacts, directs et indirects, sur ces ressources zoogénétiques. Les impacts directs consistent en la mort des animaux par l'augmentation des catastrophes telles que les inondations, les sécheresses, et les épidémies faisant suite à ces perturbations environnementales. La survie de races locales à faibles effectifs peut en effet être grandement menacée par des événements produisant de fortes mortalités de manière localisée. Les impacts indirects font référence à la diminution de la quantité et la qualité du fourrage et aux interactions entre l'animal hôte et l'agent pathogène (Philipsson *et al*, 2011).

Pour chaque espèce, le nombre de races que l'on peut rencontrer ne constitue qu'un des indicateurs de sa diversité (Lauvie *et al*, 2007). En effet, une érosion existe également au sein des races locales et est devenue l'une des préoccupations principales des éleveurs (Canon *et al*, 2011). Au-delà de ces éleveurs, le rythme alarmant de ce phénomène fait actuellement du maintien de la biodiversité l'un des plus importants problèmes de l'humanité (Toro and Caballero, 2005). Cette attention internationale est due à l'opportunité qu'offrent ces ressources génétiques dans la satisfaction des besoins actuels et futurs du marché pour l'alimentation, les matières premières, l'emploi, l'énergie et les loisirs (Shrestha *et al*, 2010). Cette situation a été à la base de l'adoption d'une convention sur la diversité biologique à la conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (Sommet de la Terre) à Rio de Janeiro en 1992. Cette convention est renforcée par le protocole de Nagoya qui a été adopté par la Conférence des Parties à la Convention sur la diversité biologique lors de sa dixième réunion, le 29 octobre 2010 à Nagoya, au Japon (CDB, 2010). Ledit protocole prévoit l'accès aux ressources génétiques et le partage juste et équitable des avantages découlant de leur utilisation.

En plus du besoin de réduction de la dégradation des ressources génétiques animales, figurent parmi les objectifs de cette convention, l'établissement des programmes de conservation et d'utilisation durable de ces ressources (Gibson *et al*, 2006). Cependant, la conservation de la biodiversité ne signifie pas uniquement la conservation des espèces, elle englobe la nécessité de maintenir la diversité génétique dans l'habitat naturel des espèces et de leur potentiel évolutif pour répondre aux changements de plus en plus rapide de l'environnement (Stephen et Georges, 2009). Concernant le cas particulier des ressources zoogénétiques domestiques, un Plan d'action mondial pour ces ressources a été adopté en 2007 par 109 délégations de pays lors de la Conférence technique internationale sur les ressources zoogénétiques à Interlaken en Suisse. Ce plan constitue le premier cadre international, approuvé par les pays

membres de la FAO, visant à promouvoir une gestion rationnelle des ressources zoogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture (FAO, 2010). L'engagement pour la conservation des ressources zoogénétiques se justifie également par l'adoption de la Déclaration d'Interlaken sur les ressources zoogénétiques par les délégations citées ci-haut, à travers laquelle les pays ont confirmé leurs responsabilités collectives et individuelles en matière de conservation, d'utilisation durable et de mise en valeur des ressources zoogénétiques (FAO, 2007).

2.2.2 Pourquoi conserver la biodiversité?

La ratification de la Convention sur la diversité biologique (CDB, 1992) représente un consensus international pour préserver la diversité biologique, dont celle des animaux d'élevage et les ressources phytogénétiques. Le maintien de cette biodiversité est dès lors devenu l'un des plus importants problèmes de l'humanité, comme les espèces sauvages, les races domestiques sont en train de disparaître à un rythme alarmant, et un nombre important d'entre elles nécessite une intervention humaine pour garantir leur survie (Toro et Caballero, 2005). Ainsi, de nombreux motifs justifient la conservation de la biodiversité dont les motifs écologiques, socio-culturels ou encore économiques, de subsistance et de précaution.

a. Les motifs écologiques

Le principal argument écologique de la conservation de la biodiversité est que cette dernière est essentielle à l'équilibre des écosystèmes de la planète. L'évapotranspiration des forêts tropicales, le maintien de l'équilibre chimique de l'atmosphère, la fertilité des sols sont liés aux niveaux de la diversité (Blench, 1998). En effet, l'ensemble de la vie sur terre forme un grand système, composé d'éléments interagissant entre eux. Ainsi, toutes les espèces animales et végétales font partie de divers écosystèmes dont la dégradation pose une barrière significative pour la réalisation des Objectifs du Millénaire pour le Développement, introduisant la notion de services environnementaux (MEA, 2005). Chaque élément, sauvage ou domestique, représente donc un maillon indispensable de communautés complexes d'êtres vivants. Par ailleurs, toutes les espèces ne sont pas présentes partout. Elles forment donc localement des associations originales, les biocénoses, contribuant, en interaction avec les caractéristiques du milieu physique, à des écosystèmes ayant des propriétés spécifiques (Bernard, 2005). En matière d'animaux domestiques, le bovin Kouri, élevé sur les berges du lac Tchad et pâturent les terres immergées, constitue un exemple illustratif de telles spécificités hautement localisées (Marichatou *et al.*, 2011).

Par un processus de coévolution, ces espèces entretiennent ainsi entre elles des relations multiples, qui les rendent souvent vitalemment interdépendantes. De ce fait, la disparition de l'une d'entre elles entraîne une simplification et une fragilisation de l'écosystème, voire la disparition d'espèces associées. Généralement, plus un écosystème est diversifié, plus il est productif et stable. Ainsi, selon Bernard (2005), l'analyse écologique montre souvent que « la biodiversité appelle la biodiversité ». Autrement dit, la richesse en espèces d'un groupe donné induit une richesse corrélative d'un groupe ayant des interactions écologiques avec lui. Cette richesse des espèces peut aussi être un moyen permettant à ces écosystèmes de survivre aux chocs extrêmes, notamment climatiques (Blench, 1998). Enfin, selon Simianer (2005), d'un point de vue écologique, la diversité des espèces dans un écosystème est vue comme une barrière contre l'invasion écologique des espèces exotiques. La notion de productivité des écosystèmes naturels, mentionnée ci-dessus, appelle à penser le lien direct entre cette richesse environnementale et le bien-être humain, lui-même lié à la notion de services environnementaux, qui est l'expression utilitariste de la dépendance de l'homme à son environnement.

b. Les motifs économiques et de subsistance

Durant des générations, les produits et les services de la biodiversité ont durablement pris en charge le développement de l'espèce humaine (Gruber, 2011), fournissant à l'homme de la nourriture, des habitations (Wilson *et al.*, 2009) et des vêtements, à travers le coton et les produits animaux comme la laine et les cuirs et peau (Barker, 1999). La conservation des ressources zoogénétiques est tout aussi importante pour la sécurité alimentaire à long terme, par la production de protéines mais également par la fertilisation des sols (Köhler-Rollefson, 2005).

D'une manière générale, le manque de mesures appropriées pour la conservation représente une grande inquiétude, d'autant plus que l'érosion génétique entrainera des pertes qui auront des impacts importants sur les fonctions socio-économiques futures des animaux d'élevage (FAO, 2008). Fort heureusement, ces deux dernières décennies, la conservation de ces animaux a reçu une attention internationale du fait que ces derniers offrent une opportunité de satisfaire les besoins actuels et futurs du marché pour la nourriture dans des contextes de productions diversifiés et en évolution (Shrestha *et al.*, 2010). En général, ces ressources zoogénétiques sont vitales pour le développement économique de la majorité des pays dans le monde. Ainsi, dans les pays en développement, ils jouent un rôle important dans la subsistance de nombreuses communautés (Rege et Gibson, 2003). Concernant les ressources

zoogénétiques, la différence entre la valeur marchande d'une race particulière et sa valeur économique totale pour son propriétaire peut être importante (Roessler *et al*, 2008). Cette valeur économique comporte notamment une valeur dite d'option, faisant référence à l'avantage tiré de la préservation des biens du fait de la simple conservation de la possibilité de leur usage ultérieur (Anderson et Centonze, 2007). Pour une race donnée, cette valeur d'option augmente avec l'unicité de ses caractéristiques, c'est-à-dire la distance génétique avec les autres races et la rareté de ses caractères remarquables, de leur combinaison ou de la race elle-même (Anderson et Centonze, 2007). Si cette dernière est adaptée localement, son utilisation peut être plus gratifiante et durable au sens macro-économique (Simianer, 2005).

c. Les motifs de lutte contre la pauvreté

L'appauvrissement de la diversité biologique risque d'accroître la pauvreté et d'entraver le développement économique et humain (SCDB, 2009), surtout dans les zones agricoles où les populations dépendent directement de la biodiversité pour leurs moyens de subsistance (Anderson, 2003). En général, toutes les communautés rurales pauvres dépendent de cette diversité biologique et des services fournis par les écosystèmes pour leur santé et leur nutrition (SCDB, 2009). La dégradation de ces services environnementaux nuit à ces communautés et est parfois la cause principale de la pauvreté (MEA, 2005). En retour, le manque de moyens pour se procurer des produits de substitution rend ces pauvres particulièrement vulnérables à cette dégradation (SCDB, 2009). Pour Cruber (2011), la détérioration de l'écosystème conduit à une augmentation de la pauvreté. Ainsi, 70% de la population pauvre du monde vit dans des zones rurales et dépend directement de la biodiversité pour sa survie et son bien-être (SCDB, 2009). Par conséquent, la conservation et l'utilisation durable de cette diversité biologique créent des possibilités permettant d'atténuer la pauvreté et d'améliorer le bien-être humain (SCDB, 2009). La pauvreté croissante constitue l'un des plus grands dangers qui menacent ce bien-être et constitue également une réelle menace pour les générations actuelles et futures (SCDB, 2009).

d. Les motifs socio-culturels

La détérioration de l'écosystème conduit à la dislocation et autres perturbations graves des sociétés (Cruber, 2011). Par ailleurs, les races animales domestiques sont liées à la diversité culturelle, avec un lien souvent direct entre les groupes ethniques ou sociaux et des races spécifiques (Köhler-Rollefson, 2005). De nombreux cas d'homonymie entre races animales domestiques et groupes ethniques humains en Afrique étayent cette proposition, comme par

exemple le zébu Peul Bororo du Niger élevé par l'ethnie éponyme. Ces races sont le résultat d'un processus culturel et à ce titre doivent être considérées comme appartenant au patrimoine de l'humanité (Simianer, 2005), patrimoine qui s'est constitué sur 10 à 12 000 ans, depuis le passage de l'humanité de la cueillette et la chasse à l'agriculture et l'élevage, ayant permis la sédentarisation, jusqu'à nos jours. Par conséquent, dans une localité donnée, les différentes espèces et différentes races rencontrées ont souvent acquis des fonctions socio-culturelles précises (Anderson, 2003). Parfois, les éleveurs traditionnels peuvent continuer à garder leurs races par sentiment d'obligation morale et parce que les animaux sont considérés comme sacrés ou parce qu'ils fournissent certaines fonctions rituelles qui ne peuvent être facilement transférées à des animaux exotiques (FAO, 2009a). Les échanges sociaux de bétail à l'intérieur des familles, entre celles-ci ou entre communautés constituent aussi une fonction socio-culturelle souvent dévolue aux seules races locales. Ces échanges peuvent être les paiements liés à la dot et l'abattage pour les fêtes ou des cérémonies traditionnelles religieuses (Rege et Gibson, 2003).

e. L'application du principe de précaution

La plus grande valeur de la biodiversité réside dans les opportunités qu'elle fournit à l'humanité pour s'adapter aux changements locaux et globaux, nous ramenant à la valeur d'option envisagée plus haut (Toro et Caballero, 2005). Une plus grande diversité biologique est une sorte d'assurance biologique car la valeur future des espèces vivantes est impossible à prévoir. C'est ce qu'indiquait le biologiste français Jean Rostand (1894-1977) (Roy, 2014), invitant à « protéger l'inconnu pour des raisons inconnues ». De cette façon, une ressource sans intérêt dans une situation peut être particulièrement utile dans des conditions alternatives (Roosen *et al.*, 2005 ; FAO, 2009a) et l'appauvrissement de la diversité biologique entraînera inévitablement une réduction des choix de développement pour les générations futures. Beaucoup d'efforts de conservation des ressources génétiques sont motivés par le désir de préserver un pool génique diversifié pour un futur incertain (Roosen *et al.*, 2005). Cette diversité génétique est par exemple importante pour la défense contre les agents pathogènes car l'uniformité génétique rend une population vulnérable aux maladies (Keneni *et al.*, 2012). Les plantes et les animaux pourront ainsi s'adapter en permanence aux attaques et à l'évolution rapide des pathogènes (Blench, 1998). Ainsi, des populations d'animaux génétiquement différentes fournissent un plus grand nombre d'opportunités pour vaincre les défis de l'avenir, qu'ils soient associés aux changements environnementaux, à la nouvelle connaissance des besoins nutritifs de l'homme, ou aux menaces de maladies émergentes

(FAO, 2008). Par conséquent, garder un grand nombre d'animaux génétiquement semblables facilite ainsi les flambées de ces maladies (FAO, 2010) et une telle population peut également souffrir d'une dépression génétique (Witzenberger et Hochkirch 2011). Concernant le réchauffement climatique, notons que, selon les projections, celui-ci aggravera lui-même la perte de la biodiversité et augmentera le risque d'extinction de nombreuses espèces, plus particulièrement ceux qui sont déjà à risque en raison de facteurs tels que les faibles effectifs et la réduction de l'habitat (MEA, 2005).

2.3 Comment conserver les ressources génétiques animales domestiques ?

La conservation des ressources zoogénétiques domestiques englobe toutes les activités humaines concernant les stratégies de gestion et des mesures prises pour veiller au maintien de leur diversité (Rege et Gibson, 2003). Ainsi, la conservation des races animales doit aller de pair avec la sécurisation et l'amélioration des moyens de subsistance des populations rurales (FAO, 2009a). Trois types de mesures de conservation peuvent théoriquement se mettre en œuvre: la conservation *in situ*, la conservation *in vivo* et la conservation *ex situ in vitro* (FAO, 2008). La conservation *in situ* (dans le milieu d'élevage d'origine) atteint tous les objectifs de conservation. Elle est la meilleure manière de sauvegarde des populations, mais nécessite une modification en milieu réel des causes de son abandon et bien souvent le financement du manque à gagner pour les acteurs de terrain, lorsque les causes de l'abandon sont financières, c'est-à-dire lorsque l'abandon renvoie au compromis entre développement économique local et conservation de la biodiversité. Compte tenu de cette complexité opératoire et de son coût possiblement élevé, les stratégies de conservation *ex situ in vitro* sont souvent préférées, par la cryoconservation des gamètes et ovocytes fécondés, dans le but de régénérer une population particulière dans l'avenir (Mara *et al*, 2013). Ainsi, selon Köhler-Rollefson (2005), un consensus existerait pour que la conservation *ex situ* reste un moyen de sauvegarde complémentaire à la conservation *in situ* et non la seule voie envisagée.

2.3.1 Les étapes de la mise en place d'un programme de conservation

a. Evaluation de la situation de référence et choix des races à conserver

La première étape de la mise en place d'un programme de conservation est l'identification des races ou populations à conserver. Il est donc nécessaire de définir la situation de référence pour l'ensemble des races ou populations candidates avant d'entreprendre tout programme de conservation (Ibrahim, 1998). Cette situation de référence consiste en premier lieu en une caractérisation, reprenant elle-même différentes phases que sont la caractérisation

morphologique, biométrique, de la production (croissance, reproduction, lait, les œufs, fibres, traction) et des adaptations spécifiques (par exemple, des résistances aux pathologies). Les variantes morphologiques peuvent être associées à des gènes connus, comme la couleur de la robe (Tixier-Boichard, 2008). Pour une caractérisation complète, il est nécessaire d'avoir des données sur la taille de la population, sa structure, sa répartition géographique, les environnements de production et la diversité génétique au sein de chaque race et entre elles (Groeneveld *et al.*, 2010). En plus de ces caractéristiques, l'importance culturelle et l'unicité génétique de la race doivent être documentées (Yakubu et Ibrahim, 2011), ainsi que les processus historiques qui ont généré cette diversité et les processus contemporains qui la maintiennent (Stephen et Georges, 2009).

Selon Welsh *et al.* (2010), l'évaluation de la diversité génétique au sein d'une race constitue une nécessité pour sa conservation. La génétique moléculaire constitue à cet effet un outil très utilisé pour étudier cette diversité génétique chez les espèces domestiques (Yasemin *et al.*, 2013). Parmi les outils à disposition, les marqueurs microsatellites sont des marqueurs d'ADN approprié, fournissant des informations moléculaires utiles pour la caractérisation des races rares (Boettcher *et al.*, 2010). Pour les espèces majeures, les SNPs (Single Nucleotide Polymorphism) sont également un outil largement disponible à des prix en baisse constante. Ces marqueurs jouent actuellement un rôle principal dans les programmes d'amélioration génétique et leur utilisation en recherche génère rapidement un ensemble de nouveaux savoirs, notamment dans l'élucidation des bases génétiques de la productivité et de caractères remarquables (Fernández *et al.*, 2013; Koopae and Koshkoiyeh, 2014). Les récents progrès dans le séquençage d'ADN à haut débit, des logiciels et de la bioinformatique ont rendu l'utilisation des SNPs plus populaires (Fernández *et al.*, 2013). Ces derniers sont ainsi préférés aux microsatellites pour la vérification de la filiation et la sélection génomique en raison de leurs précision et de la rapidité de génotypage, leur faible coût global par génotypage et la facilité d'automatisation (McClure *et al.*, 2013). Ces outils sont ainsi largement mobilisés dans la caractérisation de la diversité d'élevage. Notons à ce stade que l'omniprésence de l'outil moléculaire fait quelque fois oublier la primauté des approches simples et peu chères de caractérisation morpho-biométrique, approches qui, basées sur le phénotype et les mesures en milieu réel, permettent l'implication des acteurs dès les débuts du processus de conservation, voire l'élaboration avec ceux-ci des standards qui présideront à la gestion nouvellement formalisée de la race.

Pour la mise en place d'un programme de conservation, il est ensuite nécessaire de déterminer la valeur de conservation des races pour définir les priorités en matière d'allocation des fonds

et de gestion de la diversité génétique existante. Plusieurs méthodes basées sur l'établissement des priorités de conservation ont été développées pour maintenir des niveaux élevés de variation génétique neutre (Ginja *et al.*, 2013). L'approche initialement développée par Weitzman (1992) a été largement utilisée dans des analyses de populations d'animaux domestiques pour la conservation. Cette méthode utilise une matrice de distances génétiques comme mesure de la diversité entre-races et place ainsi la priorité de conservation sur les races les plus différenciées, à savoir celles qui causent la plus grande réduction dans les longueurs de branches d'un arbre phylogénétique quand ils sont retirés de la métapopulation (Ginja *et al.*, 2013).

b. Analyse des parties prenantes

En général, tout programme de conservation implique une grande diversité de parties prenantes qui seront amenées à coopérer en vue de la conservation d'une race et donc à faire des choix collectifs (Lauvie *et al.*, 2008). Selon la FAO (2008), ces acteurs incluent les gouvernements nationaux, les instituts d'enseignement et de recherche, les ONG, les entreprises de sélection génétique ainsi que les associations d'agriculteurs et d'éleveurs.

Les connaissances, l'expérience et les pratiques de ces derniers peuvent grandement contribuer aux efforts de conservation (Huntington, 2013). Le manque de participation des agriculteurs et d'autres parties prenantes dans le processus de planification des programmes d'amélioration génétique animale et dans la prise de décision est probablement la cause principale de leur échec (Wollny, 2003). La prise en compte des objectifs d'amélioration génétique dans un programme de conservation peut se révéler plus durable que des stratégies dissociées visant à mettre en place des opérations spécifiques de conservation des ressources génétiques (Bernard, 2005). Ainsi, l'intégration de ces programmes dans l'élaboration de la politique nationale est un élément clé pour leur réussite (Wollny, 2003). Par ailleurs, l'étude des préférences des producteurs et des consommateurs concernant le type de race fournit également des indications favorables pour la réussite des programmes de conservation et de gestion durable d'une race (Pattison *et al.*, 2007). Toute une gamme de méthodes participatives pertinentes existe pour étudier ces préférences. Ces méthodes visent principalement à permettre aux éleveurs de classer selon leur préférence les races et leurs attributs, avec ou sans valeur marchande (Tixier-Boichard, 2008). Ces méthodes ont été utilisées tout récemment au Niger par Siddo et collaborateurs (2015) pour étudier les préférences des éleveurs dans le cadre de la diffusion en élevages traditionnels des taureaux de race Azawak sélectionnés.

2.3.2. La conservation *in situ*

La conservation *in situ* se réfère à l'élevage continu d'un ensemble diversifié de populations par les agriculteurs dans les agroécosystèmes où ces populations animales ont évolué (Pattison *et al.*, 2007). Un avantage majeur de cette stratégie de conservation est qu'elle conserve à la fois le matériel génétique et les processus qui ont donné lieu à sa diversité (Pattison *et al.*, 2007). Elle ne constitue néanmoins pas une approche de conservation au sens strict car elle permet l'évolution à la fois du cadre d'élevage et de la race, notamment par sélection animale. De nos jours, de nombreux organismes régionaux et mondiaux, comme la FAO, s'impliquent dans la conservation des ressources génétiques animales dans les élevages (Yakubu et Ibrahim, 2011). Pour Roe et collaborateurs 2009, les modèles de gestion communautaire des ressources naturelles tentent de renforcer au niveau local les institutions responsables de la gestion des ressources naturelles. A ce titre, les communautés locales apportent une contribution substantielle aux efforts mondiaux de conservation et de développement durable (Corrigan et Hay-Edie, 2013). Par ailleurs, la promotion du développement des marchés de niche pour les produits issus de races locales et l'ajout de la valeur aux produits primaires offrent des possibilités importantes pour la réussite de la conservation *in situ* de ces races (FAO, 2009a). En effet, l'abandon d'une race peut relever du manque de compétitivité sur le marché des produits issus du système d'élevage qui l'abrite. La valorisation sur le marché de la différence qualitative du produit concerné peut dès lors contribuer au maintien du système de production, de la race et de l'ensemble socio-culturel ainsi constitué ou auquel ils sont intimement liés. Dans de nombreuses situations, au sein d'un même système de production en voie d'intensification, les animaux de races endogènes sont abandonnés au profit de races exotiques plus productives. Dans ce cas de figure classique, un programme de conservation *in situ* peut consister en un paiement compensatoire aux éleveurs acceptant de conserver des animaux de race endogène malgré leur infériorité économique (Simianer *et al.*, 2003).

2.3.3. La conservation *ex situ*

La conservation *ex situ* comprend la détention d'animaux vivants dans des lieux comme les fermes ou ranchs gouvernementaux (*ex situ in vivo*) et la cryoconservation de la semence, d'ovocytes et d'embryons (*ex situ in vitro*) (Rege et Gibson, 2003). La cryoconservation de la semence est l'un des moyens de stockage de matériel génétique les plus pratiques grâce à son abondante disponibilité et la facilité de son application (Mara *et al.*, 2013). Cependant, durant

la cryoconservation du sperme, de nombreux facteurs peuvent affecter les paramètres physiques et par conséquent la fertilité des spermatozoïdes cryoconservés. Selon Oliveira *et al* (2014), parmi ces facteurs, la composition de la membrane plasmique a un effet essentiel au cours de la cryoconservation. A ce titre, ils rapportent que les espèces ayant une plus grande proportion de cholestérol dans la membrane plasmique des spermatozoïdes ont une sensibilité inférieure aux altérations lors des processus de congélation et décongélation.

La cryoconservation des embryons, quant à elle, est une technique qui requiert une infrastructure dont ne disposent pas la plupart des pays africains (Reist-Marti *et al*, 2005). Il est enfin important de souligner que, pour des raisons de sécurité, la collection des gènes doit être doublée (Mara *et al*, 2013). Cela revient à créer deux sites de stockage dont un site principal et un site secondaire.

Par ailleurs, ces deux techniques de cryoconservation présentent une autre différence majeure portant sur l'usage du matériel conservé. L'embryon cryoconservé représente en effet un génome diploïde complet quand le sperme congelé ne contient que le gamète mâle, haploïde. Ainsi, en cas de disparition d'une race, sa ressuscitation sera plus rapide avec les embryons congelés qui donne l'individu directement. Pour le cas du sperme congelé, la ressuscitation de la race se ferait à l'aide d'inséminations artificielles successives sur une race de la même espèce aboutissant à la race conservée par croisement d'absorption. Outre le fait qu'il soit moins rapide, ce processus reste une ressuscitation imparfaite de la race d'origine.

2.3.4. Programme mixte de conservation *ex situ* et *in situ*

L'adoption de mesures de conservation appropriées permettra aux éleveurs et aux chercheurs d'accéder à un pool génique diversifié pour l'utilisation future (Ginja *et al.*, 2013). Dans la plupart des pays en développement, la conservation *in situ* est la méthode de conservation préférée. Les plus efficaces des mesures de conservation *in situ* se fondent sur des approches agroécosystémiques et devraient théoriquement être établies dans le cadre d'une utilisation durable, sur le plan économique, social et environnemental (FAO, 2007). Elle a l'avantage de permettre la poursuite de la coévolution des ressources génétiques dans le milieu naturel (Pattison *et al.*, 2007).

Comme déjà évoqué, au vu de la complexité des motivations de l'érosion des ressources zoogénétiques, elle ne peut être stoppée par une seule mesure simple. Il est également souvent nécessaire d'associer des mesures *in situ* et *ex situ*. Ces dernières complètent les approches *in situ* et devraient y être liées le cas échéant. Cependant, la capacité de conservation *ex situ* est très variable suivant les pays. Le stockage de matériel génétique destiné à la reproduction est

courant pour certaines races commerciales, mais pas pour toutes les espèces. Cependant, pour les races locales, la collecte et le stockage de matériel zoogénétique ont été insuffisants. Dans ces circonstances, il est important de soutenir la collecte ciblée et planifiée de ressources zoogénétiques et de développer les activités de conservation *ex situ*.

La réussite d'un tel programme nécessite, selon le plan d'action mondiale pour les ressources zoogénétiques de la FAO (2007), un certain nombre d'actions selon le type de mesure de conservation. Ainsi, pour le volet *ex situ*, il est recommandé d'établir ou de renforcer les installations nationales et régionales de conservation *in vitro*, en particulier celles de stockage cryogénique. Des modalités propres à faciliter l'utilisation du matériel génétique entreposé dans des banques de gènes *in vitro* selon des dispositifs justes et équitables de conservation, d'accès et d'utilisation des ressources zoogénétiques doivent être établies. Élaborer et mettre en œuvre des mesures pour protéger les collections *in vitro* de la disparition de la diversité génétique due à des foyers de maladies et d'autres menaces, en particulier en établissant des échantillons de secours. Ensuite, identifier les lacunes de collections *in vitro* et les combler. Et enfin, procéder à la mise au point des procédures pour la reconstitution du matériel génétique prélevé dans les banques de gènes, en établissant systématiquement des liens avec les populations vivantes, ou en établissant des populations *ex situ in vivo* de races à risque, en dehors des exploitations, par exemple dans des zoos et des parcs.

La réussite du volet *in situ* nécessite l'évaluation des facteurs responsables de l'érosion des ressources zoogénétiques et formuler des interventions adaptées. Ensuite, établir des systèmes d'information, ou renforcer les systèmes établis, sur les méthodes de sélection animale et sur différentes banques de gènes, qui ont des incidences sur la diversité zoogénétique. Enfin, proposer et encourager des incitations pour les producteurs et les consommateurs, afin qu'ils conservent les ressources zoogénétiques menacées, conformément aux évaluations des divers pays, sous réserve que ces incitations soient conformes aux accords internationaux en vigueur. En définitive, la combinaison des mesures de conservation *in situ et ex situ* permet de conserver les races menacées et d'empêcher que d'autres le deviennent (FAO, 2007).

2.4. Cas de la conservation des ressources zoogénétiques au Niger

2.4.1 Le contexte en évolution de l'élevage nigérien

En tout lieu du globe, la diversité des races animales est attachée à la diversité des systèmes d'élevages. La typologie générale des modes d'élevages révèle au Niger quatre systèmes principaux. Il y a tout d'abord le système d'élevage pastoral qui se présente sous la forme de l'élevage nomade et de l'élevage transhumant. Ensuite, le système d'élevage agropastoral

compte deux variantes dont une à dominante pastorale et l'autre à dominante agricole. Une troisième catégorie rassemble l'élevage urbain et péri-urbain, largement pratiqué comme activité secondaire par des personnes dont les revenus proviennent d'autres activités (typiquement des commerçants ou des fonctionnaires). Un dernier système est le système de ranching, qui ne concerne au Niger que les centres d'élevage étatiques.

Les caractéristiques de ces systèmes d'élevage font que la principale source alimentaire des espèces animales est constituée par le pâturage naturel et les résidus de récoltes. Cette dépendance du bétail vis-à-vis des pâturages pour son alimentation l'expose aux aléas climatiques. Ainsi, la productivité des ruminants dépend fortement de la valeur nutritive des pâturages et de leurs variations saisonnières (Maty *et al.*, 2006). Les sécheresses successives, la déforestation, l'érosion éolienne et hydrique ont contribué à détruire l'équilibre de la diversité biologique. Ainsi, au Niger, plusieurs phénomènes ont été à la base de la réduction du potentiel fourrager. Au premier rang figurent les grandes sécheresses qui ont touché le pays au cours des années 1970. En outre, une réduction des aires de pâturage résulte actuellement de l'extension vers le nord des zones culturales pluviales (compétition agriculture-élevage). La disparition des jachères et la mise en cultures des couloirs de passage des animaux rétrécissent considérablement l'espace pastoral disponible. Du fait de ce rétrécissement et dans les zones plus densément occupées, telles que l'abord des villes ou des zones proches de points d'eau importants, le surpâturage participe à la réduction de la quantité des fourrages disponibles.

Dans de nombreuses régions du pays, on remarque dès lors la disparition des fourrages les plus appréciés au profit d'espèces végétales de qualité alimentaire médiocre telle que l'espèce *Sida cordifolia*. La combinaison de ces phénomènes à la croissance démographique entraîne une diminution des aires de pâturages et de la complémentarité entre éleveurs et agriculteurs (FAO, 2012a).

L'accès au fleuve Niger constitue également un maillon important de la chaîne de pâturage annuelle, notamment par l'utilisation des réserves fourragères de saison sèche, principalement constituées d'*Echinocloa stagnina* (appelées bourgoutières) (IEMVT, 1991). Cependant, la mise en valeur agricole de ces espaces pastoraux stratégiques à travers les cultures de contre-saison et les aménagements hydro-agricoles, qui n'ont pas suffisamment intégré l'élevage dans leur plan d'aménagement, ont privé l'élevage de ressources-clés (FAO, 2012a). En outre, de nos jours la productivité de ces bourgoutières est également gravement affectée par l'apparition d'espèces aquatiques envahissantes non appréciées par les animaux, notamment l'*Eichhornia crassipes* (jacinthe d'eau) (Hamadou *et al.*, 2015). Une situation similaire est

observée à l'extrême Est du pays du fait du rétrécissement des eaux du lac Tchad qui constitue l'écosystème naturel du bovin Kouri mettant ainsi en danger l'existence de ce dernier (Tallah *et al.*, 2015). Ainsi, pour faire face à cette rareté et à la variabilité spatio-temporelle des ressources fourragères, les éleveurs pratiquent traditionnellement la mobilité (FAO, 2012a). Cette mobilité permet également d'éviter les conflits avec les agriculteurs cités ci-haut et de bénéficier des marchés pour la vente du lait et/ou des animaux.

2.4.2 Diversité génétique animale au Niger et programmes nationaux

Par la diversité de ses systèmes pastoraux et agro-pastoraux, le Niger regorge d'une grande diversité des races des principales espèces domestiques. Ainsi, nous distinguons parmi les camelins quatre races de dromadaires : Azawak, Yoria, Azarghaf et Manga. Chez les bovins, à savoir les taurins (*Bos taurus*) et le zébu (*Bos indicus*), se retrouvent six races, dont cinq races de zébu (Azawak, Bororo, Djelli, Peul blanc et Gudali) et une race taurine (Kouri). Les caprins sont représentés par deux races principales : la chèvre rousse de Maradi et la chèvre du Sahel. Les ovins sont quant à eux constitués de quatre races de moutons à poil (Oudah, Ara-Ara ou Targui, Bali-Bali et Balami) et de trois races de moutons à laine (Dane-Zaila, Hadine et Koundoum).

Ainsi, parmi ces races animales, certaines ont fait l'objet d'une attention particulière de la part des autorités politiques du Niger dans le cadre de la gestion des ressources zoogénétiques. De façon générale, c'est sur la conservation *ex situ in vivo* que se sont basés tous les programmes nigériens initiés par l'Etat, à travers l'élevage des animaux dans les stations et centres d'élevage (CPM, 2009). Les programmes qui se sont révélés pérennes ont concerné les bovins et les caprins. Parmi ces initiatives un cas emblématique en est la Station Sahélienne Expérimentale de Toukounous (SSET), créée en 1931 par le pouvoir colonial pour l'élevage et la sélection pour l'uniformité de la robe (fauve) et la production laitière du zébu Azawak (Abdou, 2014). Un second exemple est le Centre Caprin de Maradi (CCM), créé en 1962 par l'Etat récemment indépendant, à Maradi pour la sélection sur la couleur de la robe (rousse) et la diffusion en milieu rural sédentaire de la chèvre rousse connue pour sa prolificité et la qualité de sa peau (Abdou, 2014). La concentration des efforts du CCM sur la sélection basée sur la couleur de la robe a suscité la conduite d'une étude de la part de Oumara (1989) pour analyser les effets des principaux facteurs environnementaux sur les paramètres de croissance, en vue de faire des recommandations pour améliorer le mode de gestion du troupeau tenant compte des objectifs de production de viande.

Contrairement au CCM, la SSET, en sus du critère de l'uniformité de la robe, a mis l'accent sur l'amélioration de la production de lait et la croissance des zébus Azawak. La station de Toukounous a également bénéficié de l'installation en 2001 d'un laboratoire moderne de production de semence et d'insémination artificielle. Ce laboratoire est le fruit d'une collaboration entre l'Etat du Niger, à travers la SSET et l'Université de Niamey, et l'Université de Turin, Italie. Grâce à ce laboratoire, des essais de conservation *ex situ in vitro* sont effectués par la Faculté d'Agronomie de l'Université de Niamey en collaboration avec la SSET par cryogénisation de la semence des taureaux Azawak pour la production d'une banque de semences.

En plus de ces deux programmes majeurs, il est également important de mentionner, compte tenu de la situation particulière de la race, la création en 1979 du centre d'élevage de bovin Kouri, à Sayam dans la région de Diffa. Cette race représente la seule race taurine du pays et connaît de nos jours une régression inquiétante de son effectif dans le pourtour du lac Tchad qui constitue son habitat naturel (CPM, 2009). Cette situation a suscité la création d'une Organisation Non Gouvernementale dénommée « ONG Kouri » pour mener des actions allant dans le sens de la sauvegarde de cette race dans la région de Diffa. Une des actions de cette structure s'est basée entre les années 2004 et 2006 sur la stratégie de la conservation *in situ* de la race par les éleveurs (Madou, 2006). Cette opération s'est traduite concrètement sur le terrain par l'aménagement des aires de pâturages alors dégradés et la formation des éleveurs sur la gestion des pâturages. Illustrant la complexité des mesures de conservation *in situ*, cette initiative n'a pu enrayer durablement le processus de disparition de la race.

2.4.3 Observations sur le processus de gestion des ressources zoogénétiques

En dehors de l'exemple du bovin Kouri, qui est un animal emblématique qui a su susciter une attention certaine, l'examen de la situation du Niger nous montre que la motivation à la base de la création et la maintenance des différents centres d'élevage est davantage basée sur une motivation économique que sur le souci de la préservation de la biodiversité des animaux domestiques. De cette motivation-même résulte une absence de planification d'ensemble, pour l'examen détaillé du statut de la diversité, la décision de priorisation des races à conserver et la mise en place des programmes adaptés, tel que proposé ci-haut.

Ainsi, de nombreuses races potentiellement importantes sont négligées de ces programmes. Pour exemple, le mouton Koundoum qui représente la principale race de mouton à laine du Niger et dont l'unicité est donc avérée, du moins nationalement, était pointée depuis longtemps comme en forte régression de son effectif (estimé à 30.000 têtes depuis 1975 par

Toubo) avant que des motivations de conservation puissent effectivement mobiliser l'appareil étatique (CPM, 2009). A nouveau, l'allocation des fonds vers ce programme ne résulte néanmoins pas d'un examen complet de l'état de la biodiversité et d'une priorisation basée sur des faits. En particulier, les autres races de moutons du pays et de la sous-région devraient être prises en compte afin de compléter l'argumentaire et d'assurer le bien-fondé d'efforts de conservation du mouton Koundoum. En particulier, les distances génétiques avec le mouton Macina, qui est un mouton à laine également élevé sur les berges du fleuve Niger mais plus en amont, au Mali, devraient être évaluées. En effet, la prise en compte de la spécificité des races transfrontalières constitue un facteur important dans la planification des stratégies de conservation et gestion des ressources zoogénétiques domestiques. A ce sujet, le nouveau système de classification racial développé pour l'État des Ressources Zoogénétiques pour l'Alimentation et l'Agriculture dans le Monde (FAO, 2009b), fait une distinction primaire entre les races retrouvées dans un seul pays, dénommées races « locales » et celles présentes dans plus d'un pays, qualifiées de races « transfrontalières ». À l'intérieur de la catégorie des races transfrontalières, une distinction supplémentaire est réalisée entre les races transfrontalières « régionales », présentes dans plus d'un pays d'une même région (qui est donc le cas des moutons à laine du bassin du fleuve Niger), et les races transfrontalières « internationales », retrouvées dans plus d'une région.

2.5 Objectifs

L'objectif global de ce travail est la recherche d'une stratégie de conservation pertinente pour le mouton Koundoum au Niger. Il s'agira de manière spécifique d'étudier d'abord les caractéristiques morphobiométriques et le système de production du mouton Koundoum, ensuite d'étudier les préférences des éleveurs de la région du fleuve Niger concernant les caractéristiques des béliers reproducteurs par l'utilisation d'une méthode économétrique, ensuite de déterminer les caractéristiques de reproduction du mouton Koundoum et enfin de procéder à l'analyse des parties prenantes potentielles du programme de conservation du mouton Koundoum.

2.6 Question de recherche

Quelle est la stratégie de conservation la plus pertinente pour le mouton Koundoum dans le contexte socioéconomique actuel du Niger ?

Références

ABDOU H. : Complémentation précoce en colostrum de vache Azawak chez la chèvre rousse de Maradi au Niger, 152 pages, Faculté de Médecine Vétérinaire de Liège, Liège, 2014.

AUTORITÉ DU BASSIN DU NIGER (ABN). Caractérisation des eaux souterraines de la région de Niamey, Niger. Rapport N° 2 du projet Appui à l'Autorité du Bassin du Fleuve Niger pour la Gestion des Eaux Souterraines. 2015, 67p.

AYANTUNDE A A., FERNANDEZ-RIVERA S., DAN-GOMMA A. Sheep Fattening with Groundnut Haulms and Millet Bran in the West African Sahel. *Revue Élev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 2008, **61**, 215-220.

BARKER J.S.F.: Conservation of livestock breed diversity. *A.G.R.I.*, 1999, **25**, 33-43.

BERNARD C L. : Les enjeux de la biodiversité animale .*Bull. Acad. Vét.*, 2005, France-Tome 158 - N°2.

BIDJEH K., GANDA K., DIGUIMBAYE C. Variole caprine au Tchad : étude du pouvoir pathogène du virus chez les ovins et les caprins. *Revue Élev Méd vét Pays trop.*, 1991, **44**(1): 33-36.

BLENCH R.: Biodiversity conservation and its opponents. *Nat .Resour.Persp.*, 1998, Num **32**.

BOETTCHER P. J., TIXIER-BOICHARD M., TORO M.A., SIMIANER H., EDING H., GANDINI G., JOOST S., GARCIA D., COLLI L., AJMONE-MARSAN P.: Objectives, criteria and methods for using molecular genetic data in priority setting for conservation of animal genetic resources. *Anim. Genet.*, 2010, **41**, 64–77.

CANON J., GARCIA D., DELGADO J. V., DUNNER S., TELO DA GAMA L., LANDI V., MARTIN-BURRIEL I., MARTINEZ A., PENEDO C., RODELLAR C., ZARAGOZA P.,

GINJA C.: Relative breed contributions to neutral genetic diversity of a comprehensive representation of Iberian native cattle. *Animal.*, 2011, 5, 1323–1334.

CHARRAY, D., COULOUMB, J., HAUMESSER, J. B. & PLANCHENAULT, D. Les petits ruminants d'Afrique centrale et d'Afrique de l'ouest synthèse des connaissances actuelles. IEVMT, Maisons-Alfort., 1980, 295 p.

CONVENTION SUR LA DIVERSITE BIOLOGIQUE (CDB). : Le Protocole de Nagoya sur l'accès et le partage des avantages. 2010. URL :www.cbd.int/abs/. Consulté le 30/09/2015.

CORRIGAN C., HAY-EDIE T.: 'A toolkit to support conservation by indigenous peoples and local communities: building capacity and sharing knowledge for indigenous peoples' and community conserved territories and areas. 2013. (ICCAs)' UNEP-WCMC, Cambridge, UK.

CPM (Cabinet du premier Ministre). Quatrieme rapport national sur la Diversité Biologique. Niamey; 2009.

FAHRENKRUG S.C., BLAKE A., CARLSON D.F., DORAN T., VAN EENENNAAM A., FABER D., GALLI C., GAO Q., HACKETT P.B., LI N., MAGA E. A., MUIR W. M., MURRAY J. D., SHI D., STOTISH R., SULLIVAN E., TAYLOR J. F., WALTON M., WHEELER M., WHITE LAW B., GLENN B.P.: Precision genetics for complex objectives in animal agriculture. *J. Anim. Sci.*, 2010, **88**, 2530-2539.

FAO. 2007. Plan d'action mondial pour les ressources zoogénétiques *et la* déclaration d'interlaken. commission des ressources génétiques pour l'alimentation et l'agriculture l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture rome, 2007.

FAO. 2008. L'état des ressources zoogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde, édité par Barbara Rischkowsky et Dafydd Pilling. Rome.

FAO. 2009a. Livestock keepers – guardians of biodiversity. Animal Production and Health Paper. No.167. Rome.

FAO. 2009b. Elaboration de systèmes d'alerte et d'intervention rapides par pays pour les Ressources Zoogénétiques. Groupe de travail technique gouvernemental sur les ressources zoo génétiques pour l'alimentation et l'agriculture. Cinquième session, Rome, 2009.

FAO. 2010. Animal Genetic Resources, 2010, 47, iii. © Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010.doi:10.1017/S2078633610001177

FAO., 2011. Draft guidelines on phenotypic characterization of animal genetic resources.CGRFA-13/11/Inf.19. Rome.

FAO. 2012a. La transhumance transfrontalière en Afrique de l'Ouest Proposition de plan d'action.URL :http://www.interreseaux.org/IMG/pdf/Transhumance_Transfrontalier_en_AO_Rapport_FAO.pdf. Consulté le 10 octobre 2015.

FAO.2012b. Objectifs et indicateurs relatifs aux ressources zoogénétiques. CGRFA/WG-AnGR-7/12/7.

FAO.2013. Le Niger : Géographie, climat et population. URL:
http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/NER/NER-CP_fra.pdf. Consulté le 12/01/2015.

FERNÁNDEZ M.E., GOSZCZYNSKI D.E., LIRÓN J.P., VILLEGAS-CASTAGNASSO E.E., CARINO M.H., RIPOLI M.V., ROGBERG-MUÑOZ A., POSIK DM, PERAL-GARCÍA P, GIOVAMBATTISTA G.. Comparison of the effectiveness of microsatellites and SNP panels for genetic identification, traceability and assessment of parentage in an inbred Angus herd. *Genet. Mol. Biol.*, 2013, **36**, 185-191.

GIBSON J., GAMAGE S., HANOTTE O., IÑIGUEZ L., MAILLARD J.C., RISCHKOWSKY B., SEMAMBO D, TOLL J.: Options and Strategies for the Conservation of Farm Animal Genetic Resources: Report of an International Workshop (7-10 November 2005, Montpellier, France). 53 pages.CGIAR System-wide Genetic Resources Programme (SGRP)/ Bioversity International, 2006, Rome, Italy.

GINJA C., GAMA L.T., CORTES Ó., DELGADO J.V., DUNNER S., GARCÍA D., LANDI V., MARTÍN-BURRIEL I., MARTÍNEZ-MARTÍNEZ A., PENEDO M.C.T., RODELLAR

C., ZARAGOZA P., CAÑON J.: Analysis of conservation priorities of Iberoamerican cattle based on autosomal microsatellite markers. *Genet. Select. Evol.* 2013., **45**:35.1-18.

GROENEVELD L. F., LENSTRA J. A., EDING H., TORO M. A., SCHERF B., PILLING D., NEGRINI R., FINLAY E. K., JIANLIN H., GROENEVELD E., WEIGEND S.. Genetic diversity in farm animals – a review. *Anim. Genet.* 2010., **41**, 6–31.

GRUBER J.S.: Perspectives of Effective and Sustainable Community-based Natural Resource Management: An Application of Q Methodology to Forest Projects. *Conservat. Soc.* 2011., **9**, 159-171.

HAMADOU I., MOULA N., SIDDO S., MARICHATOU H., ISSA M., LEROY P., ANTOINE-MOUSSIAUX N.: The Koundoum sheep breed in Niger: morpho-biometric study and description of the production system . *J. Agr. Rural. Develop. Trop. Subtrop.* 2015., **116**, 49–58.

HENSON E.L.: *In situ* conservation of livestock and poultry. FAO animal production and health paper 99. 1992.

HUNTINGTON H.P.: Local Knowledge as a Resource for Nepal: Building Partnerships with Scientists and Conservationists. *Conserv. Sci.* 2013., **1**, 1–4.

IBRAHIM H.: Small Ruminant Production Techniques, 207 pages, ILRI Manual 3. ILRI (International Livestock Research Institute), Nairobi, Kenya. 1998.

IEMVT. Pâtures tropicaux et cultures fourragères. Jouve: Paris, 1991, 266 p.

Institut National de la Statistique (INS). 2014. Le Niger en chiffre. URL: http://www.statniger.org/statistique/file/Affiches_Depliants/Nigerenchiffres2014def.pdf. Consulté le 10/01/2015.

KENENI G., BEKELE E., IMTIAZ M., DAGNE K.: Genetic Vulnerability of Modern Crop Cultivars: Causes, Mechanism and Remedies. *Int. J. Plant. Res.* 2012., **2**, 69-79.

KÖHLER-ROLLEFSON, I.: Building an International Legal Framework on Animal Genetic Resources Can it help the drylands and food-insecure countries? Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Eschborn, Germany. 2005.

KOOPAE H.K., KOSHKOIYEH A.E.: SNPs Genotyping Technologies and Their Applications in Farm Animals Breeding Programs: Review. *Braz. Arch. biol. technol.* 2014., **57**, 87-95.

LAOUALI A., YAMBA B., CHABI T.R., LABAILLY P. Essai de synthèse de rôles de l'élevage pastoral au sahel et en Afrique de l'Ouest. Annales de l'Université Abdou Moumouni Numéro spécial 2014.

LAUVIE A., CASABIANCA F., VERRIER É., AUDIOT A., BRIVES H. : Gestion des populations animales à petits effectifs. Accès aux dispositifs par l'analyse des controverses. *Nat. Sci. Soc.* 2007., **15**, 154-161.

LAUVIE A., DANCHIN-BURGE C., AUDIOT A., BRIVES H., CASABIANCA F., VERRIER E.: A controversy about crossbreeding in a conservation programme: The case study of the Flemish Red cattle breed. *Livest. Sci.* 2008., **118**, 113–122.

MADOU A. : Projet d'appui à la protection du potentiel fourrager (*Ipomea aquatica*) pour préserver la race bovine Kouri dans la communauté rurale de Gadir (Lac Tchad). 2006.URL: http://sgp.undp.org/index.php?option=com_sgpprojects&view=projectdetail&id=8344&Itemid=205. Consulté le 02/10/2015.

MAHAMAN K. BARAGE M. BALLA A. ADAMT. YAMBA B. Influence des fluctuations pluviométriques sur la saison agricole dans la zone géographique de Mayahi et Aguié au Niger. *Rev. Cames - Série A.*, 2011, **12**, 170-175.

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

MARICHATOU H., NERVO T., SEMITA C., ISSA M., ABDOU M. : Evaluation des paramètres reproductifs et zootechniques de la race taurine Kouri au Niger (résumé d'une communication). In : 6e Colloque international« TURIN SAHEL » : Contribution des savoirs endogènes au développement de la santé humaine, animale et à la conservation de la biodiversité, 28 février-02 mars 2011, Abomey Calavi. Bénin. 72 pages.

MATY B.D., FALL A.A., SALL C., DIAW O.T. Influence de la complémentation alimentaire et du déparasitage interne sur le développement économique de la production laitière des vaches Gobra en zone sahélienne du Sénégal. *Tropicultura*. 2006; **24**(1): 51-7.

MCCLURE M.C., SONSTEGARD T., WIGGANS G.R., VANEENENNAAM A.L., WEBER K.L., PENEDO C.T., BERRY D.P., FLYNN J., GARCIA J.F., CARMO A.S., REGITANO L.C.A., ALBUQUERQUE M., SILVA M.V.G.B., MACHADO M.A., COFFEY M., MOORE K., BOSCHER M-Y., GENESTOUT L., MAZZA R., TAYLOR J.F., SCHNABEL R.D., SIMPSON B., MARQUES E., MCEWAN J.C., CROMIE A., COUTINHO L.L., KUEHN L.A., KEELE J.W., PIPER E.K., COOK J., WILLIAMS R.: Imputation of microsatellite alleles from dense SNP genotypes for parentage verification across multiple Bos taurus and Bos indicus breeds. *Front Genet*. 2013., **Vol 4** article 176.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT.: Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC. 2005.

MOCÉ E., TOMÁS C., BLANCH E., GRAHAM J.K.: Effect of cholesterol-loaded cyclodextrins on bull and goat sperm processed with fast or slow cryopreservation protocols. *Animal*. 2014., **8**, 771–776.

MOTAMEDI-MOJDEHI R., ROOSTAEI-ALI M.M., RAJABI-TOUSTANI R.: Effect of Different Levels of Glycerol and Cholesterol-Loaded Cyclodextrin on Cryosurvival of Ram Spermatozoa. *Reprod. Dom. Anim*. 2014., **49**, 65–70.

MUINO-BLANCO T., PEREZ-PE R., CEBRIAN-PEREZ J.A.: Seminal Plasma Proteins and Sperm Resistance to Stress. *Reprod.Dom. Anim*. 2008., **43**, 18–31.

NATIONS UNIES. Convention sur la diversité biologique.1992. URL : <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-fr.pdf> (Consulté le 29/05/2014).

NOTTER D.R. The importance of genetic diversity in livestock populations of the future. *J Anim Sci* 1999. 77:61-69.

OLIVEIRA R.R., RATES DM., PUGLIESI G., KER P.G., ARRUDA R.P., MORAES E.A., CARVALHO G.R.:Use of Cholesterol-Loaded Cyclodextrin in Donkey Semen Cryopreservation Improves Sperm Viability but Results in Low Fertility in Mares. *Reprod. Dom.Anim.* 2014., **49**, 845–850.

OMONDI I., BALTENWECK I., DRUCKER A.G., OBARE G., ZANDER K. K. Economic valuation of sheep genetic resources: implications for sustainable utilization in the Kenyan semi-arid tropics. *Trop Anim Health Prod.*, 2008, **40**, 615–626.

OUMARA A.D. : Facteurs influant les poids a âge-types des chèvres rousses de Maradi en station au Niger. In Wilson R T and Azeb M (eds). 1989. *African small ruminant research and development*. ILCA, Addis Ababa, Ethiopia.

PATTISON J., DRUCKER A. G., ANDERSON S. The cost of conserving livestock diversity? Incentive measures and conservation options for maintaining indigenous Pelón pigs in Yucatan, Mexico. *Trop Anim Health Prod.*, 2007, **39**, 339–353.

PHILIPSSON J., ZONABEND E., BETT, R.C., OKEYO A.M.: Global perspectives on animal genetic resources for sustainable agriculture and food production in the tropics In: Animal Genetics Training Resource, version 3, 2011. Ojango, J.M., Malmfors, B. and Okeyo, A.M. (Eds). International Livestock Research Institute, Nairobi, Kenya, and Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.

PLANCHENAULT D., BOUTONNET J.P. Conservation de la diversité des ressources génétiques animales dans les pays d’Afrique francophone sub-saharienne. *AGRI*. 1997; **21**: 1-22.

REGE J. E. O. The state of African cattle genetic resources I. Classification framework and identification of threatened and extinct breeds. *A G R I.*, 1999, **25**, 1–25.

REGE J. E. O., GIBSON, J. P. Animal genetic resources and economic development: issues in relation to economic valuation. *Ecol Econ.*, 2003, **45**, 319–330.

REIST-MARTI S.B., ABDULAI A., SIMIANER H.: Conservation programmes for African cattle: design, cost and benefits. *J. Anim. Breed. Genet.* 2005., **122**, 95–109.

RHISSA Z. Revue du secteur de l'élevage au Niger (Rapport provisoire réalisé par : FAO/SFW). 2010, 115p.

RICHARD D., HUMBERT F., DOUMA A. Essais d'alimentation de moutons au Niger. Maisons- Alfort., 1985. 142 p.

ROE D., NELSON, F., SANDBROOK, C. (eds.): Community management of natural resources in Africa: Impacts, experiences and future directions, Natural Resource Issues No. 18, International Institute for Environment and Development, London, UK. 2009.

ROESSLER R., DRUCKER A.G., SCARPA R., MARKEMANN A., LEMKE UTE., THUY LE T., VALLE ZÁRATE A.: Using choice experiments to assess smallholder farmers' preferences for pig breeding traits in different production systems in North–West Vietnam. *Ecol. Econ.* 2008., **66**, 184–192.

ROOSEN J., FADLAOUI A., BERTAGLIA M.: Economic evaluation for conservation of farm animal genetic resources. *J. Anim. Breed. Genet.* 2005., **122**, 217–228.

ROY S. De l'utilité des espèces. [en ligne] (2014). Adresse URL : <http://www.lefigaro.fr/sciences/2014/10/20/01008-20141020ARTFIG00329-de-l-utilite-des-especes.php>. Consulté 5 octobre 2015.

SCARPA R., RUTO E.S.K., KRISTJANSON P., RADENY M., DRUCKER A.G., REGE J.E.O. Valuing indigenous cattle breeds in Kenya: an empirical comparison of stated and revealed preference value estimates. *Ecol. Econ.*, 2003, **45**, 409- 426.

SECHI T., USAI M.G., CASU S., CARTA A.: Genetic diversity of Sardinian goat population based on microsatellites. *Ital.J. Anim. Sci.* 2005., **4**, 58-60.

SECRETARIAT DE LA CONVENTION SUR LA DIVERSITE BIOLOGIQUE., 2009.: Biodiversité, développement et réduction de la pauvreté : reconnaître le rôle de la biodiversité pour le bien-être humain. Montréal, 52 pages.

SHRESTHA J. N. B., CROW G. H., SOYSAL M.I.: Managing Genetic Variation to Conserve Genetic Diversity in Goats and Sheep. *J. Tekirdag. Agric. Fac.* 2010., **7**, 1-12.

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

SIMIANER H., MARTI S.B., GIBSON J., HANOTTE O., REGE J.E.O.:An approach to the optimal allocation of conservation funds to minimize loss of genetic diversity between livestock breeds. *Ecol. Econ.* 2003., **45**, 377-392.

SIMIANER H.: Decision making in livestock conservation. *Ecol. Econ.* 2005., **53**, 559– 572.

SIMON A.: Animal genetic resources and sustainable livelihoods. *Ecol. Econ.* 2003., **45**, 331-339.

SIMON A., CENTONZE R.: Property Rights and the Management of Animal Genetic Resources. *World. Dev.* 2007., **35**, 1529–1541.

STEPHEN D.S., GEORGES A.: Genetics in conservation and wildlife management: a revolution since Caughley. *Wildlife Res.* 2009., **36**, 70–80.

TANKARI A.M., MOUNKAÏLA G.B. Caractérisation des systèmes de production agricole de la région de Tillabéry. Rapport n° 2 projet ANADIA Niger. 2014, 44p.

Tellah M., Zeuh V, Mopaté L.Y, Mbaïndingatoloum F. M., Boly H. Paramètres de reproduction des vaches Kouri au Lac-Tchad. *J. Appl. Biosci.* 2015., **90**, 8387– 8396.

TIXIER-BOICHARD M., AYALEW W., JIANLIN H.: Inventory, characterization and monitoring. *A.G.R.I.* 2008., **42**, 29-47.

TORO M.A., CABALLERO A.: Characterization and conservation of genetic diversity in subdivided populations. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 2005., **360**, 1367-1378.

WEITZMAN M.L.: On diversity. *Q. J. Econ.* 1992., **107**, 363–405.

WELSH C.S., STEWART T.S., SCHWAB C., BLACKBURN H.D.: Pedigree analysis of 5 swine breeds in the United States and the implications for genetic conservation. *J. Anim. Sci.* 2010., **88**, 1610–1618.

WILSON, R.T. Small ruminant production and the small ruminant genetic resource in tropical Africa. *FAO Animal Production and Health paper* 88.1991.

WILSON KERRIE A., CARWARDINE JOSIE, AND POSSINGHAM HUGH P.: Setting Conservation Priorities. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 2009., **1162**, 237–264.

WITZENBERGER K.A., HOCHKIRCH A.: Ex situ conservation genetics: a review of molecular studies on the genetic consequences of captive breeding programmes for endangered animal species. *Biodivers Conserv.* 2011. Springer Science+Business Media B.V.

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

YAKUBU A., IBRAHIM I.A.: Multivariate analysis of morphostructural characteristics in Nigerian indigenous sheep. *Ital. J. Anim. Sci.* 2011., **10**, 83-86.

YASEMIN O., CALVO J.H., ELMACI C.: Investigation of the genetic diversity among native Turkish sheep breeds using mtDNA polymorphisms. *Trop. Anim. Health. Prod.* 2013., **45**, 947–951.

ZAHID N., EJAZ A., MELIH A.: Cholesterol efflux from sperm: approaches and applications. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 2014., **38**, 653-659.

Chapitre II: The Koundoum sheep breed in Niger: morpho-biometric study and description of the production system

Ce chapitre entame le travail de recherche par une enquête de terrain étudiant le système de production des ovins et leur valeur socio-économique et culturelle dans l'habitat naturel du mouton Koundoum. Ce chapitre présente également des données sur les caractéristiques morpho-biométriques du mouton Koundoum et des formules de régression qui ont été obtenues pour l'estimation du poids vif des moutons Koundoum en utilisant des mensurations linéaires. Les résultats de cette étude ont été publiés dans la revue *Journal of Agriculture and Rural development of the Tropics and Subtropics*.

The Koundoum sheep breed in Niger: morpho-biometric study and description of the production system

Issa Hamadou ^{a,b,d}, Nassim Moula ^{a,c}, Seyni Siddo ^d, Hamani Marichatou ^b, Moumouni Issa ^b, Pascal Leroy ^{a,c}, Nicolas Antoine-Moussiaux ^{a,c,*}

a Department of Animal Production, Faculty of Veterinary Medicine, University of Liege, 4000 Liege, Belgium

b Department of Animal Production, Faculty of Agronomy, University Abdou Moumouni, Niamey, Niger

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

d Department of Animal Production, National Institute of Agronomic Research of Niger, Niamey, Niger

Ce chapitre est présenté sous forme d'article et a été publié dans la revue Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics Vol. 116 No. 1 (2015) 49–58.

Abstract

The diffusion of highly productive breeds across developing countries goes along with a neglect of indigenous breeds, which are well suited to their environment but often show low yields. Thus, in Niger, the flock of Koundoum sheep are rapidly decreasing. The Koundoum is one of the few wool sheep breeds of Africa and shows important adaptive feature to its native environment, i.e. the humid pastures on the banks of the Niger River. To characterise the breed and to understand its production context, a survey has been conducted in 104 herds in four communes along the Niger River (Kollo, Tillabery, Say and Tera). Nine body measurements, including live weight, were taken on 180 adult sheep (101 females and 79 males). The herds varied from 2 to 60 heads, with a median size of eight animals and two thirds of the herds having less than 10 animals. Mainly fed on natural pastures, 85.6% of the herds received crop residues.

Only natural mating was practiced. Veterinary care was restricted to anti-helminthic and some indigenous treatments. The frequent affiliation of breeders to professional unions appeared as favourable to the implementation of a collective conservation program. The Koundoum sheep were white or black coated, with the black colour being most frequent (75.6 %). Wattles were present in both sexes at similar frequencies of around 14 %. All biometric variables were significantly and positively correlated between them. The thoracic perimeter showed the best correlation with live weight in both males and females. Three variables were selected for live weight prediction: thoracic perimeter, height at withers and rump length. From the present study, it is expected that the *in situ* conservation of the Koundoum sheep will be highly problematic, due to lack of market opportunities for wool and the willingness of smallholders to get involved in pure Koundoum rearing.

Keywords: Biodiversity, description, conservation, Koundoum sheep, morpho-biometry, Niger

Introduction

With the main part of its land being under arid and semi-arid climate, Niger is home to a wide and diversified livestock population: 13.2 million goats, 10 million sheep, 9.5 million cattle and 1.7 million camels (INS, 2013). Mainly in sheep and cattle, the diffusion of breeds show high production abilities and the homogenization of the production systems go along with a neglect of more resilient indigenous breeds. This substitution between breeds and the uncoordinated use of crossbreeding lead to an erosion of animal genetic resources, in Niger and West Africa as in the rest of the world (Rege, 1999; Rege & Gibson, 2003). Animal losses due to epizootics and droughts contribute to the difficulties met in the conservation of some local breeds; however, the main cause for genetic erosion lies in the choices made by breeders themselves. Regarding the genetic diversity of sheep in Niger, seven breeds are listed but have been poorly characterised. Among these breeds, the Koundoum sheep, which is the main wool sheep in West Africa, shows a dramatic decline in the cradle of the breed, i.e. the inundation zone of the Niger River (Ibrahim, 1998; Meyer *et al.*, 2004).

The Koundoum breed is described as a medium-sized animal with slightly convex profile. The horns are highly developed in the male, prismatic and directed backwards. In the female, the horns are smaller and often absent (Meyer *et al.*, 2004). The ears are long, wide, thick and drooping (Charray *et al.*, 1980). The body is covered with wool; the head, the belly and the limbs are naked. The fleece is black and white with black spots on the head (Richard *et al.*, 1985). Its meat production performances are low, with a mean adult weight of 30 and 25 kg in males and females, respectively (Charray *et al.*, 1980), and a carcass percentage of 40% (Wilson, 1991). Despite this low yield, meat of Koundoum sheep is reported to be lean (Wilson, 1991) and renowned for its taste and tenderness (Richard *et al.*, 1985).

In the frame of a national conservation plan of animal genetic resources, the University of Niamey initiated a conservation program for the Koundoum sheep.

The set-up of an optimal conservation strategy requires the full characterisation of the breed and its own diversity, as well as of the diversity of its production contexts (Chikhi & Boujenane, 2003; FAO, 2007). Therefore, this survey aimed at the characterisation of the production systems harbouring the Koundoum sheep and the morpho-biometric characterisation of the breed in four communes on the banks of the Niger River. Due to the importance of live weight as a selection criterion and in the daily management of herds (Mahieu *et al.*, 2011; Birteeb & Ozoje, 2012), live weight prediction formula have been established on the basis of body measurements.

Such prediction formula are, indeed, a cheap and easy tool available to smallholders, who are the main users of indigenous animal genetic resources and thus important actors for their conservation (Porhiel *et al.*, 2005).

Materials and methods

Study area

The survey was conducted in four communes of the administrative region of Tillabery: Kollo, Say, Tera and Tillabery. This region is located in the Niger valley, at the extreme west of the country. Its main city, Tillabery, is situated at 14°13' North latitude and 1°27' East longitude. Economic activities in the Tillabery region are agriculture, livestock, fishing and forestry. Rain-fed agriculture is practiced from June to September and mainly consist of pearl millet cultivation (monoculture or in association). During the dry season, from October to March, market gardening is practiced. The majority of households also keep animals. Three animal breeding systems are described: extensive sylvo-pastoral, semi intensive agro-pastoral and intensive agro-pastoral systems. The latter is found in the vicinity of the river.

Household survey

The survey was conducted from October to December 2011 among 104 sheep keepers. The surveyed households were selected on the basis of a list delivered by the village chiefs. The only selection criterion was the ownership of sheep, regardless of the breeds kept. The questionnaire consisted of both open-ended and close-ended questions, asked during face-to-face individual interviews. The questions covered the characteristics of the breeder (ethnic group, age, activities, membership of associations, motivations for the practice of breeding), those of the animals (species, numbers, sheep breeds) and the production system (movements and pasture management, reproduction, health care, feeding, housing).

Morpho-biometric characterisation of the Koundoum sheep

The studied sheep were the wool sheep called Koundoum by breeders. From October to December 2011, 180 sheep were characterised, among which 101 female and 79 male animals. The age of the animals was estimated by teeth inspection (Gatenby, 1991) and classified in three age groups. The first group included sheep still showing deciduous teeth and one pair of permanent teeth (0 and 1 year). The second group included sheep with two or three pairs of permanent teeth (2 and 3 years). The third group included sheep with four and five pairs of permanent teeth (4 and older).

For each Koundoum sheep, the colour of the wool and the presence/absence of wattles and horns were noted.

The following body measurements were then recorded according to FAO recommendations (FAO, 2011): height at withers, thoracic perimeter, length of the back, scapulo-ischial length, length of the rump, ear length, length of the tail, length of the head, and live weight. The latter was measured using an electronic dynamometer (KERN Germany), with a maximal allowance of 100 kg and an accuracy of 200 g.



Figure 1: Body measurements on a Koundoum sheep using a tape meter

Statistical analysis

All statistical analyses were performed with the Statistical Analysis Software SAS® (SAS Institute, 2001). The Chi-square test was used to compare the differences in the frequency of wattles and of the coat colours according to sex. The effect of sex and age group on the different body measurements was studied through an analysis of variance (generalised linear model, *proc glm*). Pearson's correlation coefficients between the different body measurements were calculated. The determination of an equation for the prediction of live weight from linear body measurements was achieved through a linear regression model, the variables included in the model being chosen through a stepwise elimination process (linear regression, *proc reg*, *option stepwise*).

Results

Characteristics of the sampled herds

The characteristics of the sampled breeders and their practices are presented in Table 1 and Table 2, respectively.

Tableau 0-1 Socio-economic characteristics of sheep breeders surveyed

Variables	Modalities	Freq. (%)
Location	Left riverbank	76.92
	Right riverbank	23.08
Ethnic group	Djerma	79.82
	Fulani	8.65
	Tamasheq	7.69
	Hausa	3.84
Main activity	Crops	94.23
	Livestock	5.77
Age	≤ 30 years	4.81
	30-50 years	39.42
	≥ 50 years	57.77
Membership in local association	None	50.96
	At least one	49.04

Tableau 0-2 Characteristics of herds surveyed and sheep breeding practices

Variables	Modalities	Freq. (%)
Species	Mixed species	92.3
	Specialized in sheep	7.7
Sheep number	≤ 10	67.31
	10 to 20	19.23
	≥ 20	13.46
Mobility	Sedentary	80.77
	Transhumant	19.23
Complementation	Yes	85.58
	No	14.42
Ethno-veterinary practices	Yes	28.85
	No	71.15
Frequency of anthelmintic treatments	None	24.03
	1 per year	11.53
	At least 2 per year	64.42
Housing	Local materials	50
	None	43.27
	Wire net	6.73

Breeders

Most of the interviewed breeders were located in the communes of Kollo and Tillabery on the left bank of the Niger River (76.9 %). The majority of the interviewees belong to the Djerma ethno-linguistic group (79.8 %), the rest include Fulani (8.6 %), Tuareg (7.7 %) and Hausa (3.8 %). The age of the respondents varied from 27 to 90 years, with a median at 53. The breeders keeping exclusively Koundoum sheep were between 42 and 89 years old (median at 65).

All interviewees practiced agriculture in association with livestock keeping. Livestock was a secondary activity for 94.2 % of interviewees, only 5.8 % considered livestock as their main activity.

The principal motivation for keeping sheep was savings for 93.2 % of the respondents. To keep sheep out of tradition was the first motivation for only 2.0 % of the livestock keepers. Only 3.8 % justified their activity by both motives and 1.0 % presented the generation of revenue by selling animals as primary motive. Half of the sampled livestock keepers were member of an organization active at village level. Only 11.5 % declared having benefitted at least once from technical advices provided by extension services.

Animals

The majority of herds (92.3 %) included mixed species: sheep, goat and cattle. Only 7.7 % kept exclusively sheep. The number of sheep per flock varied from 2 to 60 heads, with a median of 8 and more than two-thirds of the herds consisted of less than 10 animals. 26.0 % of the respondents kept only one sheep breed and 74.0 % kept different breeds. The most frequent breed was called Kassawa sheep, kept by 58.6 % of surveyed households. Koundoum sheep were kept by 30.7 % of the respondents. In 10.6 % of all cases Koundoum was the only sheep breed.

Breeding practices

92.3 % of the breeders were sedentary and 7.7 % practiced a particular type of transhumance, between the riverbanks and the islands in the Niger River that emerge during dry season. There were shelters for sheep in 56.7 % of the households. The materials used for building shelters were wood, mud bricks and millet straw for 50.0 % of the herds and wire nets for 6.7 %.

Feeding was based on natural pastures, with complementary feeding composed of conserved fodder and crop residues that were harvested and distributed. Interviewees reported the

progressive infestation of pastures with *Sida cordifolia* (flannel weed) on the plateaus and *Eichhornia crassipes* (water hyacinth) on the riverbanks. None of the livestock keepers in our study cultivated fodder for their animals. Nevertheless, 76.0 % of them collected natural fodder to make hay that was fed during the end of dry season. The chopping of straw (crop residues) before feeding was seldom practiced (2.5 %). A few livestock keepers used tree fodder for their sheep, harvesting and feeding it directly: 23.1 % used *Faidherbia albida*, 2.0 % used *Piliostigma reticulatum* and 2.0 % used *Balanites aegyptiaca* and *Acacia raddiana*. Watering occurred in the river or at wells during the dry season, while water holes could also be used in the rainy season.

Natural mating was the only mode of sheep breeding.

The choice of the breeding rams was based on their overall conformation and their colour, with a preference for white. Only 6.7 % of interviewees practiced castration of the males that were not retained for breeding.

The health follow-up of sheep was limited in most cases to anthelmintic treatments, which were practiced by 76.0 % of the respondents: 64.4 % dewormed their flock at least twice a year, 11.5% once a year. Indigenous treatments were used by 28.8 % of interviewees.

Three categories of indigenous treatment could be described: physical treatment (like branding and ear incision), treatments using plants (*Khaya senegalensis*, *Striga hermonthica*) and treatments using chemicals (potassium hydroxide, cooking oil).

The fattening of sheep was practiced by 44.2 % of interviewees, mainly for slaughtering at the Islamic feast called Tabaski. Koundoum wool and ewes' milk were not exploited. Manure was most often used as organic fertiliser for their own crops (89.4 % of cases). Other uses of manure were sale, gift or barter (2.9 %).

Morpho-biometric characterisation of Koundoum sheep

Qualitative variables

Morphologic characteristics of Koundoum sheep and their frequencies are shown in Table 3. Two colours were present: black (brownish to black) and white. The black colour was most frequent (75.6 %) ($p < 0.001$).

Wattles were present in both sexes at similar frequencies: 14.4 % in females and 13.9 % in males ($p > 0.05$). Horns are rarely absent in males (4.4 %) and sometimes present in females (3.9 %). Two male Koundoum sheep presented three horns, thus being specifically named *Djomoddi* in the local language. Around a third of the males had a neck ruff.

Tableau 0-3 Morphologic traits of the Koundoum sheep (n=180)

Trait	Sex	Phenotype	N	Freq. (%)	Chi ²
Color	Females	Black	77	76.24	***
		White	24	23.76	
	Males	Black	59	74.68	***
		White	20	25.32	
Wattles	Females	Presence	26	25.74	***
		Absence	75	74.26	
	Males	Presence	25	31.65	***
		Absence	54	68.35	
Neck ruff	Females	Presence	1	0.99	***
		Absence	100	99.01	
	Males	Presence	14	31.11	**
		Absence	31	68.89	
Horns	Females	Presence	4	3.96	***
		Absence	97	96.04	
	Males	Presence	77	97.47	***
		Absence	2	2.53	

N: number; Freq.: frequency; Chi²: statistical significance of Chi-square test, ***: $p < 0.001$
The Chi-square test was performed on the factors separately for each sex

Body measurements

The first age group included 77.2 % of all observed male sheep and 41.6 % of the female sheep. The average weight tended to be higher in females ($p = 0.06$) (Table 4). In age groups 2 and 3, males were heavier than females ($p < 0.001$). All body measurements were significantly and positively gender correlated ($p < 0.001$) (Table 5). However, higher Pearson correlation coefficients were obtained for males. The measure that displayed the highest correlation to live weight was the thoracic perimeter in males and females (0.92 and 0.79, respectively).

The variable with the second highest correlation to live weight was the length of the rump in males (0.90) and the height at withers in females (0.66).

Tableau 0-4 Body measurements in the Koundoum sheep (Least Square Mean $\pm$ SE)

	Age group 1			Age group 2			Age group 3		
	Females	Males	t	Females	Males	t	Females	Males	t
Number	42	61		29	13		30	5	
Body weight (kg)	24.4 $\pm$ 0.8	22.5 $\pm$ 0.6	^{ns}	28.2 $\pm$ 0.9	36.2 $\pm$ 1.4	*	31.1 $\pm$ 0.9	48.3 $\pm$ 2.2	*
Thoracic perimeter (cm)	70.0 $\pm$ 0.8	66.0 $\pm$ 0.7	*	73.7 $\pm$ 1.0	76.00 $\pm$ 1.5	^{ns}	76.8 $\pm$ 1.0	81.2 $\pm$ 2.4	^{ns}
Height at withers(cm)	65.6 $\pm$ 0.7	63.6 $\pm$ 0.6	*	67.4 $\pm$ 0.8	72.3 $\pm$ 1.2	*	69.9 $\pm$ 0.8	78.4 $\pm$ 1.9	*
Rump length(cm)	19.0 $\pm$ 0.2	18.2 $\pm$ 0.2	*	19.6 $\pm$ 0.3	21.0 $\pm$ 0.4	*	20.2 $\pm$ 0.3	23.2 $\pm$ 0.7	*
Scapulo-ischial length (cm)	51.2 $\pm$ 3.0	50.8 $\pm$ 3.5	^{ns}	51.6 $\pm$ 3.2	53.7 $\pm$ 2.1	^{ns}	53.0 $\pm$ 3.5	(58.00)	-
Length of ears (cm)	13.3 $\pm$ 0.9	13.1 $\pm$ 1.5	^{ns}	13.1 $\pm$ 0.9	11.7 $\pm$ 1.0	^{ns}	13.5 $\pm$ 1.2	(14.00)	-
Tail length (cm)	36.1 $\pm$ 2.3	35.2 $\pm$ 3.3	^{ns}	36.2 $\pm$ 2.8	37.2 $\pm$ 2.6	^{ns}	36.5 $\pm$ 2.1	(36.00)	-
Head length (cm)	17.7 $\pm$ 1.6	18.6 $\pm$ 1.7	^{ns}	18.6 $\pm$ 1.6	20.8 $\pm$ 0.8	^{ns}	19.2 $\pm$ 1.3	(21.00)	-
Length of the back (cm)	41.4 $\pm$ 3.1	39.9 $\pm$ 2.9	^{ns}	43.0 $\pm$ 3.3	43.7 $\pm$ 2.9	^{ns}	43.9 $\pm$ 2.3	(50.00)	-

t : statistical significance of difference between sexes for each variable and age group (* p<0.05 ; ns= not significant ; - : not calculated). Values between brackets have been measured on one individual.

Tableau 0-5 Pearson correlation coefficient matrix for body measurements according to sex for 101 females and 79 males

	Age	TP	LW	HW	LR
Age	-	0.62 ***	0.82 ***	0.66 ***	0.64 ***
TP	0.53 ***	-	0.92 ***	0.88 ***	0.85 ***
LW	0.52 ***	0.79 ***	-	0.89 ***	0.90 ***
HW	0.46 ***	0.60 ***	0.66 ***	-	0.88 ***
LR	0.41 ***	0.69 ***	0.65 ***	0.63 ***	-

Upper right part of the table shows correlations in males (grey), Lower left part of the table shows correlations in females (white); TP: thoracic perimeter; LW: live weight; HW: height at withers; LR: length of the rump; *** p<0.001

Live weight prediction equations

Three variables, i.e. the thoracic perimeter, the height at withers and the length of the rump, proved useful for the prediction of live weight. Equations are given in Table 6. All three variables were needed for females from the first age group. In all other cases, two variables proved satisfactory for live weight prediction. No equation could be estimated for age group 3 due to a lack of data for males and due to low correlation coefficients for females of this age group.

Tableau 0-6 Live weight prediction formulae in Koundoum sheep by age group and sex

Age	Sex	Number	Equation	R ²
Group 1	Females	42	$LW = -38.26 + 0.37 TP + 0.30HW + 0.91 LR$	0.65
	Males	61	$LW = -31.54 + 0.58 TP + 0.83 LR$	0.94
Group 2	Females	29	$LW = -46.23 + 0.62 TP + 0.42 HW$	0.63
	Males	13	$LW = -77.07 + 0.88 TP + 2.19 LR$	0.88

LW: live weight (kg); TP: thoracic perimeter (cm); HW: height at withers (cm); LR: length of the rump (cm);
R²:determination coefficient of the model

Discussion

Status and breeding context of the Koundoum sheep

The lack of outlets for wool, which is the main asset of the Koundoum breed, as already reported in 1975 by Toubou, led most breeders to shift their flocks towards meat breeds. This shift is practiced through simple substitution or through crossbreeding with e.g. Fulani, Kassawa and Tuareg sheep. In 1975, the number of Koundoum sheep was estimated in Niger at 30,000 heads (Toubou, 1975). Although the present study does not allow for such estimation, the Koundoum breed seems to have undergone a sharp decline since then, as illustrated by the high frequency of surveyed households that keep crossbreed and mixed-breed flocks. Indeed, the sheep called Kassawa by breeders in the present study is the result of the crossbreeding between the Bali-Bali and the Koundoum sheep. These crossbreeds are appreciated for their intermediary characteristics regarding meat production and adaptation to humid pastures (which includes resistance to fluke infestation). Nevertheless, there is a lack of management of the purebred Koundoum sheep. Also, the systematic preference of breeders for animals showing a better conformation leads to a progressive erosion of the original genetic make-up of the breed, despite the acknowledgement by breeders of the value of its adaptation to the riverbank environment.

In the present sample, flocks were relatively small with a maximum of 60 heads. This clearly indicates that the Koundoum sheep is currently kept by smallholders and that any policy aiming at its conservation should support these actors. Also, the lack of involvement of the younger interviewees (between 20 and 45 years old) in the exclusive breeding of Koundoum sheep may be a worrying sign of the progressive neglect of the breed. Although the means to get younger people involved in livestock in general and in native breeds in particular are far from self-evident, a strong public support to family farming may be part of the solution.

The present situation, however, is far from fulfilling this need. Indeed, the availability for breeders of technical extension services and veterinary health care appear as very limited in this survey. A low technical support also entails a weak access to information about the importance and the means of breed management. Nevertheless, the high rate of membership of breeders in local associations tends to constitute an institutional environment favourable to collective action, as needed for an *in situ* conservation scheme of the Koundoum sheep. The effectiveness and ownership of projects are, indeed, best achieved when they can fit into pre-existing social organizations and do not imply newly developed, theoretically framed and uniform organisations (Gonneville & Sarniguet, 1986).

The main motivation for sheep keeping was savings. This general motive thus leaves space for the reintroduction of wool production in the livelihood strategy of households, provided that outlets for the Koundoum wool can be organised. The better resistance of the Koundoum breed to local humid conditions of the Niger riverbanks reported by Richard *et al.* (1985) could, moreover, be proposed as an advantage by securing this asset. While at some period of the year local people indeed wear warmer clothes, this market is completely taken by cotton and synthetic fibres or more generally by imported clothes. Furthermore, from informal accounts not shown in the results, the meat of the Koundoum sheep also appeared to be better appreciated than that of more productive breeds, as already mentioned in the literature (Richard *et al.*, 1985). This aspect should be better investigated and possibly linked to a potential willingness-to-pay for quality in some niche markets.

Therefore, the identification of niche markets (textile and meat) could contribute significantly to the promotion of the Koundoum breed and its *in situ* conservation (LPP, LIFE Network, IUCN–WISP and FAO, 2010). In addition, this type of niche production might have positive outcomes in terms of employment and poverty alleviation for people involved in wool transformation.

Such a handicraft would present a cultural and possibly touristic value, which could underpin its development.

Pastures and decline in the distribution area of Koundoum sheep

Formerly, Koundoum sheep were found on the river islands and on the banks of the Niger River from the city of Kollo to the border with Mali (a strip of approximately 250 km). They now appear to be mainly concentrated in the commune of Tillabery. A parallel with this drastic decline in area of distribution is the well documented case of the Xisqueta sheep, in the

mountainous regions of Spain (Avellanet *et al.*, 2005). The neglect of the latter breed is also motivated by a preference for more productive breeds, as well as the loss of relative importance of livestock keeping in the local economy with a rise in that of tourism, without any touristic valorization of those traditional pastoral systems.

However, besides the economic dynamic, an ecological one is also at play, leading to the neglect of the Koundoum breed. Indeed, *Sida cordifolia* (flannel weed) and *Eichhornia crassipes* (water hyacinth) are highly invasive plants that constitute a threat to the quality of pastures. Being an aquatic plant, water hyacinth especially threatens the quality of pastures in the vicinity of the river and therefore affects preferentially Koundoum flocks, which find their economic relevance in the exploitation of these ecological zones. One might add that the decrease in pasture quality first affects smallholders that rely almost exclusively on these common resources and therefore, threatens the native breeds of which they are the main guardians.

This decrease in the number of breeders specialised in Koundoum sheep causes a decrease in the practice of the transhumance between islands and the riverbanks. The very peculiar adaptation of the Koundoum breed to this environment and herding practice means that the conservation of the cultural value attached to this lifestyle is tied to that of the Koundoum sheep. The loss of the tradition and know-how of wool transformation pertains to that same dynamic, linking the persistence of livestock breeds to the evolution of cultural environment (Gandini & Villa, 2003). As in other parts of the world, the erosion of the genetic diversity of farm animals may be understood in the context of an erosion of the cultural diversity.

Morpho-biometry

The greater frequency of the black colour among Koundoum sheep is in accordance with older descriptions (Toubo, 1975). The wattles were commonly observed in the breed. Some authors associated the presence of wattles to good ability for milk production and prolificacy (Casu *et al.*, 1970). If confirmed, such abilities may be good incentives for the *in situ* conservation of this breed, besides its adaptation to humid environment.

While prolificacy is directly in line with the objective of savings of breeders, milk is, however, not considered of high enough value. Like in the case of wool, the creation of a specific market should thus be supported. As a matter of fact, the production abilities of Koundoum regarding milk and prolificacy remain to be assessed.

Observations in this survey could confirm the rare occurrence of male Koundoum sheep showing three horns.

These sheep are highly valued by buyers interested in its use for traditional ceremonies. Such practices are considered confidential by users and therefore are difficult to investigate.

The present sample is marked by a low number of adult males. Indeed, in Niger, as in almost all countries with a predominantly Islamic population, rams are preferentially slaughtered for ceremonies or religious occasions.

The lack of difference in live weight between young males and females (age group 1) is also found in the literature regarding other native breeds (Sowande & Sobola, 2008; Kunene *et al.*, 2009; Cam *et al.*, 2010).

Live weight prediction equation

In traditional herding, the livestock keepers or livestock services do not have scales available (Kunene *et al.*, 2009; Younas *et al.*, 2013). Moreover, the owners are reluctant to weigh their animals, fearing accidents while handling them (Sow *et al.*, 1991). Therefore, breeders and livestock services often need to estimate the weight. As guessing weight at sight does not show sufficient precision (Salako, 2006; Otoikhian *et al.*, 2008), live weight estimation from body measurements are useful under field conditions (Trillaud Geyl & Baudoin, 2006).

The strong correlation between live weight and thoracic perimeter is often reported in the literature and exploited in the prediction of live weight (Atta & El Khidir, 2004; Salako, 2006; Samuel Fajemilehin & Salako, 2008; Bello & Adama, 2012; Birteeb & Ozoje, 2012). The greater correlation between body measurements in males compared to females is also reported by Alade *et al.* (2008) for sheep in Nigeria. A strong correlation between the length of the rump and live weight is less frequently reported but is in accordance with Alderson (1999) for cattle in the United Kingdom. Finally, the same three body measurements were shown to have a strong correlation with live weight in the West African dwarf sheep in Nigeria (Sowande & Sobola, 2008).

The present results highlight the importance of taking account of sex and age in the use of predictive equations of live weight, as recommended by Poivey *et al.* (1980).

As also pointed out by Ravimurugan *et al.* (2013) for the Kilakarsal sheep in India, the thoracic perimeter appears here as an important estimator, being selected in all categories of animals in the present study. Nevertheless, the addition of other variables in the estimation significantly improves its accuracy. The principle of parsimony led us to retain two or three variables according to the animal category, similarly to Birteeb & Ozoje (2012) for live weight prediction in young West African dwarf sheep in northern Ghana, who retained three variables, namely body length, thoracic perimeter and height at withers. Other similar

examples are available in the literature (Thiruvankadan, 2005; Yakubu, 2010). Importantly, such equations can be used only for this peculiar breed.

Conclusion

The Koundoum sheep appears to be a declining domestic breed. Its original characteristics, i.e. its production of wool, its adaptation to humid environments and its insertion in a unique transhumant system, justify a national conservation plan. However, to better highlight the ways of its conservation, a full assessment of its productive abilities should be carried out, including production of wool and milk, its growth and meat quality as well as its reproduction performances. From the present results, it is also expected that the *in situ* conservation of the Koundoum sheep will be highly problematic, due to the lack of market for wool and milk and the willingness of smallholders to get involved in pure Koundoum rearing. Hence, while a strong support on the field is advisable in this regard, any national conservation scheme should also include *ex situ* solutions, both *in vivo* and *ex vivo*.

Acknowledgements

This work was subsidized by the Belgian Technical Cooperation. The authors wish to thank this organisation.

References

- ALADE, N.K., RAJI, A.O. & ATIKU, M. A. (2008). Determination of appropriate model for the estimation of body weight in goats. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 3, 52–57.
- ALDERSON, G.L.H. (1999). The development of a system of linear measurements to provide an assessment of type and function of beef cattle. *Animal Genetic Resources Information*, 25, 45–55.
- ATTA, M. & EL KHIDIR, O.A. (2004). Use of heart girth, wither height and scapulo-ischial length for prediction of live weight of Nilotic sheep. *Small Ruminant Research*, 55, 233–237.
- AVELLANET, R., ARANGUREN-MENDEZ, A. & JORDANA, J. (2005). La raza ovina Xisqueta en España : Caracterización estructural de las explotaciones. *Animal Genetic Resources Information*, 37, 21–29.
- BELLO, A.A. & ADAMA, T.Z. (2012). Studies on body weight and linear body measurements of castrates and non-castrate savannah brown goats. *Asian Journal of Animal Sciences*, 6, 140–146.
- BIRTEEB, P.T. & OZOJE, M.O. (2012). Prediction of live body weight from linear body measurements of West African long-legged and West African dwarf sheep in northern Ghana. *Journal of Animal and Feed Research*, 2, 427–434.
- CAM, M. A., OLFAZ, M. & SOYDAN, E. (2010). Body Measurements reflect body weights and carcass yields in karayaka sheep. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 5, 120–127.
- CASU, S., BOYAZOGLU, J.G. & LAUVERGNE, J.-J. (1970). Hérité des pendeloques dans la race ovine Sarde. *Annales de Génétique et Sélection Animale*, 2, 249–261.
- CHARRAY, D., COULOUMB, J., HAUMESSER, J.B. & PLANCHENAU, D. (1980). *Les petits ruminants d'Afrique centrale et d'Afrique de l'ouest synthèse des connaissances actuelles*. IEVMT, Maisons-Alfort.

CHIKHI, A. & BOUJENANE, I. (2003). Caractérisation zootechnique des ovins de race Sardi au Maroc. *Revue d'Élevage et Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 56, 187–192.

FAO (2007). *L'état des ressources zoogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde*, édité par Dafydd Pilling & Barbara Rischkowsky. FAO, Rome.

FAO (2011). Draft guidelines on phenotypic characterization of animal genetic resources. CGRFA- 13/11/Inf.19, FAO, Rome.

GANDINI, G.C. & VILLA, E. (2003). Analysis of the cultural value of local livestock breeds: a methodology. *Journal Animal Breeding Genetics*, 120, 1–11.

GATENBY, R.M. (1991). *Le mouton. Tome 1*. Maisonneuve et Larose, Paris.

GONNEVILLE, G. & SARNIGUET, J. (1986). *Guide d'évaluation économique des projets d'élevage*. Presses, Servant-Crouzet, Montrouge.

IBRAHIM, H.(1998). *Small Ruminant Production Techniques. ILRI Manual 3*. ILRI (International Livestock Research Institute), Nairobi, Kenya. 207 pp.

INS (2013). *Annuaire statistique du Niger 2007–2011*. Institut National de la Statistique (INS), Niamey, Niger. URL http://www.stat-niger.org/statistique/file/Annuaire_Statistiques/INS_2012/AS2007-2011ELEVAGE.pdf (last accessed: 24.03.2014).

KUNENE, N.W., NESAMVUNIA, E. & NSAHLAI, I.V. (2009). Determination of prediction equations for estimating body weight of Zulu (Nguni) sheep. *Small Ruminant Research*, 84, 41–46.

LPP, LIFE Network, IUCN–WISP and FAO (2010). Adding value to livestock diversity – Marketing to promote local breeds and improve livelihoods. FAO Animal Production and Health Paper No. 168, Rome.

MAHIEU, M., NAVÈS, M. & ARQUET, R. (2011). Predicting the body mass of goats from body measurements. *Small Ruminant Research*, 23, 1–15.

MEYER, C., FAYE, B. & KAREMBE, H. (2004). *Guide de l'Élevage du Mouton Méditerranéen et Tropical*. Libourne: CEVA Santé Animale.

OTOIKHIAN, C.S.O., OTOIKHIAN, A. M., AKPORHUARHO, O.P. & ISIDAHOMEN, C. (2008). Correlation of body weight and some body measurement parameters in Ouda sheep under extensive management system. *African Journal of General Agriculture*, 4, 129–133.

POIVEY, J.P., LANDAIS, E. & SEITZ, J.L. (1980). Utilisation de la barymétrie chez les races taurines locales de Côte d'Ivoire. *Revue d'Élevage et Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 33, 311–317.

RAVIMURUGAN, T., THIRUVENKADAN, A.K., SUDHAKAR, K., PANNEERSELVAM, S. & ELANGO, A. (2013). The Estimation of Body Weight from Body Measurements in Kilakarsal Sheep of Tamil Nadu, India. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 3, 357–360.

REGE, J.E.O. (1999). The state of African cattle genetic resources I. Classification framework and identification of threatened and extinct breeds. *Animal Genetic Resources Information*, 25, 1–25.

REGE, J.E.O. & GIBSON, J.P.(2003). Animal genetic resources and economic development: issues in relation to economic valuation. *Ecological Economics*, 45, 319–330.

RICHARD, D., HUMBERT, F. & DOUMA, A. (1985). *Essais d'alimentation de moutons au Niger*. Maisons- Alfort. 142 pages.

SALAKO, A.E. (2006). Principal component factor analysis of the morphostructure of immature Uda sheep. *International Journal of Morphology*, 24, 571–574.

SAMUEL FAJEMILEHIN, O.K. & SALAKO, A.E.(2008). Body measurement characteristics of the West African Dwarf (WAD) Goat in deciduous forest zone of Southwestern Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 7, 2521–2526.

SAS Institute (2001). *SAS/STAT User's Guide. Version 9*. SAS Inst. Inc., Cary, NC.

SOW, R.S., DENIS, J.P., TRAIL, J. C. M., THIONGANE, P.I. & MBAYE, M. (1991). Note sur la barymétrie comme moyen de sélection indirecte du poids vif chez les zébus Gobra au Sénégal. *Revue d'Élevage et Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 44, 97–100.

SOWANDE, O.S. & SOBOLA, O.S. (2008). Body measurements of West African dwarf sheep as parameters for estimation of live weight. *Tropical Animal Health and Production*, 40, 433–439.

THIRUVENKADAN, A.K. (2005). Determination of bestfitted regression model for estimation of body weight in Kanni Adu kids under farmer's management system. *Livestock Research for Rural Development*, 17, 103–107.

TOUBO, A.I. (1975). *Contribution à l'étude de l'élevage ovin au Niger: Etat actuel et propositions d'amélioration*. Master's thesis École Inter-États des Sciences et Médecine Vétérinaire de Dakar, Dakar, Senegal.

TRILLAUD GEYL, C. & BAUDOIN, N. (2006). Estimation du poids d'un cheval. URL http://www.harasnationaux.fr/uploads/tx_vm19docsbase/7_Estimation_du_poids.pdf (last accessed: 16.01.2012).

WILSON, R.T. (1991). Small ruminant production and the small ruminant genetic resource in tropical Africa. FAO Animal Production and Health paper 88.

YAKUBU, A. (2010). Path coefficient and path analysis of body weight and biometric traits in yankasa lambs. *Slovak Journal of Animal Science*, 43, 17–25.

YOUNAS, U., ABDULLAH, M., BHATTI, J.A., PASHA, T.N., AHMAD, N., NASIR, M. & HUSSAIN, A. (2013). Interrelationship of body weight with linear body measurements in Hissardale sheep at different stages of life. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 23 (1), 40–44.

Chapitre III: Valuing breeder's preferences in the conservation of the Koundoum sheep in Niger by multi-attribute analysis

Suite à la caractérisation du système d'élevage et des motivations générales des éleveurs, il apparaît que leur disposition à conserver le mouton Koundoum soit faible. Ce chapitre approfondit cette question en mobilisant les outils économétriques des préférences déclarées (voir encadré suivant). Il étudie les préférences des éleveurs aboutissant à l'estimation de leur disposition à payer ou à recevoir une compensation pour garder des béliers portant certaines caractéristiques comme reproducteurs. Ces dispositions exprimées en unités monétaires permettent d'apprécier la faisabilité de compensations dans le cadre d'une politique de conservation in situ du mouton Koundoum. Cette partie est présentée dans sa version soumise pour publication.

Expérience de choix et analyse conjointe : présentation générale de la méthode

La technique de l'expérience de choix est une application de la théorie de la consommation telle que renouvelée en 1966 par Lancaster. Cet auteur y suggère en effet que la satisfaction que retire un individu de la consommation d'un bien s'explique notamment par les différentes caractéristiques constitutives de ce bien. Issue de cette théorie et donc basée sur une approche multi-attributs, l'analyse conjointe estime que l'utilité d'un bien dérive de ses différents attributs, chaque attribut pouvant adopter un ensemble limité de valeurs ou niveaux différents. De ce postulat, elle permet d'étudier le comportement des consommateurs face aux changements dans les qualités d'un produit (soit un changement dans les niveaux de ses attributs), générer des estimations de la contribution de chaque niveau de chaque attribut à l'utilité du consommateur (coefficients d'utilité) (Charles *et al*, 2011). Ainsi, de nombreuses variantes d'analyse conjointe ont été développées en économie pour mesurer les préférences et la disposition à payer du consommateur.

En général, ces méthodes sont soit fondées sur l'observation de comportement sur le marché réel du bien (méthodes fondées sur les « préférences révélées » par les comportements), soit fondées sur l'expression des intentions et des préférences des consommateurs (méthodes fondées sur les « préférences déclarées »). Dans cette étude, la méthode qui a été retenue pour investiguer les préférences des éleveurs relève de cette deuxième façon de procéder. L'intérêt de cette technique d'enquête est d'autant plus grand qu'elle permet de mesurer des préférences qui ne pourraient pas être mesurées par les techniques d'enquête conventionnelles (Gayda, 1994).

L'objectif des enquêtes basées sur les préférences déclarées est de mesurer le poids de chaque attribut étudié d'un produit dans le comportement des consommateurs, et les arbitrages que font ces consommateurs entre différents attributs. Ainsi, l'analyse conjointe est une méthode de décomposition qui estime la structure des préférences d'un consommateur, à travers son évaluation globale d'un ensemble d'alternatives spécifiques en termes de modalités d'attributs (Green et Srinivasan, 1978). Elle est considérée comme une technique de mesure des arbitrages dans le choix de produits de consommation (Benammou *et al*, 2007), et qui demande aux répondants d'indiquer leur préférence pour une série d'hypothèses alternatives multi-attributs, hypothèses affichées comme des profils assemblant différentes valeurs de différents attributs (Thomas et Kesavan, 2013).

Elle permet d'expliquer ces préférences en fonction des attributs du produit et d'en déduire ainsi l'importance de ces attributs dans l'évaluation globale du consommateur, à partir de laquelle il sera possible d'estimer le consentement à payer mais également l'utilité de tous les autres attributs du bien (Le Gall-Ely, 2009). Sa variante dite d'analyse conjointe basée sur le choix, telle qu'utilisée dans cette étude, a pour avantage majeur comparativement au classement et à la notation d'imiter le comportement d'achat réel. Cela signifie que les répondants choisissent seulement une option parmi plusieurs alternatives de produits à la place de la notation ou de les classer en fonction de leur préférence.

L'ajout d'un attribut monétaire permet de prendre en compte la contrainte budgétaire du consommateur dans la démarche de choix (Dachary-Bernard, 2007). C'est le coefficient d'utilité (alors négatif) associé à la dépense qui permettra, rapporté aux coefficients d'utilité des autres attributs, de déterminer l'équivalent de ces derniers en unités monétaires et donc la disposition à payer pour les acquérir, malgré l'absence de marchés observables.

Valuing breeder's preferences in the conservation of the Koundoum sheep in Niger by multi-attribute analysis

Issa HAMADOU^{1,2,4}, Seyni SIDDO^{1,2}, Nassim MOULA^{2,3*}, Moumouni ISSA⁴, Hamani MARICHATOU⁴, Pascal LEROY^{2,3}, Nicolas ANTOINE-MOUSSIAUX^{2,3}.

1 Department of Animal Production, National Institute of Agronomic Research of Niger, P.O. Box 429, Niamey, Niger

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

3 Tropical Veterinary Institute, Faculty of Veterinary Medicine, University of Liège, Quartier Vallée 2, Avenue de Cureghem 6, building B43, 4000 Liège, Belgium

4 Department of Animal Production, Faculty of Agronomy, Abdou Moumouni University, P.O. Box 10 960, Niamey, Niger

Abstract

This study characterizes farmer's preferences for breeding rams and tackles their willingness to contribute to the Koundoum sheep conservation program through their quantified appreciation of the main phenotypic features of the breed. The Koundoum is the main wool sheep of Niger and shows a remarkable adaptation to the humid environment of the Niger River valley. In Tillabery region, i.e. the Koundoum sheep's cradle, the proportional piling tool is first used in 11 focus groups discussions of breeders to determine the main selection criteria of breeding rams. The multi-attribute conjoint analysis method is then applied with 168 sheep owners. The econometric estimation of the utility function of breeders is conducted with a conditional logit model and the marginal willingness to pay is calculated. The results reveal a strong rejection by the breeders of characteristics like wool and black-colored coat and thus shows the poor acceptability of an in-situ conservation program. Few breeders with a particular concern for the breed's conservation for cultural motives may nevertheless join such a conservation program, that should mainly be based on ex-situ strategies.

Keywords: conservation, choice experiment, preferences, willingness to pay, Koundoum sheep, Niger

Introduction

In Africa, livestock research has mainly focused on cattle at the expense of small ruminants (Bidjeh *et al.* 1991). However, the rusticity and shorter reproduction cycle of sheep and goats, allowing for the rapid restocking after major droughts, justify the present increase of interest in these species in Africa (Bloch and Diallo 1991). Also, the lack of seasonality in oestrus manifestations in ewes in the tropics is a dynamic advantage in this regard (Hamadou *et al.* 2015b). The importance of sheep in Muslim traditions further explains the present dynamism of these markets across Sahel countries and the intensification of sheep husbandry practices accompanying urbanization. The sustainable development of sheep production in the highly variable environmental conditions of Sahel countries needs to be based on the wide genetic diversity that is indeed observed in sheep in these countries (Shrestha *et al.* 2010). However, this genetic diversity is currently declining, mainly due to the socio-economic and cultural processes mentioned here above, motivating the neglect of several indigenous breeds (Sechi *et al.* 2005). Indeed, the majority of breeders practice a reasoned choice of breeding stock according to criteria in accordance with their production objectives. In sheep breeding, therefore, growth criteria may take priority over ones of environmental adaptation. In particular, the use of crossbreeding with exotic breeds may be a concern because of the lack of adaptation of these animals to the local production environment and the irremediable loss of indigenous purebred genetic resources with the spread of this practice (Wollny 2003). In Niger, the Koundoum sheep is the country's main wool breed and is adapted to humid environment of the Niger River valley. Its neglect in favour of taller and heavier sheep breeds and the uncoordinated practice of crossbreeding are leading to a drastic reduction in the Koundoum population. Without a conservation program, this breed is doomed to extinction in the medium term.

In the frame of a national conservation plan of animal genetic resources, the University of Niamey initiated a conservation program for this breed.

An efficient way to conserve genetic resources is often to help farmers improving their indigenous breeds and to use them (Planchenault and Boutonnet 1997). To evaluate the opportunity for such in-situ conservation schemes and design those, it is necessary to understand the breeder's preferences regarding their breeding decisions (Jabar *et al.* 1999; Tada *et al.* 2013; Bayou *et al.* 2014). Multi-attribute choice experiments may be used to valuate the preferences of breeders, particularly expressed as a willingness to pay or to receive compensation for the various levels of the characteristics of a proposed ram. A choice

experiment is a quantitative technique that determines individual preferences by submitting multiple virtual choice tasks to interviewees (Hanley *et al.* 1998; Mangham *et al.* 2009). These methods have been widely used to estimate the willingness to pay or receive compensation of respondents for animal genetic resources in different breeding systems, mainly in developing countries (Ruto *et al.* 2008; Zander and Drucker 2008; Tada *et al.* 2013). This study applies the multi-attribute choice experiment to the case of Koundoum sheep appreciation by breeders in Tillabery, Niger, that is the cradle of this breed. It aims at disentangling the valuation of different attributes of the sheep under the form of a willingness-to-pay and willingness-to-accept compensation, in order to better understand the feasibility of a subsidized in-situ conservation scheme and shape conservation messages to be diffused among breeders.

Material and Methods

Study area

The survey was conducted in 4 departments of the administrative region of Tillabery (Niger), i.e. Tillabery, Kollo, Say and Tera, from September 2012 to February 2013. This region is located in the Niger River Valley, at the extreme west of the country. Economic activities are there agriculture, livestock, fishing and forestry. Rain-fed agriculture is practiced from June to September (mainly pearl millet). During the dry season, from October to March, market gardening is practiced. The majority of households also keep animals. Three animal breeding systems are described: extensive sylvo-pastoral, semi-intensive agro-pastoral and intensive agro-pastoral systems. The latter is found in the vicinity of the river.

Participatory survey on breeding rams appreciation criteria

Sampling of focus groups

The identification of appreciation criteria was undertaken in 11 focus groups with ten persons each (including 4 focus groups in Tillabery, 3 in Kollo, 2 in Say and 2 in Tera). The sheep keepers were selected by snowball sampling¹ on basis of first interviewees, randomly selected among a list provided by local authorities. With each focus group, an open discussion was first led about appreciation criteria of breeding rams. The criteria were listed, written and represented by symbols on paper (for illiterate participants). A relative importance was then assigned to each criterion through proportional piling, using 100 counters. The consensus was

¹ The snowball sampling consists in identifying relevant interviewees in the population and ask to each interviewee to indicate other people who would be of interest for the study

sought through an iterative process and written notes were taken about ongoing discussions. Each participant was asked for his opinion through the process.

This preliminary work allowed taking account of the views of breeders in the choice of the breeding ram traits to be included as multi-level attributes in the choice experiments.

Conjoint Analysis of selection criteria

Identification of attributes, levels and building of comparison profiles

Four attributes with two to three levels each were retained to establish the stated preference protocol. The selection of attributes was made according to citation rate and proportional piling scores. A price attribute was established on basis of local market information. Three levels were determined, i.e. 69 € (45,000 FCFA), 53 € (35,000 FCFA) and 38 € (25,000 FCFA), which represent respectively the mean prices of young Fulani rams, crossbred ram and Koundoum ram according to local markets information (1 euro = 655,957 FCFA). A fractional factorial design verifying the absence of correlation between attributes levels was applied in XLSTAT 2013 software using the D-optimal algorithm to generate 16 rams' profiles. Then the latter were used to generate 20 pairs of choices opposing 2 profiles with the same software. These profiles were illustrated by a local artist (figure1).

Profile to evaluate	Attributes and levels
	• Coat Type: Wool • Coat colour: Bicolour • Body size: Small • Ears Length: Short • Price: 45,000 FCFA (69 €)
	• Coat Types: Wool • Coat colour: White • Body size: Small • Ears Length: long • Price: 45,000 FCFA (69 €)
Not Buy	

Figure 1: Example of pair-wise comparison choice card

FCFA: franc of the African Financial Community

Stated preference survey: sampling and interview

The only criterion for inclusion in the stated preference survey was to be sheep owner. The sheep keepers were selected by snowball sampling on basis of first interviewees randomly selected among a list provided by local authorities. In each face-to-face interview, the 20 pairs of profiles have been proposed to the interviewee, asking him which animal he would buy. For each pair, the interviewee had the possibility to opt out, i.e. to assert that none of the two profiles were acceptable to him.

Statistical analysis and estimation of the willingness-to-pay

Econometric analysis of stated preferences was performed with the R software (R 3.0.1, package *survival*, package *support.Ces*). The price variable was expressed in euros for statistical analysis. A conditional logit model estimated the utilities coefficients related to the

various attributes of rams and willingness of breeders to pay or receive compensation for the various levels of these attributes. The conditional logit model is based on the random utility function $U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in}$ (1), with U_{in} the utility of individual n for scenario i , V_{in} the deterministic component of utility and ε_{in} an unobservable component of utility, considered as a random component.

The probability of choosing one of these ram i profiles is $\Pr \{i \text{ is chosen}\} = \Pr \{V_{ni} + \varepsilon_{ni} \geq V_{nj} + \varepsilon_{nj}; \text{ for all } j \in C_i\}$ (2), where C is the set of choice for the breeder n ($C_n = \{1, 2, 3\}$), the choice 3 = "No Choice"). For each individual n , the utility provided by the choice of scenario i is in the form $V_{in} = \alpha_i + \sum \beta_k x_{ik}$, with α_i a specific constant to scenario i (ASC), and β_k coefficients to estimate for the k attributes whose values in the scenario i are represented by the x_{ik} , with k = (price; bristles; white colour; black colour; large size and long ears).

The estimation of utility coefficients used the conditional logit model (function clogit, package survival, R): $P_{i,j} = \exp(V_i) / \exp(V_j)$, where $P_{i,j}$ is the probability for object i to be preferred among j objects, expressed as a logit function of the object utility V_j ($i \in j$).

The willingness-to-pay corresponds to a monetary conversion of utility coefficients of each attribute's level, according to the method described by Tada et al. (2013). The willingness-to-pay for a level l of an attribute k is calculated as follows: $WTP_{kl} = -\beta_{kl} / \beta_{\epsilon}$, with β_{kl} as defined earlier and β_{ϵ} being the utility coefficient of the monetary unit (EUR).

The relative importance of an attribute k was calculated as $RI_k = 100 \times (\beta_{kl_max} - \beta_{kl_min}) / \sum (\beta_{kl_max} - \beta_{kl_min})$, where β_{kl_max} and β_{kl_min} are respectively the maximal and minimal utility coefficient among the levels l of an attribute k .

Results

Appreciation criteria for breeding rams

Nine breeding criteria have been collected through the 11 focus groups discussions (Table 1). The four main criteria are coat colour, which has the largest proportional piling score (25.55%), body size (24.45%), type of coat (21.64%), and ears length (14.91%). Thus, the attributes and levels that were included in the stated preference survey are as follows: coat type (bristles or wool), coat colour (white, bicolour or black), body size (large or small), and ears length (long or short).

Tableau 0-1 Results of proportional piling (PP score) about breeding criteria in eleven focus groups of sheep breeders in Tillabery Region, Niger

Criteria	Citation rate (%)	PP score (%)	Median	Min	Max
Coat type	100	21.64	21	11	39
Coat colour	100	25.55	27	8	43
Body size	100	24.45	24	10	51
Ears length	91.0	14.91	15	0	33
Wattles	18.2	1.64	0	0	11
Tail length	55.0	6.73	0	0	17
Testicles size	18.2	1.00	6	0	6
Head size	9.1	1.08	0	0	12
Horn type	36.4	3.00	0	0	11

Conjoint analysis and willingness-to-pay calculation

A total of 168 breeders participated to stated preference survey. The results of the conditional logit show a pseudo- R^2 of 0.16 and a positive but not significant coefficient associated to the constant α_i ($p > 0.5$). The utilities coefficients estimated for all attribute levels are presented in Table II. For each attribute, a level is defined as a reference and the coefficients of the other levels represent the value acquired through a change from the reference level to the level considered. The utility coefficient of the monetary unit is negative (-0.0073) and highly significant ($p < 0.001$). The appreciation of white coat colour is positive but statistically not different from the reference bicolour coat. Black coat colour shows a negative and statistically highly significant utility coefficient, thus depreciating a ram's value compared to other coat colours ($p < 0.001$). All other utility coefficients are positive and statistically highly significant ($p < 0.001$).

As expressed in terms of willingness-to-pay, these appreciated attribute levels are thus long ears (109 €) with a CI 95% of [60.6; 345.6], bristles (226 €) with a CI 95% of [132.6; 696.0], and large body size (46 €) with a CI 95% of [18.8; 156.1]. The willingness-to-accept compensation for black coloured coats is 172 € with a CI 95% of [96.8; 552.5]. The attribute

‘coat type’ shows the highest relative importance in the decision-making, with 40%. The attribute ‘coat colour’ comes second with 31% and then ‘ears length’ and ‘body size’, with 16% and 13%, respectively.

Tableau 0-2 Utility coefficients and willingness-to-pay estimated for breeding ram traits in Niger

Attributes	Levels	Marginal utility	MWTP (EUR)	CI 95% (EUR)
Coat type	Bristles	$1.63 \pm 0.06^{***}$	226	[132.6 ; 696.0]
	Wool	0	-	-
Coat colour	White	0.05 ± 0.07^{ns}	7	[-15.4 ; 42.9]
	Black	$-1.23 \pm 0.08^{***}$	-172	[-552.5 ; -96.8]
	Bicolour	0	-	-
Body size	Large	$0.33 \pm 0.07^{***}$	46	[18.8 ; 156.1]
	Small	0	-	-
Ears length	Long	$0.78 \pm 0.06^{***}$	109	[60.6 ; 345.6]
	Short	0	-	-
Price	-	$-0.007 \pm 0.003^{**}$	-	-

MWTP: mean willingness-to-pay; CI: confidence interval; significance codes: *** $p \leq 0.001$; ** $p \leq 0.01$; ns: not significant

Discussion

Methodology

This study identifies the criteria to include in the stated preference protocol through participatory methods, i.e. focus group discussions and proportional piling. Indeed, taking account of the views of breeders at all steps of the design and implementation of animal genetic resources conservation programs is essential to promote the appropriation and sustainability of this program (Wollny 2003). This step of the study allowed stimulating the interest of the breeders for the research and its topic, the Koundoum sheep, and eased their further participation in the process. Similar approaches have been mobilized in Ethiopia, for example, to define local breeding objectives and preferred characteristics in goats (Gebreyesus *et al.* 2013) or to characterize the Simien sheep breed (Melaku *et al.* 2012).

The conjoint analysis protocol applied here makes use of an opt-out choice. This option allows consumers to choose none of alternatives when those are not deemed interesting (Ohannessian 2008). This non-choice makes the decision of choice more realistic since the respondent is not forced to state an appreciation of unacceptable products. However, one might also opt out as a result of a too high similarity of interests between two acceptable products. The motives to opt-out may therefore be clarified with the respondent during the interview.

The present sample size of breeders is in conformity with the standard reported by Omondi *et al* (2008), who indicate a minimum size of 100 households. Moreover, the positive and non-significant value of the coefficient associated to the constant obtained in the conditional logit confirms the relevance of the reference profile. There is then no bias due to reference that may affect results (Scott 2001). The pseudo- R^2 value (0.162) obtained in the conditional logit model indicates an acceptable estimate of the model, referring to an acceptance threshold of 0.1 (Roessler *et al.* 2008).

Appreciation criteria for breeding rams

Among the nine selection criteria, only three are found in the results of all the 11 focus groups, i.e. coat type, coat colour, and body size. A fourth attribute, ears length, was also included in the protocol, being found in 10 focus groups. The concern is here to limit the number of attributes and levels, in order to limit the number of profiles to be proposed to respondents' choice and thus limit the complexity of the submitted task (Louviere *et al.* 2010). The body size and the coat colour are classical criteria in traditional breeding systems in Africa, being also used for example in Ankole cattle in Uganda (Kugonza *et al.* 2012).

Nevertheless, less cited criteria might also show significant importance in respect to further developments of a breeding or conservation program. In this study, the case of the criterion of the presence of wattles, which are appreciated, may be of peculiar interest in the framework of the conservation of the Koundoum breed, since this is a frequent characteristic of breed (Hamadou *et al.* 2015a). The presence of wattles is thought to be a sign of a good dairy aptitude in ewes (Meyer *et al.* 2004). Indeed, Casu *et al.* (1970) showed in Sardinian sheep in Italy that the presence of wattles in ewes coincided with a productive superiority (prolificacy and milk production).

An important criterion that has been absent from focus groups discussion is resistance or adaptation to environment. Indeed, the adaptation of the Koundoum to its environment is its main advantage. As breeders recognize this resistance of Koundoum sheep, its absence from the cited criteria signs the lack of interest for the breed, tied to the overall change in the production environment and practices in the region (Hamadou *et al.* 2015a).

Preference for attributes of breeding rams

The negative sign of the coefficient associated to the price in the results of the conditional logit is in agreement with the expected disutility of expense and allows using this coefficient for the calculation of willingness-to-pay or willingness-to-accept compensation (Banerjee *et*

al. 2006). However, some utility of expense may commonly result from the interpretation of price as a sign of quality (Siddo *et al.* 2015). Open questions at the end of each interview allowed us to dismiss this possibility as a main bias in this study. Most appreciated rams appear to be rams with long ears, bristles, and large body size. While the preference for white coloured rams could not be shown statistically, the strong dislike of black coloured rams appears clearly. These preferences come against the conservation of the Koundoum breed, as developed here under, underlining the strong overall move towards the abandonment of this breed.

The particular importance of the long ears in the decision-making of breeders is remarkable, as shown through willingness-to-pay and relative importance in decision-making. This relative importance contrasts with the weight attributed by breeders to this same criterion through proportional piling. Also, the body size, which may be expected to be of major importance in systems aiming at the production of meat, displayed an astonishingly weak willingness-to-pay and relative importance in the decision-making. In fact, traditional farmers interpret long ears as a sign of rapid growth of a ram. This belief may have led them to choose systematically all profiles showing long ears even in ram of smaller size.

The preference for bristles coats and thus the relative dislike of wool is a strong sign of the on-going neglect of Koundoum sheep. The loss of value of wool in the region due to the lack of transformation and markets may have driven this loss of interest for the Koundoum breed (Hamadou *et al.* 2015a). Nevertheless, a lack of interest does not necessarily result in such a strong dislike of this precise attribute as observed in the present study. In this regard, Landais (1990) proposes another motive of this dislike of wool, which is the abundance on pastures of grass with prickly seeds (*Cenchrus catharticus*) that invade the wool of Koundoum sheep. The preference for larger body sizes constitutes another unfavourable factor for Koundoum sheep, which appears as a rather small-sized breed (Hamadou *et al.* 2015a). Finally, the black coats are frequent in the Koundoum (Hamadou *et al.* 2015a). Let us note that the black colour of the Karakul sheep has also been a reason of the failure of its diffusion in Niger as farmers consider the black sheep as cursed (Landais 1990). Again, this observation highlights the importance of taking account of the objectives, preferences, constraints and beliefs of the breeders in animal genetic resources management.

Contrary to the wool attribute, body size and coat colour may be changed through selective breeding. Nevertheless, a breeding program does not appear in the present case as a promising

solution. Indeed, besides the fact that the breeders should be convinced to participate in such a demanding program, this solution would appeal for special follow-up of resistance criteria in the breeding process. Also, the low population (estimated to 30,000 head in 1975 by Toubou) presently available in the region entails a risk of rapid rise of consanguinity. Finally, the overall loss of genetic diversity linked to the dismissal of black Koundoum sheep comes in sharp contradiction with the present goal of diversity conservation.

Thus, the finding that emerges is the systematic rejection of all the typical characteristics of Koundoum sheep by breeders with the exception of the white coat colour. This rejection is more pronounced for the wool coat which is a typical characteristic of Koundoum sheep as demonstrated by the amount of 226 € as willingness to receive compensation for keeping a wool ram. This amount represents around three times the greatest ram prices used in the experiment. A similar case was reported by Roessler *et al* (2008) in Vietnam, where they found a very high willingness-to-pay for a “pig that rarely falls ill”, i.e. 40.000 Vietnam Dong while the greatest pig prices in their experiment is 28.000 Vietnam Dong. In this study, rejection is also great for the black coat for which breeders are willing to receive compensation of 172 Euros to keep the rams with this coat, i.e. 2.5 times the highest price considered in this study.

Conclusion

The present study was conducted to investigate the preferences of breeders within the framework of the conservation of Koundoum sheep in Niger. It represents the first use of stated preference methods for the valuation of animal genetic resources in a conservation goal in Niger. The results reveal the strong rejection by breeders of characteristics such as wool and black coat. The latter being typical characteristics of Koundoum sheep, these results indicate a lack of feasibility of in situ conservation programs for this breed in this area. A few breeders with a cultural concern for the preservation of the breed may nevertheless join a conservation program that should be mainly based on ex situ strategies.

References

BANERJEE S .B, MARTIN SW, HUDSON D (2006) A Choice-Based Conjoint Experiment with Genetically Engineered Cotton in the Mississippi Delta. Southern Agricultural Economics Association Annual Meetings Orlando, Florida, February 5-8 2006.

BAYOU E, HAILE A, GIZAW S et al (2014) Characterizing husbandry practices and breeding objectives of Sheko cattle owners for designing conservation and improvement strategies in Ethiopia. *Livestock Research for Rural Development*.26 (12).2014. Volume 26, Article #235. URL: <http://www.lrrd.org/lrrd26/12/bayo26235.html>. Cited 19 September 2015.

BIDJEH K, GANDA K, DIGUIMBAYE C (1991) Variole caprine au Tchad : étude du pouvoir pathogène du virus chez les ovins et les caprins. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays. Trop*, 44 :33-36.

BLOCH N, DIALLO I(1991) Enquête sérologique chez les petits ruminants dans quatre départements du Niger. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays. Trop*, 44:397-404.

CASU S, BOYAZOGLU J.G, LAUVERGNE J-J (1970) Hérité des pendeloques dans la race ovine Sarde. *Ann. Genet. Sel. Anim*, 2:249-261.

GEBREYESUS G, HAILE A, DESSIE, T (2013) Breeding scheme based on community-based participatory analysis of local breeding practices, objectives and constraints for goats around Dire Dawa, Ethiopia. *Livestock Research for Rural Development*.Volume 25, Article #48.URL: <http://www.lrrd.org/lrrd25/3/grum25048.htm>. Cited 19 September 2015.

HAMADOU I, MOULA N, SIDDO S, ISSA M, MARICHATOU H, LEROY P, ANTOINE-MOUSSIAUX N (2015a) The Koundoum sheep breed in Niger: morpho-biometric study and description of the production system . *J. Agr. Rural. Develop. Trop. Subtrop*, 116:49–58.

HAMADOU I, MOULA N, MANI M, ISSA M, FARNIR F, LEROY P, ANTOINE-MOUSSIAUX N, MARICHATOU H (2015b) Contribution à l'étude des caractéristiques du cycle œstral chez la brebis et les caractéristiques spermatiques chez le bélier de race Koundoum, au Niger. *Revue. Méd. Vét*, 166:113-120.

HANLEY N, WRIGHT R.E, ADAMOWICZ V(1998) Using Choice Experiments to Value the Environment. *Environ. Resour. Econ*, 11:413–428.

JABBAR M.A, SWALLOW B.M, REGE E (1999) Incorporation of Farmer Knowledge and Preferences in Designing Breeding Policy and Conservation Strategy for Domestic Animals. *Outlook. Agric*, 28:239-243.

KUGONZA D.R, NABASIRYE M, HANOTTE O et al (2012) Pastoralists' indigenous selection criteria and other breeding practices of the long-horned Ankole cattle in Uganda. *Trop. Anim. Health. Pro*, 44 :557–565.

LANDAIS É (1990) Sur les doctrines des vétérinaires coloniaux français en Afrique noire. *Cah. Sci. Hum*, 26:33-71.

LOUVIERE J.J, PIHLENS D, CARSON R (2010) Design of Discrete Choice Experiments: A Discussion of Issues That Matter in Future Applied Research. *J. C. M*, 4:1-8.

MANGHAM L.J, HANSON K, MCPAKE B (2009) How to do (or not to do) Designing a discrete choice experiment for application in a low-income country. *Health. Policy. Plann*, 24:151–158.

MELAKU S, MEKURIAW Z, GIZAW S et al (2012) Community based characterization of Simien Sheep based on growth performance and farmers' breeding objectives in Simien mountains region, Ethiopia. *Res. J. Anim. Sci*, 6:47- 55.

MEYER C, FAYE B, KAREMBE H (2004) Guide de l'Elevage du Mouton Méditerranéen et Tropical. Ceva, Libourne, France. 146 p.

OHANNESSIAN S (2008) L'option "Zero" en analyse conjointe : Une nouvelle spécification de l'indécision et du refus. Application au marché de la Vidéo `à la Demande. (Unpublished PhD thesis National Conservatory of Arts and crafts of Paris).

OMONDI I, BALTENWECK I, DRUCKER A.G et al (2008) Economic valuation of sheep genetic resources: implications for sustainable utilization in the Kenyan semi-arid tropics. *Trop. Anim. Health. Pro*, 40 :615–626.

PLANCHENAULT D, BOUTONNET J.P (1997) Conservation de la diversité des ressources génétiques animales dans les pays d’Afrique francophone sub-saharienne. *A. G. R. I*, 21:1-22.

ROESSLER R, DRUCKER A.G, SCARPA R et al (2008) Using choice experiments to assess smallholder farmers' preferences for pig breeding traits in different production systems in North–West Vietnam. *Ecol. Econ*, 66:184 –192.

RUTO E, GARRODA G, SCARPA, R (2008) Valuing animal genetic resources: a choice modeling application to indigenous cattle in Kenya. *Agr. Econ*, 38:89–98.

SCOTT A (2001) Eliciting GPs’ preferences for pecuniary and non-pecuniary job characteristics. *J. Health. Econ*, 20:329–347.

SECHI T, USAI M.G, CASU S ET AL (2005) Genetic diversity of Sardinian goat population based on microsatellites. *Ital. J. Anim. Sci*, 4:58-60.

SHRESTHA J.N.B, CROW G.H, SOYSAL M.I (2010) Managing genetic variation to conserve genetic diversity in goats and sheep. *J. Tekirdag. Agr. Fac*, 7:1-12.

SIDDO S, MOULA N, HAMADOU I ET AL (2015) Breeding criteria and willingness to pay for improved Azawak zebu sires in Niger. *Arch. Anim. Breed*, 58:251–259.

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

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

ZANDER K.K, DRUCKER A.G (2008) Conserving what’s important; using choice model scenarios to value local cattle breeds in East Africa. *Ecol. Econ*, 68, 34-45.

Chapitre IV: Contribution à l'étude des caractéristiques du cycle œstral chez la brebis et les caractéristiques spermatiques chez le bélier de race Koundoum au Niger

Les études précédentes ayant mis en évidence la faible faisabilité de la conservation in situ comme stratégie unique de conservation du mouton Koundoum au Niger, ce chapitre aborde les questions techniques se posant en matière de conservation ex situ. L'objectif était d'étudier les caractéristiques du cycle œstral chez la brebis par l'utilisation d'un bélier boute-en-train et les caractéristiques spermatiques chez le bélier de race Koundoum. Cette étude est présentée dans sa version finale, telle que publiée dans la *Revue de Médecine Vétérinaire de Toulouse*, avec quelques précisions toutefois, portant sur le modèle statistique employé.

Contribution à l'étude des caractéristiques du cycle œstral chez la brebis et les caractéristiques spermatiques chez le bélier de race Koundoum, au Niger.

I.HAMADOU^{1,2,4}, N. MOULA^{1,3*}, M. MANI^{2,4}, M. ISSA², N. ANTOINE-MOUSSIAUX^{1,3}, F. FARNIR¹, P. LEROY^{1,3}, H. MARICHATOU²

1 Département des Productions animales, Faculté de Médecine vétérinaire, Université de Liège, Boulevard de Colonster, 20, bâtiment B43, 4000 Liège, Belgique

2 Département des Productions Animales, Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni, BP : 10960 Niamey, Niger

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

4 Département des Productions Animales, Institut National de la Recherche Agronomique du Niger, BP : 429 Niamey, Niger

Ce chapitre est présenté sous forme d'article et a été publié dans la revue de Médecine Vétérinaire de Toulouse : Revue Méd. Vét., 2015, 166, 3-4, 113-120.

RÉSUMÉ

L'étude a été conduite pour déterminer les caractéristiques du cycle œstral de la brebis et les caractéristiques spermatiques du bélier de la race à laine Koundoum du Niger. Seize brebis et huit béliers Koundoum ont été utilisés pour cette étude. Les brebis ont été soumises à une observation biquotidienne de leur comportement sexuel en vue de détecter les œstrus, à l'aide de béliers boute-en-train. Les échantillons de sperme ont été recueillis à l'aide d'un vagin artificiel chez les béliers pendant les périodes d'œstrus des brebis. La collecte de semence a été réalisée sur 4 béliers sur les 8 inclus dans le protocole. La motilité du sperme a été déterminée à l'aide d'un microscope et sa concentration à l'aide d'un spectrophotomètre. Sur les 16 brebis, 13 ont manifesté au moins une fois des comportements d'œstrus ayant une durée moyenne de $37,8 \pm 5,8$ heures avec une durée de cycle œstral de $18,1 \pm 1,1$ jours. Les éjaculats collectés ont présenté un volume moyen de $1,03 \pm 0,3$ ml, une motilité de 3,4, et une concentration de 1322 ± 544 millions/ ml. La connaissance de la durée du cycle et de l'œstrus est un élément de base pour la maîtrise de la fonction sexuelle des brebis. La difficulté de collecte de la semence de béliers Koundoum devra être prise en compte dans les plans de conservation par cryogénisation de paillettes. Les informations obtenues à travers cette étude sont une base permettant de poser les premiers jalons du programme de conservation et d'amélioration de cette race.

Mots-clés : Ovin à laine, moutons Koundoum, cycle œstral, caractéristiques spermatiques et Niger.

Introduction

Au Niger, les ovins sont estimés à environ dix millions de têtes (INS, 2013) et jouent de multiples rôles dans la vie socio-économique du pays. Ainsi, la pratique de leur élevage permet aux membres des familles des éleveurs d'accéder à des protéines animales à travers l'autoconsommation des produits de cet élevage. Cet élevage constitue un mode d'épargne facilement mobilisable, voire une source de revenus réguliers. En outre, l'élevage des ovins peut être un facteur important d'intégration socio-économique par les sacrifices des moutons au moment des décès, l'héritage, la dot pour le mariage et surtout pour les sacrifices pendant la fête de Tabaski (Ayantunde *et al*, 2008). Ces ovins représentent après les bovins, le groupe de ruminants le plus important dans l'agriculture à la fois tempérée et tropicale, ils sont des animaux polyvalents produisant de la viande, du lait, des peaux et de la laine (Omondi et al, 2008).

Ce dernier produit était jadis utilisé par les Zarmas de la région du fleuve Niger pour la confection des couvertures de mariage (Richard *et al*, 1985). Cependant, l'envahissement des marchés locaux par les tapis d'importation a entraîné la perte de valeur marchande de la laine (Charray *et al*, 1980). Cette situation a conduit les éleveurs de la principale race à laine du Niger, le mouton Koundoum, à se rabattre sur la spéculation viande, le Koundoum étant un animal à faible rendement de carcasse (40 %) (Charray et al, 1980), la recherche des animaux produisant plus de viande a conduit les éleveurs à utiliser le croisement. Les schémas de croisement consistaient à croiser le mouton Koundoum avec les moutons Peuls et Touaregs, deux races de grand format. Ces croisements ont entraîné une réduction drastique de l'effectif du mouton Koundoum, réputé pour son adaptation à l'humidité de la vallée du fleuve Niger et sa production de laine.

Pourtant les races évoluant dans des environnements difficiles et très changeants sont susceptibles de porter des gènes d'intérêt contrôlant des traits comportementaux, physiologiques et de résistance aux germes pathogènes (Barker, 1999). Par conséquent, les génotypes de certaines de ces races peuvent être importants pour le développement de systèmes de production animale durables (Barker, 1999) et la conservation de races locales est devenue une priorité (CBD, 1992). Ce besoin de conservation concerne également le mouton Koundoum au Niger. Cette nécessité a conduit le Département des Productions Animales de la Faculté d'Agronomie de l'Université de Niamey à initier un programme de recherches en vue d'étudier les voies et moyens permettant de sauvegarder cette race. Or, toute décision sur les stratégies de conservation des races nécessite d'avoir des informations

complètes incluant entre autres leurs caractéristiques de reproduction (FAO, 2008). La maîtrise de cette reproduction est également primordiale pour l'amélioration génétique des animaux (Gbangboche *et al.*, 2005). Par ailleurs, la performance de reproduction se révèle comme l'un des principaux facteurs déterminant l'efficacité de la production du troupeau et son échec peut entraîner une perte économique importante en élevage (Vikrama et Balagi, 2010 ; Abdelsalemet *a.l.*, 2011 ; Jibril *et al.*, 2013). Cependant, son amélioration nécessite la connaissance des paramètres de reproduction des femelles et des mâles (Chafri et Mahouechi, 2009).

Face à ces constats, la finalité de ce travail est la détermination des caractéristiques de reproduction des moutons Koundoum au parc expérimental de la Faculté d'Agronomie de l'Université de Niamey. Pour cela, cette étude a trois objectifs : étudier les caractéristiques du cycle œstral des brebis, ainsi que les caractéristiques spermatiques des béliers Koundoum en vue d'une meilleure maîtrise de la reproduction de la race Koundoum et déterminer les relations entre les mensurations corporelles et les caractéristiques spermatiques des béliers Koundoum.

Matériel et Méthodes

Lieu de l'étude

L'étude a été conduite à la ferme expérimentale et de recherche du Département des Productions Animales de la Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni de Niamey au Niger. La zone abritant cette Faculté est située entre 13°30' de latitude et 2°08' de longitude, à l'altitude de 216 m. Elle se situe dans la zone sahélienne, ayant une pluviométrie moyenne annuelle de 600 mm couvrant la période de juin à septembre et un pic des pluies entre juillet et août. Cette période précède la saison chaude et sèche d'octobre à mi-décembre, suivie par la période de l'harmattan, de climat frais et sec de la mi-décembre à mi-février. Enfin, cette dernière période est suivie par une autre période sèche et chaude de mars à mai. La température moyenne journalière de cette zone varie entre 10 et 45°C selon la saison.

Le troupeau expérimental et sa gestion

Vingt-quatre moutons Koundoum (16 brebis et 8 béliers pubères pesant entre 23,5 et 30,5 kg et âgés de 1 à 2 ans (tableau II) ont été utilisés pour cette étude de décembre 2013 à avril 2014. Les animaux ont été achetés à Farié, Kouboutchiré et Norandé qui sont tous des villages situés dans le berceau de la race. Après acheminement à la ferme expérimentale de la Faculté

d'Agronomie de l'Université de Niamey, les animaux ont été mis en quarantaine, puis déparasités et vaccinés contre la peste des petits ruminants et enfin, inspectés pour vérifier la présence éventuelle du piétin (Sargison, 2008). Ils vivent en stabulation libre et l'alimentation est à base de bourgou (*Echinochloa stagninan*). En plus de cet aliment de base, ils reçoivent un complément en aliment concentré (son de blé). Par ailleurs, les sels minéraux sous forme de pierres à lécher et l'eau d'abreuvement sont fournis ad libitum.

Contrôle de l'œstrus chez les brebis

Tout au long de l'étude (décembre 2013 à avril 2014), les brebis sont soumises à une observation biquotidienne (matin, soir) d'une durée d'une heure par séquence de leur comportement sexuel en vue de détecter les œstrus, à l'aide de béliers munis de tabliers empêchant l'intromission. L'œstrus est défini comme la durée entre la première et la dernière monte acceptées par une brebis. Le début du comportement de l'œstrus est conventionnellement défini comme étant le milieu de l'intervalle entre le premier contrôle où la chaleur est observée et le contrôle précédent (Yenikoye *et al.*, 1981). De même, la fin de l'œstrus est située au milieu de l'intervalle séparant la dernière observation du comportement de chaleur du contrôle suivant. Pour chaque brebis, 1 à 6 œstrus consécutifs ont été enregistrés. La durée du cycle œstral est définie comme l'intervalle de temps entre deux débuts d'œstrus consécutifs.



Figure 1 : Séance de contrôle d'œstrus

Collecte et analyse de la semence des béliers

Ces activités ont commencé par l'entraînement des béliers expérimentaux à la collecte de sperme (Fahey *et al.*, 2012) de fin décembre à janvier. Les échantillons de sperme ont été recueillis sporadiquement à l'aide d'un vagin artificiel de février à avril 2014 pendant les périodes de chaleurs des brebis. Les échantillons de sperme dilué avec du sérum physiologique dilué au dixième et une solution de Na Cl 9/100 dans des tubes à essai ont été ensuite immédiatement transportés au laboratoire d'insémination artificielle de la Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni de Niamey. Les caractéristiques du sperme enregistrées étaient: a) le volume et la couleur enregistrés directement dans le tube de collecte en verre gradué ; b) la motilité, évaluée sur une échelle allant de 0 à 5 en utilisant la méthode décrite par Baril *et al.* (FAO, 1993), cette dernière consiste à estimer visuellement la motilité des spermatozoïdes à l'aide d'un microscope. Une goutte de sperme est déposée sur une lame et placée sur la platine chauffante du microscope (37-38°C) sous un grossissement de 80. L'estimation est réalisée en utilisant l'échelle indiquée ci haut, allant de 0 (aucun mouvement de spermatozoïdes) à 5 (spermatozoïdes avec un mouvement rectiligne) ; c) la concentration (spermatozoïdes/mm³) a été estimée après dilution au 1/400 dans une solution de chlorure de sodium isotonique (0,9 %) avec un spectrophotomètre (Accuread®, IMV Technologies) ; d) et le nombre total de spermatozoïdes par éjaculat a été calculé en faisant le produit entre le volume de l'éjaculat en millilitre et de la concentration en spermatozoïdes par millilitre de semence.

Mensuration biométrique et pondérale des béliers

Les mensurations pondérales et biométriques ont été relevées mensuellement sur chaque bélier. Les pesées sont effectuées à l'aide d'une bascule pèse-bétail et les mesures biométriques corporelles, en l'occurrence le périmètre thoracique et la longueur du corps, sont effectuées à l'aide d'un mètre ruban. La mesure de la hauteur au garrot a été effectuée à l'aide d'une règle graduée.

Analyse statistique

Toutes les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel Statistical Analysis System (SAS, 2001). Les moyennes, écart-types, valeurs minimales et maximales des différents paramètres ont été calculés (*proc means*). La procédure d'analyse selon le modèle linéaire généralisé (*proc GLM*) a été utilisée pour étudier les différences interindividuelles pour les différents paramètres étudiés, chez les brebis (durée de l'œstrus, durée du cycle

œstral) et les béliers (volume du sperme, motilité du sperme, concentration et nombre total de spermatozoïdes).

Modèle GLM chez les brebis: $y_i = \mu + A_i + e_i$

Avec :

y : durée de l'œstrus, durée du cycle ;

μ : moyenne générale ;

A_i : effet fixe de la brebis ($i = 1$ à 12) ;

e_i : effet résiduel aléatoire.

Modèle GLM chez les béliers : $y_i = \mu + A_i + e_i$

Avec :

y : volume de l'éjaculat, motilité, concentration, nombre total de spermatozoïdes ;

μ : moyenne générale ;

A_i : effet fixe du bélier ($i = 1$ à 4) ;

e_i : effet résiduel aléatoire.

Enfin, la corrélation de Pearson (*proc CORR*) entre les paramètres spermatiques et les mesures corporelles des béliers a été calculée.

Résultats

Les caractéristiques du cycle œstral des brebis

En absence de béliers dans le troupeau, seule une brebis sur les 16 suivies a manifesté des signes frustes de chaleurs en chevauchant ses congénères. En présence du mâle, les signes les plus marquants observés chez les brebis en chaleur sont le frémissement énergique de la queue et l'acceptation de la monte. Sur les 16 brebis, 13 (81 %) ont manifesté au moins une fois des signes du comportement d'œstrus avec acceptation du chevauchement. Par ailleurs, parmi ces brebis, 2 (n°3 et n°10) ont présenté des intervalles entre deux œstrus consécutifs excessivement longs (35,5 et 41,5 jours) (tableau 1). Le tableau 1 présente les données de 12 brebis car la 13ème a eu une seule manifestation de chaleurs. La moyenne de la durée de l'œstrus a été de $37,8 \pm 5,8$ heures avec un minimum de 12 heures et un maximum de 59 h pour les 51 manifestations d'œstrus observées. Les résultats de l'analyse statistique montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les brebis concernant ce paramètre au seuil de 5 % ($p=0,26$). La durée moyenne du cycle œstral a été de $18,1 \pm 1,1$ jours avec un minimum de 15 jours et un maximum de 20,5 jours pour 36 observations (tableau 1).

Tableau 0-1 Durée de l'œstrus et du cycle œstral chez 12 brebis Koundoum (Moyenne des moindres carrés ± Erreur standard)

N° Brebis	Age (année)	Poids vif (kg)	Nombre de chaleurs	Durée de l'œstrus (heures)	Nombre de cycles	Durée du cycle œstral (jour)
1	1	21,8	3	39,3±6,1	2	17,8±0,8
2	4	35,8	3	36,3 ±6,1	2	16,0±0,8
3	2	25,2	3	48,0±6,1	-	-
4	3	26,2	5	43,2±4,7	4	18,9±0,6
5	1	22,9	6	28,0±4,3	5	18,0±0,5
6	3	20	6	41,8±4,3	5	17,3±0,5
7	1	21,1	3	39,3±6,1	2	20,3±0,8
8	1	19,2	5	33,6±4,7	4	19,1±0,6
9	3	24,7	6	37,8±4,3	5	18,2±0,5
10	1	28	2	42,5±7,5	-	-
11	1	22,8	6	31,7±4,3	5	17,7±0,5
12	2	19,3	3	32,0±7,0	2	18,3±0,5
Moyenne	1,9±1,1	23,9±4,6	4,3±1,5	37,8±5,8	3,6±1,4	18,1±1,1

Les caractéristiques spermatiques des béliers

Sur les 8 béliers, 4 ont pu faire l'objet d'un prélèvement de sperme, les autres s'étant révélés trop craintifs pour cette manipulation. Ainsi, 12 à 17 prélèvements ont été effectués sur chaque bélier de manière sporadique pendant les périodes de chaleurs des brebis (tableau 2). Le sperme des béliers Koundoum se présente sous un aspect crémeux dans 56 % des échantillons collectés contre 44 % qui présentent un aspect laiteux.

Le volume moyen de l'éjaculat chez les quatre béliers a varié de 0,9 à 1,23 ml avec une moyenne de 1,03±0,3 ml. Ce volume s'est révélé significativement différent entre les béliers ($p<0,01$). Les résultats présentant cette variabilité sont rapportés dans le tableau 2.

La note moyenne de la motilité des spermatozoïdes est estimée à 3,4 et varie de 1 à 5. Comme indiqué dans le tableau 2, les différences entre béliers se sont révélées très hautement significative pour ce paramètre ($p<0,0001$).

La concentration du sperme en spermatozoïdes des béliers Koundoum a été estimée à 1322±544 millions/ml en moyenne et varie de 93,3 à 2500 millions. Les résultats présentés dans le tableau 2 indiquent une variation statistiquement significative de la concentration du sperme entre les différents béliers ($p<0,01$).

Le nombre total de spermatozoïdes par éjaculat est le résultat du produit entre le volume de l'éjaculat en millilitre et de la concentration du sperme en spermatozoïdes par millilitre de semence. Le tableau 2 montre qu'il existe une variabilité significative de ce paramètre entre les béliers ($p < 0,01$). Ainsi, la moyenne obtenue pour l'ensemble des béliers est de 1400 ± 716 millions de spermatozoïdes par éjaculat avec un minimum de 56,0 millions et un maximum 3250 millions de spermatozoïdes.

Tableau 0-2 Caractéristiques de 59 prélèvements de la semence de 4 béliers Koundoum (Moyenne des moindres carrés $\pm$ Erreur standard)

N° Bélier	Age (Année)	PV (Kg)	Volume (ml)	Motilité individuelle	Concentration (millions spz/ml)	Total Spz (millions spz)
1 (n=17)	2	30,5	$0,90 \pm 0,05^c$	$2,2 \pm 0,3^c$	979 ± 121^a	922 ± 157^a
2 (n=17)	1	27,7	$0,97 \pm 0,05^{bc}$	$4,7 \pm 0,3^a$	1470 ± 121^b	1414 ± 157^b
3 (n=13)	2	26,9	$1,10 \pm 0,06^{ab}$	$3,3 \pm 0,4^b$	1624 ± 146^b	1812 ± 189^b
4 (n=12)	1	23,7	$1,23 \pm 0,07^a$	$2,9 \pm 0,4^{bc}$	1446 ± 153^b	1820 ± 199^b
Moyenne	1,5$\pm$0,6	27,2$\pm$2,8	1,03$\pm$0,3	3,4$\pm$1,6	1322$\pm$544	1400$\pm$716

Note : Les moyennes portant la même lettre en exposant dans la même colonne ne sont pas significativement différents ($p > 0,05$). Spz= spermatozoïdes ; PV= poids vif ; Moy = Moyenne ; n= nombre de prélèvements

Relation entre les mesures corporelles et les caractéristiques spermatiques des béliers Koundoum

Les moyennes des mesures corporelles issues des pesées et mensurations mensuelles des béliers sont consignées dans le tableau 3. Les résultats du test de corrélation de Pearson entre ces mesures corporelles et les caractéristiques spermatiques des béliers Koundoum sont présentés dans le tableau 4. Ces résultats montrent une forte corrélation entre les mesures corporelles d'une part et d'autre part entre les caractéristiques spermatiques des béliers. Entre mesures corporelles et caractéristiques spermatiques, seule la corrélation entre poids vif et volume spermatique s'est révélée significative ($-0,96$, $p < 0,05$). Au niveau des mesures corporelles, la plus forte corrélation a été enregistrée entre la longueur du corps et le périmètre thoracique des béliers ($0,99$). Le périmètre thoracique est aussi la mesure corporelle la plus corrélée avec le poids vif des béliers ($r = 0,92$). La plus forte corrélation entre les caractéristiques spermatiques a été enregistrée entre la concentration du sperme en spermatozoïdes et le nombre total de spermatozoïdes par éjaculat ($0,91$). Ce dernier a présenté également une forte corrélation avec le volume du sperme éjaculé ($0,90$). La concentration du sperme a aussi montré des corrélations importantes avec la note de motilité et le volume du sperme (respectivement de $0,64$ et $0,63$).

Tableau 0-3 Statistiques descriptives des mesures corporelles des béliers

Variable	Moyenne	DevStd	Médiane	Min	Max	CV (%)
Poids (kg)	27,2	2,8	27,3	23,7	30,5	10
Périmètre thoracique (cm)	69,9	2,8	70,7	66,0	72,3	4
Hauteur au garrot (cm)	66,1	2,7	65,3	64,0	70,0	4
Longueur du corps (cm)	53,0	2,4	52,5	41,0	56,0	5

Tableau 0-4 Corrélation de Pearson entre les mesures corporelles et spermatiques des béliers

Variables	Poids	Volume	Motilité	PT	HG	LC	Concent	Spzt
Poids	-							
Volume	-0,96	-						
Motilité	-0,19	-0,02	-					
PT	0,92	-0,82	-0,11	-				
HG	0,86	-0,71	-0,67	0,77	-			
LC	0,91	-0,82	-0,07	0,99	0,74	-		
Concent	-0,67	0,63	0,64	-0,38	-0,84	-0,35	-	
Spzt	-0,88	0,90	0,31	-0,63	-0,81	-0,61	0,91	-

Note :PT= périmètre thoracique ; HG= hauteur au garrot ; LC= longueur du corps ; Concent= concentration du sperme ; Spzt= nombre total de spermatozoïdes par éjaculat

Discussion

Les caractéristiques de l'œstrus et du cycle œstral

Les manifestations de l'œstrus sont très discrètes chez les brebis Koundoum concernées par cette étude en l'absence du mâle dans le troupeau. Le frémissement de la queue observé chez les brebis Koundoum dans cette étude a été mentionné dans la description des signes de la manifestation de l'œstrus dans l'espèce ovine de manière générale (Schoenian, 2012). Ainsi, la rareté de montes entre femelles, qui est le signe typique de l'œstrus chez les bovins domestiques constaté dans le troupeau expérimental, a été constatée également chez la brebis Oudah du Niger (Gaillard, 1979). Il est impossible de détecter la brebis en œstrus en absence du bélier et la jeune agnelle a tendance à être discrète même en présence du bélier (Vaillancourt et Lefebvre, 2003). Cette rareté d'extériorisation de signes d'œstrus est en partie responsable des difficultés de détection des chaleurs dans cette espèce (Islam, 2011). En effet, la qualité de la détection des chaleurs dépend de facteurs liés à l'éleveur, à l'animal et à son environnement (Yahimi *et al*, 2013). L'importance de ce contrôle des chaleurs peut être illustrée par le fait qu'il soit considéré comme une opération conditionnant la rentabilité des élevages (Hanzen, 1981).

La durée moyenne de l'œstrus de $37,8 \pm 10,8$ heures obtenue dans cette étude est similaire à celles obtenues par plusieurs auteurs chez d'autres races ovines. Ainsi, chez la brebis Djallonké variété Mossi du Burkina Faso, une moyenne de $38,4 \pm 36,6$ heures a été rapportée Boly *et al.*, 2000), et une moyenne de $30,4 \pm 2,4$ heures a été enregistré chez les brebis du désert au Soudan (Makawi et Manahil, 2007). La durée minimale de 12 heures obtenue dans cette étude corrobore la variation de la durée d'œstrus de 12 à 60 heures obtenue chez la brebis Djallonké en Côte d'Ivoire (Berger et Ginisty, 1980). Syed et collaborateurs en 2013 ont rapporté chez la brebis Malpura, l'effet de l'état nutritionnel de l'animal sur la durée de l'œstrus. En effet, ces auteurs ont réussi à augmenter la durée d'œstrus de $26,0 \pm 2,5$ à $31,8 \pm 1,8$ heures en apportant un complément en aliment concentré en plus du pâturage naturel. Les accouplements répétés et la présence des mâles peuvent réduire la durée de l'œstrus (FAO, 1993). Par ailleurs, l'absence de variabilité biologique significative révélée entre les brebis pour la durée de l'œstrus a été évoquée également chez les ovins au Maroc (Boujenane, 2006).

La durée du cycle œstral obtenu chez les brebis Koundoum dans le présent essai est incluse dans l'intervalle théorique des durées de cycle de 16 à 21 jours rapportée dans la littérature pour l'espèce ovine (Boujenane, 2006). La durée moyenne de $18,1 \pm 1,1$ jours est comparable à la durée de $18,3 \pm 0,7$ jours obtenue chez les brebis locales Oudah du Niger (Gaillard, 1979). Une durée similaire (18 ± 4 jours) a été rapportée chez la brebis Djallonké variété Mossi au Burkina Faso (Boly *et al.*, 2000) et chez les brebis Djallonké ($18,12 \pm 0,92$ jours) au Bénin (Lebbie *et al.*, 1993). Enfin, cette durée moyenne du cycle enregistrée pour ces brebis Koundoum est équivalente aux durées de 18 et 18,3 jours rapportée respectivement pour les brebis Beni Guil et Sardi du Maroc (Boujenane, 2006). Les durées des cycles exagérément longues (environ deux cycles normaux) enregistrées chez deux brebis laissent penser à une erreur de détection ou à la survenue de chaleurs silencieuses. En effet, selon Hanzen 1981 le type de contrôle biquotidien utilisé dans cette étude permet de détecter 88 % des chaleurs dans un troupeau. Ce même auteur rapporte qu'une hausse de température externe peut augmenter la fréquence des chaleurs silencieuses dans un troupeau.

La majorité des races de moutons sont polyœstriennes avec une saison de reproduction qui s'étend de septembre à janvier pour l'hémisphère nord (Vaillancourt et Lefebvre, 2003). Cette saisonnalité de la reproduction existe chez toutes les races ovines des pays tempéré ou froids (Gaillard, 1979). Le principal facteur extrinsèque qui module le comportement sexuel de ces

reproducteurs saisonniers est la photopériode. La mélatonine serait en grande partie responsable de cette caractéristique de saisonnalité puisque la sécrétion qui est uniquement nocturne augmente durant les jours courts (Vaillancourt et Lefebvre, 2003). Cette caractéristique permet ainsi d'après Gaillard, 1979 à ces animaux de mettre bas à une époque favorable à l'élevage des jeunes. Par contre, ce même auteur rapporte que la saisonnalité a complètement disparu ou n'a jamais existé chez les races tropicales. Ainsi, concernant la présente étude, la manifestation des signes d'œstrus observés chez les brebis Koundoum pendant toute la période allant de décembre à avril (incluse dans la période de repos sexuel des races saisonnières) semble confirmer cette thèse. Cette absence de saisonnalité si elle est confirmée chez la race Koundoum, peut constituer un atout pour la reconstitution des troupeaux dans le cadre de la mise en œuvre du programme de conservation et d'amélioration de cette race.

Les caractéristiques du sperme des béliers Koundoum

La durée particulièrement longue du temps d'entraînement est due à la nature très craintive des moutons Koundoum élevés en milieu éleveur. Par ailleurs, pour une bonne réussite de cette opération, le collecteur doit également être bien entraîné car la collecte de sperme est la première étape à maîtriser pour pratiquer de manière durable l'insémination artificielle ou la cryoconservation.

Le choix d'une méthode de collecte de semence efficace constitue la première étape de la création d'une banque de cryoconservation de sperme (Malejane *et al.*, 2014). La méthode de collecte au vagin artificiel a été utilisée dans cette étude car elle donne généralement du sperme de meilleure qualité que la méthode d'électro-éjaculation (Malejane *et al.*, 2014). Néanmoins, cette dernière présente un intérêt chez les béliers dont la semence est difficilement collectable au vagin artificiel. Les aspects laiteux et crémeux des échantillons de sperme collectés chez les béliers Koundoum avec cette méthode ont été également observés sur le sperme du bélier nain de l'Afrique de l'Ouest (Oyeyemi *et al.*, 2009).

L'analyse de la semence est une étape importante dans l'estimation de la fertilité du mâle (Elits, 2005). Cette analyse reflète la qualité de la semence du mâle (Oberlender *et al.*, 2012). La détermination du volume, de la motilité et de la concentration du sperme constitue un préalable pour connaître le nombre de doses utiles qu'un bélier peut produire pour toutes techniques de conservation (David, 2008). Le nombre de spermatozoïdes que peut contenir

une dose varie en fonction de la voie d'insémination et du type de traitement (Cseh *et al.*, 2012).

Le volume moyen de $1,03 \pm 0,3$ ml est inclus dans l'intervalle des moyennes de 1 à 1,5 donné pour l'espèce ovine (FAO, 1993). Ce volume moyen est comparable à la valeur de $1,0 \pm 0,4$ ml obtenue chez le bélier Rahmani de l'Egypte (Yassein, 2009), ainsi que celle de $1,35 \pm 0,03$ ml obtenue chez le bélier Tushin en Turquie (Umut *et al.*, 2011) et enfin à celle de $1,1 \pm 0,3$ ml obtenue chez le bélier Dorper en Afrique du Sud (Malejane *et al.*, 2014).

La note moyenne de motilité de 3,4 qui ressort des résultats de cette étude est proche des moyennes de $3,0 \pm 0,5$ et $3,0 \pm 1,3$ obtenues respectivement chez les béliers locaux Touaregs (Issa *et al.*, 2001) et Peuls du Niger (Lebbie and Kagwini, 1996). Cette moyenne est comparable aussi à celle obtenue chez les béliers *D'man* qui varie entre 2 et 3 (Chafri et Mahouechi, 2009), de même qu'à la moyenne de $3,5 \pm 0,3$ obtenue chez le bélier Dorper (Malejane *et al.*, 2014). Cette note de motilité est une caractéristique importante dans la prise de décision sur l'acceptation ou le rejet d'un éjaculat pour les traitements ultérieurs et son utilisation dans l'insémination artificielle (Briand-Amirat *et al.*, 2006, Bharatkumar et Siddiquee, 2013) ou pour la cryoconservation.

La concentration moyenne de 1322 ± 544 millions de spermatozoïdes par millilitre est similaire à celle obtenue chez les béliers *D'man* (Chafri et Mahouechi, 2009), qui est d'environ 1200 millions. Par contre, elle est très inférieure à la moyenne de 4265 ± 762 millions obtenue chez les béliers Peuls du Niger (Issa *et al.*, 2001) et est nettement supérieure aux $121,9 \pm 0,6$ millions obtenus chez les béliers Karradi en Iraq (Al-Samarrae, 2009).

Plusieurs auteurs ont étudié l'effet de l'âge des béliers sur ces paramètres spermatiques. Par exemple, David en 2008, rapporte que chez les races ovines Lacaune et Manech tête rousse, les caractères de production de semence de l'animal jeune sont différents de ceux de l'animal adulte. Ainsi, les béliers adultes produisent plus de sperme que les jeunes béliers. Il rapporte également que c'est à partir de l'âge de trois ans que les caractéristiques spermatiques des béliers commencent à décroître. Concernant la présente étude, le résultat est difficilement interprétable en raison du nombre limité de béliers. Il aurait peut être été possible d'observer cet effet de l'âge des béliers sur ces paramètres avec un nombre plus important de béliers.

Relation entre les mesures corporelles et les caractéristiques spermatiques des béliers Koundoum

Le manque de corrélation pertinente entre les mesures corporelles et les caractéristiques spermatiques révélé par cette étude a été également observé chez des béliers métis (ArkharMerino×Ghezel et Ghezel×Baluchi) en Iran (Moghaddam et Pourseif, 2014). Dans cette étude, cela peut être dû à la taille réduite de l'échantillon de béliers. La forte corrélation trouvée entre le poids vif et la mesure du périmètre thoracique a été rapportée également par plusieurs auteurs qui ont utilisé cette mesure dans l'estimation du poids vif des animaux d'élevage. Ainsi, par exemple une forte corrélation phénotypique (0,72) entre le poids vif et la mesure du périmètre thoracique a été rapportée chez le mouton Karya en Turquie (Yilmaz *et al.*, 2013). C'est sur la base de cette forte corrélation que ce paramètre est utilisé chez plusieurs espèces animales pour la prédiction de leur poids vif. La connaissance de ce dernier est indispensable pour la gestion quotidienne d'un élevage. Il permet non seulement d'apprécier l'évolution pondérale des animaux, mais constitue également un important outil d'aide à la décision pour la sélection, l'alimentation et les soins de santé (Aladé *et al.*, 2008 ; Birteeb et Ozoje, 2012). La corrélation positive entre la concentration du sperme en spermatozoïdes et le volume de l'éjaculat observée ici corrobore le résultat ($r = 0,38$) obtenu entre ces deux paramètres chez le taureau Kankrej en Inde (Bharatkumar et Siddiquee, 2013). La faible corrélation enregistrée entre la note de motilité du sperme et le poids vif des béliers dans cette étude a été révélée chez le bélier Yankassa au Nigeria (Akpa *et al.*, 2012) ($p > 0,05$; $r = 0,16$).

Conclusion

Cette étude confirme que l'observation biquotidienne des manifestations des cycles sexuels par l'utilisation d'un bélier boute-en-train permet d'identifier une importante partie des brebis en œstrus. Il montre que les brebis de la race Koundoum ont un cycle œstral similaire à ceux de nombreuses autres races ovines. La connaissance de la durée de ce cycle et de celle de l'œstrus est un élément de base pour la maîtrise de la fonction sexuelle des brebis. Chez les béliers Koundoum, seulement 4 sur les 8 béliers concernés par cette étude, ont acceptés la collecte de leur semence à l'aide du vagin artificiel, illustrant le caractère craintif de la race. Néanmoins, les informations obtenues lors de cette étude peuvent être une base permettant de poser les premiers jalons du programme de conservation et d'amélioration de cette race, notamment à travers la cryoconservation du matériel séminal des béliers.

Remerciements

Les auteurs adressent leurs sincères remerciements à la Coopération Technique Belgique pour le financement de ce travail et à la Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni de Niamey pour avoir mis les animaux expérimentaux à leur disposition. Ils expriment également leur gratitude à ABDOU MOUSSA Maaouia technicien du laboratoire d'insémination artificiel de la faculté d'agronomie et BELLO Boubacar pour sa contribution lors des contrôles de chaleurs des brebis et la collecte de la semence des béliers.

Références

ABDELSALAM Q T., MOHAMMED M A. : Awassi sheep reproduction and milk production: review. *Trop. Anim. Health Prod.*, 2011, **43**, 1319-1326.

AKPA G N., SULEIMAN I O., ALPHONSUS C. : Relationships between body and scrotal measurements, and semen characteristics in Yankasa ram. *C. J. Anim. Vet. Res.*, 2012, **4**, 7-10.

ALADE N K., RAJI A O., ATIKU M A. : Determination of appropriate model for the estimation of body weight in goats. *J. Agric. Biol. Sci.*, 2008, **3**, 52-57.

AL-SAMARRAE S H. : Semen quality of Arrabi and Karradi Iraqi rams. *Diyala Agric. Sci. J.*, 2009, **1**, 30-36.

AYANTUNDE A A., FERNANDEZ-RIVERA S., DAN-GOMMA A. : Sheep Fattening with Groundnut Haulms and Millet Bran in the West African Sahel. *Revue Élev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 2008, **61**, 215-220.

BARKER J S F. : Conservation of livestock breed diversity. *AGRI*, 1999, **25**, 33-43.

BERGER Y., GINISTY L. : Bilan de 4 années d'étude de la race ovine Djallonké en Côte-d'Ivoire. *Rev. Elev. Med. Vét. Pays Trop.*, 1980, **33**, 71-78.

BHARATKUMAR R P., SIDDIQUEE G M. : Physical and morphological characteristics of Kankrej bull semen. *Vet. World.*, 2013, 405-408.

BIRTEEB P T., OZOJE M O. : Prediction of live body weight from linear body measurements of West African Long-Legged and West African Dwarf sheep in northern Ghana. *J. Anim. Feed Res.*, 2012, **2**, 427-434.

BOLY H., PENEME B M L., SAWADO L., SULON J., BECKERS J F., LEROY P L. : Effet dose réponse de la gonadotropine (PMSG) sur la reproduction de la brebis Djallonké variété 'Mossi'. *Tropicultura*, 2000, **18**, 126-129.

BOUJENANE I. : Reproduction and production performance of Moroccan sheep breeds. *Perspect. Agri. Vet. Sci. Nutr. Nat. Resour.*, 2006, **14**, 1-18.

BRIAND-AMIRAT L., ANTON M., GERARD O., TAINTURIER D. : Etude de la fertilité *in vitro* de la semence de taureau après congélation-décongélation avec les LDL du jaune d'oeuf de poule : Comparaison avec l'Optidyl®, dilueur commercial à base de jaune d'oeuf. *Revue Méd. Vét.*, 2006, **157**, 205-212.

CHAFRI N., MAHOUECHI M. : Effet du niveau alimentaire avant et après sevrage sur la production spermatique des béliers *D'man*. *Renc. Rech. Ruminants*, 2009, **16**, 318.

CHARRAY D., COULOUMB J., HAUMESSER J B., PLANCHENAULT D. : Les petits ruminants d'Afrique centrale et d'Afrique de l'ouest synthèse des connaissances actuelles, 295 pages, IEVMT Editeur, Maisons- Alfort, 1980.

CSEH S., FAIGL V., AMIRIDIS G S. : Semen processing and artificial insemination in health management of small ruminants. *Anim. Reprod. Sci.*, 2012, **130**, 187– 192.

DAVID I. : Analyse génétique et modélisation de la production de semence et de la réussite de l'insémination artificielle en ovine. PhD thesis. Agro Paris Tech, 2008.

ELITS B E. : Theoretical aspects of canine cryopreserved semen evaluation. *Theriogenology*, 2005, **64**, 685-691.

FAHEYA G., DUFFY P., FAIR S. : Effect of exposing rams to a female stimulus before semen collection on ram libido and semen quality. *J. Anim. Sci.*, 2012, **90**, 3451-3456.

FAO. : Manuel de formation pour l'insémination artificielle chez les ovins et les caprins édité par Baril et al. Rome. 1993.

FAO. : L'état des ressources zoogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde, édité par Barbara Rischkowsky et Dafydd Pilling. Rome. 2008.

GAILLARD Y. : Caractéristiques de la reproduction de la brebis oudah. *Rev. Elev. Méd. Vet. Pays Trop.*, 1979, **32**, 265-290.

GBANGBOCHE A B., HORNICK J-L., ADAMOU N M., EDORH A P., FARNIR F., ABIOLA F A., LEROY P L. : Caractérisation et maîtrise des paramètres de la reproduction et de la croissance des ovins Djallonké (*Ovis amon aries*). *Ann. Méd. Vét.*, 2005, **149**, 148-160.

HANZEN C. : L'oestrus : Manifestations comportementales et méthodes de détection. *Ann. Méd. Vét.*, 1981, **125**, 617-633.

INS. 2013. Annuaire statistique du Niger 2007- 2011. URL : [http://www.stat-niger.org/statistique/ file/Annuaire_Statistiques/INS_2012/AS2007- 2011ELEVAGE.pdf](http://www.stat-niger.org/statistique/file/Annuaire_Statistiques/INS_2012/AS2007-2011ELEVAGE.pdf) (Consulté le 24/03/2014).

ISLAM R. : Synchronization of Estrus in Cattle: A Review. *Vet. World.*, 2011, **4**, 136-141.

ISSA M., YENIKOYE A., MARICHATOU H., BANOIN M. : Spermogramme de béliers Peuls bicolores et Touaregs : influence du type génétique et de la saison. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 2001, **54**, 269-275.

JIBRIL A., ATEB I U., REKWOTC P I., OSUHOR C U. : Live weight changes, gonadal and epididymal sperm reserves of Yankasa Rams fed different levels of dried layer litter in their diets. *Sci. J. Anim. Sci.*, 2013, **2**, 59-65.

LEBBIE SHB., REY B., IRUNGU EK..1993. *Small Ruminant Research and Development in Africa*. Proceedings of the Second Biennial Conference of the African Small Ruminant Research Network, AICC, Arusha, Tanzania, 7-11 December 1992. ILCA (International Livestock Centre for Africa)/CTA (Technical Centre for Agricultural and Rural Co-operation). ILCA, Addis Ababa, Ethiopia. 268 pp.

LEBBIE S.H.B., KAGWINI E. 1996. *Small Ruminant Research and Development in Africa. Proceedings of the Third Biennial Conference of the African Small Ruminant Research Network, UICC, Kampala, Uganda, 5-9 December 1994*. ILRI (International Livestock Research Institute) Nairobi, Kenya. 326 pp.

MAKAWI S.A., MANAHIL Z.A. : Fertility response of deserts ewes to hormonal estrus synchronization and artificial insemination using Fresh diluted semen. *J. Anim. Vet. Adv.*, 2007, **6**, 385-391.

MALEJANE C.M., GREYLING JPC., RAITO MB. : Seasonal variation in semen quality of Dorper rams using different collection techniques. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 2014, **44**, 26-32.

MOGHADDAM G H., POURSEIF M M. : Simultaneous study of some of male breeding soundness indices and sexual urge on the crossbreed rams. *Slovak J. Anim. Sci.*, 2014, **47**, 25-32.

NATIONS UNIES. : Convention sur la diversité biologique.1992. URL : <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-fr.pdf> (Consulté le 29/05/2014).

OBERLENDER G., MURGAS L.D.S., ZANGERONIMO M G., SILVA A.C., PEREIRA L.J., MUZZI R.A L. : Comparison of two different methods for evaluating boar semen morphology. *Arch. Med. Vet.*, 2012, **44**, 201- 205.

OMONDI I., BALTENWECK I., DRUCKER A G., OBARE G., ZANDER K.K. : Economic valuation of sheep genetic resources: implications for sustainable utilization in the Kenyan semi-arid tropics. *Trop. Anim. Health Prod.*, 2008, **40**, 615–626.

OYEYEMI M.O., OLUKOLE S G., BOLANLE T., DEBORAH A.A. : Sperm Motility and Viability in West African Dwarf Rams Treated with *Euphorbia hirta*. *Int. J. Morphol.*, 2009, **27**, 459-462.

RICHARD D., HUMBERT F., DOUMA A. : Essais d'alimentation de moutons au Niger, 142 pages, Maisons- Alfort., 1985.

SARGISON N. : Sheep Flock Health: A Planned Approach Blackwell Publishing Ltd, 9600 Garsington Road, Oxford OX4 2DQ, UK. 2008.

SCHOENIAN S. : A beginner's guide to raising sheep. University of Maryland, 2012. URL : <http://www.sheep101.info/201/ewerepro.html> (Consulté le 29/05/ 2014).

SYED M., KHURSHEED N., VEERASAMY S., SHAIKH A-K. : Effect of feed flushing during summer season on growth, reproductive performance and blood metabolites in Malpura ewes under semiarid tropical environment. *Trop. Anim. Health Prod.*, 2013, **45**, 143–148.

UMUT Ç A., NECDET C.L., SAVAŞ Y., RECAI k., YAVUZ Ö. Effects of semen collection interval on fresh and frozen semen parameters in Tushin rams. *Bull. Vet. Inst. Pulawy.*, 2011, **55**, 67-70.

VAILLANCOURT D., LEFEBVRE R. : La gestion de la reproduction chez les petits ruminants : Le contrôle du cycle oestral. *Le Médecin Vétérinaire du Québec.*, 2003, **33**, 1-2, 43-49.

VIKRAMA C.P., Sri B.N. : Use of Assisted Reproductive Technologies for Livestock Development. *Vet World.*, 2010, **3**, 238-240.

YAHIMI A., DJELLATA N., HANZEN C., KAIDI R. : Analyse des pratiques de détection des chaleurs dans les élevages bovins laitiers algériens. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 2013, **66**, 31-35.

YASSEIN M.H. : Semen quality and relevant blood plasma parameters of Rahmani rams fed different dietary energy levels. *Arch. Zootec.*, 2009, **12**, 64-72.

YENIKOYE A., ANDRE D., RAVAUULT J.P., MARIANA J.C. : Etudes de quelques caractéristiques de reproduction chez la brebis Peulh, du Niger. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 1981, **21**, 937-951.

YILMAZ O., CEMAL I., KARACA O. : Estimation of mature live weight using some body measurements in Karya sheep. *Trop. Anim. Health Prod.*, 2013, **45**, 397– 403.

Chapitre V: “Q Methodology” for Mapping Stakeholder Viewpoints in Biodiversity Management, an application in Niger

Ce chapitre présente une étude menée en fin de recherche doctorale. Elle vise à prendre le recul nécessaire afin de juger des pistes à envisager pour améliorer les stratégies de conservation, dépassant les pistes et contraintes techniques déjà soulevées et dépassant le seul cas du mouton Koundoum. La méthode choisie est celle d’une analyse des points de vue des parties prenantes potentielles de tout programme de conservation des ressources zoogénétiques au Niger. Cette analyse a été réalisée à travers l’application de la méthode Q pour cartographier les différents points de vue des répondants sur l’importance de la biodiversité et de sa conservation. Cette étude est présentée sous sa forme actuellement soumise pour publication.

“Q Methodology” for Mapping Stakeholder Viewpoints in Biodiversity Management, an application in Niger

Issa HAMADOU^{1,2,4}, Seyni SIDDO^{1,2}, Nassim MOULA^{2,3*}, Moumouni ISSA⁴, Hamani MARICHATOU⁴, Pascal LEROY^{2,3}, Nicolas ANTOINE-MOUSSIAUX^{2,3}.

1 Department of Animal Production, National Institute of Agronomic Research of Niger, P.O. Box 429, Niamey, Niger

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

3 Tropical Veterinary Institute, Faculty of Veterinary Medicine, University of Liège, Quartier Vallée 2, Avenue de Cureghem 6, building B43, 4000 Liège, Belgium

4 Department of Animal Production, Faculty of Agronomy, Abdou Moumouni University, P.O. Box 10 960, Niamey, Niger

Abstract

The purpose of this paper is to examine viewpoints of potential stakeholders likely to contribute to the success of the management and conservation of farm animal biodiversity in Niger. The research applies the Q-methodology in order to reveal consensual and divergent discourses. After the development of the set of items on the topic of biodiversity (Q sample), the arrangements of the statements were realized by the respondents through a 7-grades Likert scale, from -3 to +3. The analysis of Q-sorts data with the q method package under the R software highlighted three distinct viewpoints of the stakeholders on the importance of biodiversity in agriculture and animal husbandry, the balance between progress and preservation and the different methods of conservation. The study shows an apparent consensus on the importance of biodiversity that is obviously a promoted topic in the country. Behind the consensus, different discourses are defined that all appear divided by the same dilemma between conservation and economic development. Understanding the different answers and weight attributed to each of the components of the dilemma will guide awareness-raising campaigns and help pinpoint divergent interests among stakeholders.

Key Words: Biodiversity, Conservation, Niger, Q methodology, Stakeholders, Viewpoints

Introduction

Over the past 50 years, the pressure on Earth's ecosystems has shown a dramatic increase due to the rapidly growing demand for food, water and energy. These rapid ecological changes and the ensuing threats on ecological services in general have spurred international debates and agreements (M.E.A. 2005; Hajer and Versteeg 2005). These debates led to the adoption in 1992 of a Convention on Biological Diversity by 194 countries worldwide, including Niger. As part of fulfilling this commitment, conservation programs of rare farm breeds are undertaken in the country. In Niger as in other developing countries, the loss of biodiversity in farm animals is tightly linked to the rapid evolution of production systems in response to the growing demand for livestock products ensuing from urbanization and the rise of incomes, often termed Livestock Revolution (Delgado *et al.*, 1999; Tisdell 2003). While the importance of livestock biodiversity may be critical to poor smallholders, for many other actors the value of farm animals biodiversity will be an option value, i.e. a non-use value often coming in contradiction with their short-term interests (Simon 2003; Rege and Gibson 2003).

Farm animals biodiversity conservation programs involve a great diversity of stakeholders that have to work together and make collective choices (Lauvie *et al.*, 2008). Therefore, it is of prime importance while undertaking costly programs of conservation to have a fine understanding of the different opinions of these stakeholders. Indeed, the choice of the strategy of conservation (*in situ* vs. *ex situ*; *in vivo* vs. *ex vivo*) and finally the success and sustainability of a program will depend on its ownership among stakeholders. This entails on the one side a certain level of awareness of the collective problem for these stakeholders, and thus the possible need for awareness raising campaigns. On the other side, the program itself should be framed in a way that does not fundamentally contradict private interests or beliefs of its parts. Both aspects entail the need for understanding the diversity of opinions in the target group about the importance of a program, its goals and its methods.

Among the variety of methods developed in social sciences to investigate individuals' beliefs and opinions, the so-called Q-methodology is a technique that helps identifying the patterns of subjective perspectives held by a group of interviewees for examining social problems (Brown 1980; Previte *et al.*, 2007; Lazard *et al.*, 2011). Q-method may be best described as a qualitative exploratory technique, exploiting the statistical approach of factor analysis for the rigorous framing of the analysis of similarities across individual opinions (Watts and Stenner 2005; Lazard *et al.*, 2011). This method has now been extensively applied to diverse issues within environmental policy, including conservation of biodiversity (Sandbrook *et al.*, 2011;

Rastogi *et al.* 2013), sustainable community-based natural resource management (Gruber 2011; Ray 2011) and climate change (Morinière et Hamza 2012).

Basically, the Q-method consists in the submission of a list of chosen statements, the Q-sample, to a small, purposive sample of key-categories of actors (Farquhar and Meeds 2007). Each statement will have to be tagged by the interviewee according to its level of agreement with this statement relative to other statements, which makes the Q-method fundamentally different from standard opinion surveys (Sandbrook *et al.* 2011). Diverse scales may be used, classically centered on a zero value, attributing negative scores to disagreement and positive scores to agreements. The mathematical handling of results involves a procedural inversion of conventional factor analysis in order to identify associations between interviewees' scores (Lazard *et al.* 2011). While classical factor analysis leads to the creation on basis of many variables of a few synthetic variables, the Q-method leads to the creation on basis of real interviewee opinions of a few synthetic opinions that may help identify shared viewpoints and reveal underlying differences in social perspectives (Sandbrook *et al.* 2011). As a qualitative method, it does not allow for and does not aim at inference on larger populations. Indeed, the sampled interviewees are not meant as representative of a population. Rather, they are chosen on basis of the expected diversity of their opinions or their key role in a particular question. In the present study, Q-methodology was adopted as a means to provide insights into stakeholder perspectives on biodiversity in Niger, and more precisely about the importance of biodiversity in agriculture and animal husbandry, the balance between progress and conservation and the value of the different methods of conservation.

Materiel and Methods

Setting and time

This study was conducted in Niamey and three communes of the area corresponding to the cradle of Koundoum sheep: N'dounga, Namaro and Bitinkodji. It was carried out on a sample of representatives of socio-professional categories involved in this program, namely livestock professionals and researchers, all located in Niamey, and political representatives of the three cited communes. The study was conducted during the period from March to April 2014.

Statements sampling: development of the Q sample

In accordance with the recommendation of Van Exel and De Graaf (2005), a set of items on the topic of biodiversity was first developed. Q sample establishment was done based on an extensive review of the academic literature on biodiversity, media, and pilot interviews with

people working on rural development, and animal breeding professionals. The questionnaire was pilot-tested on a convenience sample of five persons. The test helped adapting the questionnaire to ensure the clarity of the statements. Then content and face-validity were ensured by subjecting the final set of items to assessment and review by an expert as recommended by Akhtar-Danesh *et al* (2011). Finally, 48 statements were established, covering importance of biodiversity in agriculture and animal husbandry, the balance between progress and conservation, and the value of the different methods of conservation. These statements are listed in Table 1.

Tableau 0-1 Q-sample of statements about importance of biodiversity and its conservation

N°	Statements
1	Agricultural biodiversity is important for the country's food security
2	Family farming promotes the biodiversity of farm animals
3	Family farming promotes crop biodiversity
4	The preservation of agricultural biodiversity requires the participation of farming communities
5	Farming communities need crop biodiversity to subsist
6	Farming communities need farm animals biodiversity to subsist
7	The loss of agricultural biodiversity is a problem for the current food security of peasants
8	The loss of agricultural biodiversity is a problem for the current food security of the whole country
9	The loss of agricultural biodiversity threatens the future of national agriculture
10	It is possible to develop national agriculture without preserving agricultural biodiversity
11	Developing national agriculture requires to abandon some indigenous breeds
12	Developing national agriculture requires to abandon all indigenous breeds
13	Indigenous breeds are abandoned because they do not respond to current needs of peasants
14	Indigenous breeds are abandoned because they do not respond to current needs of the country
15	Indigenous breeds are irreplaceable national resources
16	Indigenous breeds are culturally important for the country
17	Indigenous breeds that are abandoned today may be useful in the future
18	The diversity of farm animal breeds is needed to adapt to challenges to which agricultural production is exposed
19	Indigenous breeds have better natural resistance to the aggressions to which agricultural production is exposed (compared with foreign breeds)
20	Agricultural diversity responds to the immediate needs of human populations
21	The variety of existing breeds at a given time responds to the diversity of environments
22	The variety of existing breeds at a given time responds to the diversity of breeding objectives
23	The immediate economic interest justifies to abandon genetic diversity
24	Indigenous breeds have a value for tourism or leisure
25	Indigenous breeds have a value for food production
26	Indigenous breeds have no particular value in the present economic context
27	The country needs to invest in exotic crossbreeding to improve animal husbandry
28	Breeders must invest in exotic crossbreeding to improve animal husbandry
29	The exotic crossbreeding threatens indigenous breeds
30	Current knowledge about indigenous breeds of the country are sufficient
31	The financial resources in the country are sufficient to invest in the preservation of indigenous breeds
32	The technical capacities in the country are sufficient to ensure the preservation of indigenous breeds
33	The current market of animal products is favorable to the conservation of indigenous breeds
34	It is possible to find specific market opportunities in the country for animal products of indigenous breeds
35	It is possible to find specific markets abroad for animal products of indigenous breeds
36	The conservation of livestock biodiversity is a national priority
37	The conservation of livestock biodiversity requires a regional cooperation in West Africa
38	The farming method (intensive or extensive, sedentary, transhumant or nomadic) influences the choice of domestic animals breeds
39	The indigenous animal genetic resources are a means to increase production and productivity
40	If no clear reason explains the usefulness of a breed, its disappearance should not be a concern
41	Transhumant systems are not adapted to the strict rules of a conservation program
42	Transhumant livestock production systems promote farm animal biodiversity
43	The sedentary husbandry systems promote breeding biodiversity
44	The participation of peasants is important for conservation
45	On-farm conservation is preferable to conservation in a scientific center
46	On-farm conservation is more expensive than conservation in a scientific center
47	On-farm conservation is more complicated than conservation in a scientific center
48	Universities and research centers have a role to play in biodiversity conservation

Respondent's selection

Respondents were identified using purposive, non-random sampling as recommended by Rastogi *et al* (2013). For this study, twenty respondents (Q participants) were selected among livestock professionals, researchers and local authority. The group of respondents is referred to as the P-Sample. Thus, among the sample, four represented breeders, four researchers (two of university and two from the National Institute of Agronomic Research) and three herders' associations representative. Three respondents were technicians of the Ministry of Animal Resources of Niger. Three respondents were private veterinarians and three municipal mayors.

Data collection

The purpose of the study and instructions for task completion were explained to each participant before obtaining his consent. During face-to-face interviews, the Q-sample was presented to each respondent under the form of a list of statements with a 7 grades Likert scale for each: I totally disagree (-3), I disagree (-2), I do not really agree (-1), I am neutral (0), I fairly agree (+1), I agree (+2), I fully agree (+3). This grid was preferred for his simplicity because the respondents are not familiarized with the method. The respondents were asked to answer by checking the grade scale after reading and understanding the statement. The list of graded statement for one interviewee is termed Q-sort. Clear step-by-step instructions were provided to each participant about how to sort the cards before leaving him/her to complete the sorting alone.

Data analysis

According to the principle of the Q-method, the results are analyzed through a principal component analysis (PCA) considering interviewees as “variables” (columns) characterizing “observations” that are then represented by the statements (rows). This represents a switch of the dataset as would be usually analyzed by classical PCA (interviewees would be observations characterized by variables). Thus, in the Q-method, the set of interviewees is reduced to a restricted set of factors, which are then given an interpretation through their correlation with statements. Each factor may then be considered as a “syncretic opinion” taking account of part of the total variation observed through the complete set of interviewees. These factors or opinions are called “discourses”.

The Q-sorts were analyzed, with the goal of seeking patterns among the Q-sorts: Are there similar ways in which the respondents have prioritized the 48 statements?

The correlations between the Q sorts of all twenty respondents were calculated, creating a twenty by twenty correlation matrix. First, a centroid factor analysis produced different factors (PCA), which were then rotated according to the varimax rotation in order to maximize the correlations between factors and statements and the interpretability of discourses. This was achieved using the package qmethod under R 3.0.1 software (Zabala 2014). The main factors with eigenvalues above 1 were selected (Shinebourne 2009). Automatic flagging of Q-sorts indicated their closeness to one of the three factors based on factor loadings. Two standard criteria are used to consider a Q-sort as significantly correlated to one given factor: Q-sorts with factor loading higher than the threshold for $p\text{-value} < 0.05$, and Q-sorts with a square loading higher than the sum of square loadings of the same Q-sort in all other factors.

For each statement and each factor, z-scores are calculated. The comparison of absolute differences between factor z-scores for a given pair of factors indicates the statement as object of consensus or as distinguishing any couple of factors. One statement is called “characteristic” for a factor when its z-score on this factor is significantly different from that for all other factors (Zabala 2014). Distinguishing statements with grades +3, +2, -2 and -3 are those mobilized in the qualitative characterization of factors and their description as typical perspectives emerging from the P-set (Shabila *et al.* 2014).

Results

Principal Component Analysis

Factor analysis performed on the different arrangements of the statements made by the 20 respondents determined a statistically significant model proved by the three composite reliabilities (0.96; 0.97 and 0.94). The VARIMAX rotation has lead to the definition of three factors, determining a total explained variance of 61.13%. Table 2 shows the factors’ main characteristics and correlations between factors.

Tableau 0-2 Factors characteristics and correlations with Varimax rotation

Characteristics	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Eigenvalue	4.79	4.72	2.71
Number of defining variables (sorts)	7	9	4
% Variance explained	23.97	23.60	13.56
Composite reliability	0.96	0.97	0.94
Correlations			
Factor 1	1.0		
Factor 2	0.61	1.0	
Factor 3	0.47	0.54	1.0

Consensus and non-structuring statements

As detailed in Table 3, all groups strongly agree that agricultural biodiversity is important for food security of the country (1), that its preservation requires the cooperation of the farming communities (4), that these communities need this biodiversity to subsist (5), and that its loss threatens the country's agriculture (9). They all strongly agree that agricultural diversity responds to the immediate needs of human populations (20) and the variety of existing breeds at a given time responds to the diversity of environments (21). In addition, there is a shared view that specific market opportunities exist for the products of indigenous breeds (34). They finally all agree that the mode of rearing influences the choice of domestic animals breeds (38), that transhumance livestock systems particularly promote the diversity of these breeds (42) and that the participation of peasants is important for the conservation of diversity (44).

Consensus was also observed against the statement according to which it is possible to develop the national agriculture without preserving agricultural biodiversity (10) and against the abandonment of all indigenous breeds to develop the national agriculture (12). All respondents agree on the insufficiency of the technical capacity in the country to ensure the preservation of these breeds (32). Non-structuring statements, which make any difference between the three groups and consensus statements, are presented in Table 3.

Tableau 0-3 Consensus and non-structuring statements

		Factor score		
N°	Statements	F1	F2	F3
Consensus statements				
1	Agricultural biodiversity is important for the country's food security	3	3	3
4	The preservation of agricultural biodiversity requires the participation of farming communities	3	3	3
5	Farming communities need crop biodiversity to subsist	3	3	3
9	The loss of agricultural biodiversity threatens the future of national agriculture	3	3	3
10	It is possible to develop national agriculture without preserving agricultural biodiversity	-3	-3	-3
20	Agricultural diversity responds to the immediate needs of human populations	3	3	3
21	The variety of existing breeds at a given time responds to the diversity of environments	3	3	3
32	The technical capacities in the country are sufficient to ensure the preservation of indigenous breeds	-2	-2	-3
34	It is possible to find specific market opportunities in the country for animal products of indigenous breeds	3	3	3
38	The farming method (intensive or extensive, sedentary, transhumant or nomadic) influences the choice of domestic animals breeds	3	3	3
42	Transhumant livestock production systems promote farm animal biodiversity	3	3	3
44	The participation of peasants is important for conservation	3	3	3
Non-structuring statements				
7	The loss of agricultural biodiversity is a problem for the current food security of peasants	3	3	3
12	Developing national agriculture requires to abandon all indigenous breeds	-3	-3	-3
17	Indigenous breeds that are abandoned today may be useful in the future	3	3	3
48	Universities and research centers have a role to play in biodiversity conservation	3	3	3

Tableau 0-4 Statement distinguishing all three factors between them

		Factor score		
N°	Statements	F1	F2	F3
11	Developing national agriculture requires to abandon some indigenous breeds	-3	-3	3
13	Indigenous breeds are abandoned because they do not respond to current needs of peasants	2	-3	-2
14	Indigenous breeds are abandoned because they do not respond to current needs of the country	0	-3	-2
15	Indigenous breeds are irreplaceable national resources	0	3	-2
22	The variety of existing breeds at a given time responds to the diversity of breeding objectives	3	3	2
27	The country needs to invest in exotic crossbreeding to improve animal husbandry	-2	3	3
31	The financial resources in the country are sufficient to invest in the preservation of indigenous breeds	3	-2	-3
36	The conservation of livestock biodiversity is a national priority	-2	3	3
40	If no clear reason explains the usefulness of a breed, its disappearance should not be a concern	-3	-2	3
46	On-farm conservation is more expensive than conservation in a scientific center	-3	0	-2

Tableau 0-5 Statement distinguishing each factor from the rest

		Factor score		
N°	Statements	F1	F2	F3
Distinguishing factor 1 from the rest				
16	Indigenous breeds are culturally important for the country	2	3	3
23	The immediate economic interest justifies to abandon genetic diversity	-2	-3	-3
28	Breeders must invest in exotic crossbreeding to improve animal husbandry	-2	3	3
33	The current market of animal products is favorable to the conservation of indigenous breeds	2	-2	0
43	The sedentary husbandry systems promote breeding biodiversity	3	2	2
47	On-farm conservation is more complicated than conservation in a scientific center	-2	3	3
Distinguishing factor 2 from the rest				
24	Indigenous breeds have a value for tourism or leisure	3	2	3
29	The exotic crossbreeding threatens indigenous breeds	3	-2	3
30	Current knowledge about indigenous breeds of the country are sufficient	-3	0	-3
35	It is possible to find specific markets abroad for animal products of indigenous breeds	3	3	3
41	Transhumant systems are not adapted to the strict rules of a conservation program	3	-2	3
45	On-farm conservation is preferable to conservation in a scientific center	3	0	3
Distinguishing factor 3 from the rest				
2	Family farming promotes the biodiversity of farm animals	3	2	-3
3	Family farming promotes crop biodiversity	0	3	0
6	Farming communities need farm animals biodiversity to subsist	3	3	-2
8	The loss of agricultural biodiversity is a problem for the current food security of the whole country	3	3	2
18	The diversity of farm animal breeds is needed to adapt to challenges to which agricultural production is exposed	3	3	3
19	Indigenous breeds have better natural resistance to the aggressions to which agricultural production is exposed (compared with foreign breeds)	3	3	3
25	Indigenous breeds have a value for food production	3	3	3
26	Indigenous breeds have no particular value in the present economic context	-3	-3	0
37	The conservation of livestock biodiversity requires a regional cooperation in West Africa	3	3	3
39	The indigenous animal genetic resources are a means to increase production and productivity	3	3	-2

Discourses and perspectives

Tables 4 and 5 present, respectively, the statements distinguishing all three factors between them and those distinguishing one factor from the two others. These are mobilized here under to describe the discourse corresponding to each factor.

Factor and Discourse 1

Factor 1 explains 23.97% of the total variance and is closely related to the Q sorts of seven respondents, i.e. four breeders, one veterinarian and two university researchers. According to this view, and contrary to other factors, financial resources in the country are considered sufficient to invest in the preservation of indigenous breeds (31) and investments in exotic crossbreeding are not needed to improve animal husbandry (27, 28). It states that indigenous breeds are abandoned because they do not respond to current needs of peasants (13) but the current market of animal products is considered favorable to their conservation (33). Also, on-farms conservation of breeds is not felt more complicated than in a scientific center (47). It

further opposes itself to other viewpoints in that livestock biodiversity conservation is not presented as a priority for Niger (36). Finally, this viewpoint is neutral to the statement that indigenous breeds are abandoned because they do not respond to current needs of the country, while other viewpoints strongly deny this statement (14).

Factor and Discourse 2

Factor 2 explains for its part 23.60% of the total variance. This discourse relates to the Q sorts of nine respondents, including three representatives of the breeders' associations, three technicians of the Ministry of Animal Resources of Niger, one veterinarian, one researcher from the National Institute for Agricultural Research of Niger and finally, one communal authority.

Unlike other viewpoint, this one considers indigenous breeds are irreplaceable national resources (15). It is neutral to the statements according to which current knowledge about indigenous breeds of the country is sufficient (30) (while other viewpoints strongly disagree) and on-farm conservation is preferable to conservation in a scientific center (45) (while other viewpoint strongly agree). Finally it does not agree that the exotic crossbreeding threatens indigenous breeds (29) and does not consider transhumant systems as not adapted to the strict rules of a conservation program (41).

Factor and Discourse 3

The third factor explains 13.56% of the total variance and relates to the Q sorts of four persons, including two mayors representing the political authority, one private veterinarian and one researcher of the National Institute for Agricultural Research of Niger.

This viewpoint fully accepts that developing the national agriculture requires to abandon some indigenous breeds (11). Accordingly, if no clear reason explains the usefulness of a breed, its disappearance should not be a concern (40). They are neutral to the statement that indigenous breeds have no particular value in the present economic context (26). Besides it does not consider that the indigenous breeds are irreplaceable national resources (15), nor a means to increase production and productivity (39), nor is it needed for subsistence of farming communities (6). Family farming is not seen as promoting the biodiversity of farm animals (2).

Discussion

The composite reliability coefficients (0.96, 0.97 and 0.94) all significantly exceeded the minimal acceptable value of 0.7 recommended by Van Exel and De Graaf (2005). Thus, the respective construction of the three factors may be considered here valid. This indicates a good estimation of respondent's viewpoints on farm animal diversity in Niger by Q methodology. All the three factors have more than two sorts that load significantly on it alone, suggesting that each factor represented a commonly held view that can be interpreted (Shinebourne 2009).

The three viewpoints constitute tentative interpretations of sets of beliefs and opinions of the respondents. The three views, in fact, cannot be easily drawn on to simplistic categories of defenders and adversaries of farm animal biodiversity conservation. Nevertheless, some major observations may be suggested here. First, the consensual statements all relate to a positive vision of biodiversity, stating its importance. Hence, according to this consensus, the overall opinion would be to consider as massively pro-biodiversity. Nevertheless, further analysis of statements indicates that behind this apparent consensus the sampled stakeholders hold divergent views on the exact importance of biodiversity in agriculture and animal husbandry, on the balance between progress and conservation, and on the different methods of conservation.

Although the aim of a Q method is not to infer on the frequency of a discourse among a particular category of respondents, it is remarkable that all the breeders interviewed in this study adopt the same discourse, i.e. the first discourse that is the most pro-biodiversity of the three discourses. This preliminary observation would deserve further quantitative approaches to be ascertained. Secondly, we may note (with similar reservations) a convergence of viewpoints along factor 2 between professionals who are in close contact with breeders, particularly representatives of breeders' associations and technicians of the Ministry of Animal Resources of Niger.

Discourses 1 and 2 appear to be favorable to biodiversity conservation but each of these contains several statements that may be considered contradictory to some extent. The convergence of these viewpoints can be also illustrated by the high correlation coefficient between them (0.61). As already announced, discourse 1 is nevertheless more pro-biodiversity. It is aware of known mechanisms of indigenous breeds dereliction, i.e. the lack of present demand from users, but keeps confidence in its potential (no need for crossbreeding to improve production, and markets being felt favorable). The contradiction may be

interpreted here as resulting from the discourse being shared between the negative vision of the undergoing neglect of indigenous breeds and the willingness to state its possible conservation and even promotion.

On the contrary, although it considers indigenous breeds as irreplaceable resources, discourse 2 agrees that the country needs to invest in exotic crossbreeding to improve animal husbandry and is not aware of the threat posed by crossbreeding to indigenous breeds. This discourse therefore appears as deeply divided between the conservation and the modernization messages that are promoted in the country. Indeed, this discourse is consistent with the policy of the state of Niger concerning the improvement of local breeds production. It corresponds to a technical view of genetic improvement, mainly through crossbreeding, to increase production rapidly and meet international product standards to cover the national demand and integrate international markets. However, the “opposite” policy of conservation that justifies the present work is simultaneously promoted. The respondents showing proximity with this discourse might be especially considered as exposed to both messages, resulting in a confusing viewpoint.

Discourse 3 represents a more clearly productivity-biased discourse that might partly reflect the Government strategy for livestock improvement, as evoked here above. Nevertheless, as in discourse 2, this viewpoint is also the result of an unsolved dilemma between economic development and biodiversity conservation (the importance of which is subject to a wide consensus in this study).

Conclusion

In conclusion, since stakeholders’ involvement is needed, paying attention to individual subjectivities is relevant to plan actions for the promotion and conservation of biodiversity. Q methodology, as employed in this study, can help identifying the features of the discourses on importance of this biodiversity and its conservation. An interesting result of the study is the apparent consensus on the importance of biodiversity that is obviously a promoted topic in the country. Behind the consensus, different discourses are defined that all appear divided by the same dilemma between conservation and economic development. Understanding the different answers and weight attributed to each of the components of the dilemma will guide awareness-raising campaigns and help pinpoint divergent interests among stakeholders.

References

AKHTAR-DANESH N, DEHGHAN M, MORRISON K M, FONSEKA S (2011) Parents' perceptions and attitudes on childhood obesity: A Q-methodology study. *J. Am. Assoc. Nurse Pract* 23:67–75.

BROWN S.R (1980) *Political Subjectivity applications of Q methodology in political science*. New haven and London, Yale university press.

DELGADO C, ROSEGRANT M, STEINFELD H, EHUI S, COURBOIS C (1999) *Livestock to 2020. The next food revolution*. IFPRI, FAO paper.

FARQUHAR L.K, MEEDS R (2007) Types of Fantasy Sports Users and Their Motivations. *J. Comput. Mediat. Commun*, 12:1208–1228.

GRUBER J.S (2011) Perspectives of Effective and Sustainable Community-based Natural Resource Management: An Application of Q Methodology to Forest Projects. *Conservat. Soc.* 9:159-171.

HAJER M, VERSTEEG W (2005) A decade of discourse analysis of environmental Politics: Achievements, challenges, Perspectives. *J. Envl. Policy. Plann*, 7:175-184.

LAUVIE A, DANCHIN-BURGE C, AUDIOT A, BRIVES H, CASABIANCA F, VERRIER, E (2008) A controversy about crossbreeding in a conservation programme: The case study of the Flemish Red cattle breed. *Livest. Sci*, 118:113–122.

LAZARD L, CAPDEVILA R, ROBERTS A (2011) Methodological Pluralism in Theory and in Practice: The Case for Q in the Community. *Qual. Res. Psychol*, 8:140–150.

M.E.A.(Millennium Ecosystem Assessment) (2005) *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. *Island Press*, Washington, DC.

MORINIERE L.C.E, HAMZA M (2012) Environment and Mobility: A View from Four Discourses. *Ambio*, 41:795–807.

PREVITE J, PINI B, HASLAM-MCKENZIE F (2007) Q Methodology and Rural Research. *Sociol. Rural*, 47:135- 147.

RASTOGI A , HICKEY G.M, BADOLA R, HUSSAIN S.A (2013) Diverging viewpoints on tiger conservation: A Q-method study and survey of conservation professionals in India. *Biol. Cons*, 161:182–192.

RAY L (2011) Using Q-methodology to identify local perspectives on wildfires in two Koyukon Athabascan communities in rural Alaska. *Sustainability: Sci. Pract. Policy*, 7:18-29.

REGE J.E.O, GIBSON J.P (2003) Animal genetic resources and economic development: issues in relation to economic valuation. *Ecol. Econ*, 45:319–330.

SANDBROOK C, SCALES I R, VIRA B, ADAMS W.M (2011) Value Plurality among Conservation Professionals. *Conserv. Biol*, 25:285-294.

SHABILA N.P, AL-TAWIL N.G, AL-HADITHI T.S, SONDORP E (2014) Using Q-methodology to explore people's health seeking behavior and perception of the quality of primary care services. *BMC. Public. Health*, 2014, 14:2.

SHINEBOURNE P (2009) Using Q Method in Qualitative Research. *Int. J. Qual. Methods*, 8:93-97.

SIMON A (2003) Animal genetic resources and sustainable livelihoods. *Ecol. Econ*, 45:331-339.

TISDELL C (2003) Socioeconomic causes of loss of animal genetic diversity: analysis and assessment. *Ecol. Econ*, 45:365-376.

VAN EXEL NJA, DE GRAAF G (2005) Q methodology: A sneak preview. [available from www.jobvanexel.nl].

WATTS S, STENNER P (2005) Doing Q methodology: theory, method and interpretation. *Qual. Res. Psychol*, 2:67-91.

ZABALA A (2014) Q method: A Package to Explore Human Perspectives Using Q Methodology. *The R. Journal*, Vol. 6/2.

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

1. Discussion générale

Le mouton Koundoum représente la principale mouton à laine du Niger et est exclusivement élevé dans les îles et sur les bords du fleuve Niger, depuis la frontière du Mali jusqu'à Niamey. Il constitue une source de nourriture et de revenus pour les agriculteurs ruraux de cette zone. Cette race est reconnue pour sa production de laine et sa remarquable adaptation à l'humidité dans la vallée du fleuve Niger. Peu d'informations sont disponibles sur les caractéristiques de cette race alors qu'on assiste à une régression drastique de son effectif. La documentation des caractéristiques d'une race est importante pour son utilisation et sa conservation. Cette étude a été entreprise pour documenter (i) le système de production et les caractéristiques morpho-biométriques du mouton Koundoum, (ii) les préférences des éleveurs et leur disposition à payer ou à recevoir une compensation pour les caractéristiques des ovins, (iii) les caractéristiques de reproduction du mouton Koundoum et (iv) les points de vue des parties prenantes potentielles susceptibles de contribuer à la réussite de la gestion et la conservation de la biodiversité des animaux d'élevage au Niger.

Ainsi, pour caractériser la race et comprendre son contexte de production une enquête a été menée auprès des producteurs de l'habitat du mouton Koundoum (Chapitre II). Cette première étude a mis en évidence que le manque de débouchés pour la laine, qui est le principal atout de la race Koundoum, comme déjà signalé en 1975 par Toubou, a conduit la plupart des éleveurs à orienter leurs choix vers les races mieux conformées pour la production de viande. Ce changement est réalisé par simple substitution ou par croisement avec par exemple les moutons Peuls et Touaregs. En 1975, le nombre de moutons Koundoum a été estimé au Niger à 30.000 têtes (Toubou, 1975). Bien que la présente étude ne permette pas une telle estimation, la race Koundoum semble avoir subi une forte baisse depuis lors, comme illustré par la fréquence élevée des ménages interrogés qui élèvent des ovins métis et des troupeaux mixtes de plusieurs races ovines. En effet, le mouton appelé Kassawa par les éleveurs dans la présente étude est le résultat du croisement entre le Bali-Bali et le mouton Koundoum. Ces croisés sont appréciés pour leurs caractéristiques intermédiaires concernant la production de viande et l'adaptation à l'humidité de la vallée du fleuve Niger. Néanmoins, de moins en moins d'éleveurs gardent le Koundoum en race pure. En outre, la préférence systématique des éleveurs pour les animaux ayant une meilleure conformation conduit à l'érosion progressive de la constitution génétique d'origine de cette race, malgré la reconnaissance par les éleveurs de son excellente adaptation à l'environnement humide du bassin du fleuve Niger.

Dans le présent échantillon, les troupeaux étaient relativement petits avec un maximum de 60 têtes. Cela indique clairement que le mouton Koundoum est actuellement conservé par les petits exploitants et que toute politique visant à sa conservation devrait soutenir ces acteurs. Le très faible pourcentage des jeunes de la catégorie d'âge inférieure à 30 ans observé dans notre étude semble à première vue inquiétant pour le futur de la race Koundoum et mérite un commentaire particulier, négligé dans la version de l'étude soumise pour publication. La faible représentation des jeunes dans l'échantillon pourrait s'expliquer par l'organisation sociale des ménages en milieu rural, qui fait qu'il est rare de trouver un jeune de moins de 30 ans se présentant comme chef de famille et possesseur des troupeaux familiaux. Cette remarque vaut également pour les femmes, qui étaient également absentes de l'échantillonnage. Ainsi, il faut d'abord noter que le pourcentage des jeunes de la catégorie d'âge inférieure à 25 ans dans la région de Tillabery est estimé à plus de 50 % de la population totale de la région (Tankari et Mounkaïla, 2014). Ainsi, la faible représentation de ces jeunes dans notre étude peut également être justifiée par l'exode rural, qui a été énuméré par Koutcha (2012) parmi les stratégies d'adaptation au changement climatique des populations rurales. Cet exode est particulièrement important au Niger. Ainsi, des centaines de milliers de migrants, en majorité jeunes, vont chaque année vers les villes de l'intérieur du Niger et vers les villes côtières à la recherche de revenus complémentaires, vidant les villages (Gilliard, 2006).

En outre, le manque d'implication des jeunes interrogés (âgés entre 20 et 45 ans) dans l'élevage exclusif des moutons Koundoum peut être un signe de la négligence progressive de la race. Bien que les moyens pour inciter les jeunes à s'impliquer dans l'élevage en général et dans celui des races locales en particulier sont loin d'être évidents, un fort soutien public à l'agriculture familiale peut faire partie des solutions à ce problème.

La situation actuelle, cependant, est loin de répondre à ce besoin. En effet, la disponibilité pour les éleveurs de services de vulgarisation technique et les soins de santé vétérinaire apparaît comme très limitée dans cette enquête. Un soutien technique faible implique également un faible accès à l'information sur l'importance et les moyens de gestion des races animales. Néanmoins, le taux élevé d'adhésion des éleveurs à des associations locales tend à constituer un environnement institutionnel favorable à l'action collective, comme le requiert un programme de conservation *in situ* du mouton Koundoum. L'efficacité et l'appropriation des projets sont, en effet, plus évidentes quand ils peuvent intégrer des organisations sociales pré-existantes et non viser le développement *a priori* d'un schéma théorique et uniforme d'organisation pour les éleveurs (Gonneville et Sarniguet, 1986).

La motivation principale de l'élevage des moutons d'après les résultats de la présente étude est l'épargne. Ce motif général laisse ainsi une place pour la réintroduction de la production de la laine dans la stratégie de subsistance des ménages, à condition que des débouchés pour la laine du mouton Koundoum puissent être organisés. La meilleure adaptation de la race Koundoum aux conditions humides locales des rives du fleuve du Niger, rapportée par Richard *et al.* (1985) pourrait, en outre, être proposée comme un avantage dans sa sécurisation. En outre, à partir d'informations informelles non représentés dans les résultats, la viande du mouton Koundoum semble également être mieux appréciée que celle des races plus productives en viande, comme également déjà mentionné dans la littérature (Richard *et al.* 1985). Cet aspect devrait être mieux étudié et éventuellement lié à un consentement à payer potentiel pour la qualité dans certains marchés de niche.

Ainsi, l'identification des marchés de niche (textiles et de la viande) pourrait contribuer de manière significative à la promotion de la race Koundoum et de sa conservation in situ (LPP, Réseau LIFE, l'UICN-WISP et la FAO, 2010). En outre, ce type de production de niche pourrait avoir des résultats positifs en termes d'emploi et de réduction de la pauvreté pour les personnes impliquées dans la transformation de la laine. Un tel artisanat présenterait une valeur culturelle et éventuellement touristique, qui pourrait étayer son développement.

Jadis, les moutons Koundoum se rencontraient sur les îles et sur les rives du fleuve Niger à partir de la ville de Kollo jusqu'à la frontière avec le Mali. Ils semblent maintenant être concentrés principalement dans le département de Tillabery. Un parallèle avec cette baisse drastique de l'aire de répartition est le cas bien documenté du mouton Xisqueta, dans les régions montagneuses de l'Espagne (Avellanet *et al.*, 2005).

Cependant, outre la dynamique économique, une dynamique écologique est également en jeu, conduisant à l'abandon de la race Koundoum. En effet, le *Sida cordifolia* et l'*Eichhornia crassipes* (jacinthe d'eau) sont des plantes très envahissantes qui constituent une menace pour la qualité des pâturages. En tant que plante aquatique, la jacinthe d'eau menace surtout la qualité des pâturages dans les environs du fleuve Niger et affecte préférentiellement les troupeaux Koundoum, qui trouvent leur pertinence économique dans l'exploitation de ces zones écologiques. On pourrait ajouter que la diminution de la qualité des pâturages affecte d'abord les petits exploitants qui comptent presque exclusivement sur ces ressources communes et, par conséquent, menace les races autochtones dont ils sont les principaux gardiens.

Concernant les caractéristiques morpho-biométrique, la grande fréquence de la robe de couleur noire chez les moutons Koundoum est en conformité avec les anciennes descriptions

(Toubo, 1975). Les pendeloques ont été fréquemment observées dans cette race. Certains auteurs ont associé la présence des pendeloques à une bonne aptitude pour la production de lait et la prolificité (Casu *et al.*, 1970). Si elles sont confirmées, ces aptitudes peuvent être de bonnes raisons incitatives pour la conservation *in situ* de cette race, en plus de son adaptation à l'environnement humide de la vallée du fleuve Niger. Alors que la prolificité est en lien direct avec l'objectif de l'épargne des éleveurs, le lait n'est cependant pas considéré comme un produit avec une importante valeur marchande. Comme dans le cas de la laine, la création d'un marché spécifique doit donc être soutenue. A ce sujet, les capacités de production du mouton Koundoum concernant le lait et la prolificité doivent être évaluées.

Dans l'élevage traditionnel, les éleveurs ou les services techniques d'élevage ne disposent parfois pas de balances pour peser les animaux (Kunene *et al.*, 2009; Younas *et al.*, 2013). En outre, les propriétaires sont réticents à peser leurs animaux, craignant des accidents lors de leur manipulation (Sow *et al.*, 1991). Par conséquent, les éleveurs et les services de l'élevage ont souvent besoin d'estimer le poids vif des animaux. Comme l'estimation visuelle du poids vif ne donne pas une précision suffisante (Salako, 2006; Otoikhian *et al.*, 2008), son estimation par des mensurations est alors utile sur le terrain (Trillaud Geyl & Baudoin, 2006). Ainsi, la forte corrélation entre le poids vif et le périmètre thoracique est souvent exploitée dans la prédiction du poids vif (Atta & El Khidir, 2004; Salako, 2006; Samuel Fajemilehin & Salako, 2008; Bello et Adama, 2012; Birteeb & Ozoje, 2012). La supériorité de la corrélation entre les mesures corporelles chez les mâles comparativement aux femelles est également rapportée par Alade *et al.* (2008) pour les ovins au Nigeria. La forte corrélation entre la longueur de la croupe et le poids vif est moins fréquemment rapportée, mais est conforme aux résultats d'Alderson (1999) chez les bovins au Royaume-Uni. Les présents résultats soulignent l'importance de tenir compte du sexe et de l'âge dans la détermination des équations de prédiction de poids vif, comme recommandé par Poivey *et al.* (1980).

Comme l'a également souligné Ravimurugan *et al.* (2013) pour les moutons Kilakarsal en Inde, le périmètre thoracique apparaît ici comme un important estimateur du poids vif, ce paramètre a été sélectionné dans toutes les catégories d'âges des animaux dans la présente étude. Néanmoins, l'ajout d'autres mesures corporelles dans l'estimation améliore considérablement sa précision. Le principe de parcimonie nous a conduits à retenir deux ou trois variables en fonction de la catégorie d'animaux, similairement aux travaux de Birteeb & Ozoje (2012) pour la prédiction du poids vif chez les jeunes moutons Djallonké dans le nord du Ghana. Ces auteurs ont retenu trois variables, à savoir la longueur du corps, le périmètre

thoracique et la hauteur au garrot. D'autres exemples similaires sont disponibles dans la littérature (Thiruvankadan, 2005; Yakubu, 2010).

Les préférences des éleveurs concernant la gestion des ressources génétiques ovines ont été étudiées à travers une enquête de préférences déclarées (analyse conjointe multi-attributs, chapitre III). Cette étude identifie les critères à inclure dans le protocole de préférences déclarées par des méthodes participatives, à savoir des discussions de groupe et l'empilement proportionnel. En effet, prendre en compte les points de vue des éleveurs à toutes les étapes de la conception et de la mise en œuvre des programmes de conservation des ressources zoogénétiques est nécessaire pour favoriser l'appropriation et la durabilité de ce programme (Wollny 2003). Cette étape de l'étude a permis de stimuler l'intérêt des éleveurs pour la recherche et son sujet, le mouton Koundoum, et facilité la poursuite de leur participation au processus. Des approches similaires ont été mobilisées en Ethiopie, par exemple, pour définir les objectifs de sélection locaux et les caractéristiques préférées chez les caprins (Gebreyesus *et al.* 2013) ou pour caractériser la race ovine Simien (Melaku *et al.* 2012).

Le protocole de l'analyse conjointe appliquée ici permet l'utilisation d'une option de non-choix. Cette option permet aux consommateurs de ne choisir aucune des propositions avancées lorsque celles-ci ne sont pas jugées intéressantes (Ohannessian 2008). Ce non-choix rend la décision de choix plus réaliste puisque le répondant n'est pas forcé de choisir des produits qu'il n'aime pas. Cependant, un répondant pourrait aussi s'abstenir en raison d'une similitude trop élevée d'intérêts entre deux produits acceptables. La taille de l'échantillon de l'étude est en conformité avec la norme rapportée par Omondi *et al* (2008), qui indiquent une taille minimale de 100 ménages. En outre, la valeur positive et non significative du coefficient associé à la constante obtenue dans le logit conditionnel confirme la pertinence du profil de référence. Il n'y a alors pas de biais dû à la référence qui pourrait affecter les résultats (Scott, 2001). La valeur du pseudo- R^2 (0,162) obtenu dans le modèle logit conditionnel indique une estimation acceptable du modèle, en se référant au seuil d'acceptation de 0,1 (Roessler *et al.*, 2008).

Parmi les neuf critères de sélection, seuls trois se trouvent dans les résultats de tous les 11 groupes de discussion, à savoir le type de pelage, la couleur de la robe, et le format du bélier. Un quatrième attribut, la longueur des oreilles, a également été inclus dans le protocole, étant trouvé dans 10 groupes de discussion. La préoccupation est ici de limiter le nombre d'attributs et de niveaux, afin de limiter le nombre de profils qui seront proposés au choix des répondants

et de limiter ainsi la complexité de la tâche soumise (Louviere *et al.*, 2010). Le format de l'animal et la couleur de la robe sont des critères classiques dans les systèmes d'élevage traditionnels en Afrique ; ils ont été également utilisés par exemple chez les bovins Ankole en Ouganda (Kugonza *et al.* 2012).

Néanmoins, des critères moins cités peuvent également montrer une grande importance dans les développements ultérieurs d'un programme d'élevage ou de conservation. Dans cette étude, le cas du critère de la présence des pendeloques, qui sont appréciées, peut être d'un intérêt particulier dans le cadre de la conservation de la race Koundoum, puisque ceci est une caractéristique fréquente de la race (Hamadou *et al.* 2015a). Bien que manquant de démonstration claire du phénomène, la présence des pendeloques est parfois considérée comme un signe d'une bonne aptitude laitière des brebis (Meyer *et al.*, 2004). En effet, Casu *et al.* (1970) ont montré chez le mouton sarde en Italie que la présence des pendeloques chez les brebis a coïncidé avec une supériorité productive (prolificité et la production de lait). Néanmoins, ces dernières observations suscitent des débats et sont donc à prendre avec réserve. A cet effet, des études plus approfondies sont nécessaires pour confirmer ou infirmer ces observations.

Un critère important qui n'a pas été cité dans les groupes de discussion est la résistance ou l'adaptation à l'environnement. Or, l'adaptation du mouton Koundoum à son environnement est son principal avantage. Comme les éleveurs reconnaissent cette résistance du mouton Koundoum, son absence dans les critères cités signe le manque d'intérêt pour la race, liée à la variation globale de l'environnement de production et les pratiques dans la région.

Le signe négatif du coefficient associé au prix dans les résultats de l'analyse conjointe multi-attribut (logit conditionnel) est en accord avec la désutilité attendue de la dépense et permet d'utiliser ce coefficient pour le calcul de la disposition à payer ou à recevoir une compensation (Banerjee *et al.*, 2006). Toutefois, une certaine utilité de la dépense peut souvent résulter de l'interprétation du prix comme un signe de qualité (Siddo *et al.* 2015). Des questions ouvertes à la fin de chaque entrevue nous ont permis d'éclairer le processus de décision tel qu'exprimé par le répondant et d'écarter cette possibilité comme un biais important dans cette étude. Les béliers les plus appréciés semblent être des béliers avec de longues oreilles, avec un pelage en poils et un grand format. Bien que la préférence pour les béliers de couleur blanche ne puisse être démontrée statistiquement, la forte aversion pour les béliers de couleur noire apparaît clairement. Ces préférences s'opposent fortement à la conservation de la race Koundoum,

comme développé ci-dessous, soulignant le fort mouvement d'ensemble vers l'abandon de cette race.

L'importance particulière des longues oreilles dans la prise de décision des éleveurs est remarquable, comme indiqué par la disposition à payer et son importance relative dans le processus décisionnel. Cette importance relative contraste avec le poids qui lui a été attribué par les éleveurs à travers l'empilement proportionnel en groupes de discussion focalisée. En outre, une importance majeure du format de l'animal peut être attendue dans des systèmes visant la production de viande. Or, celui-ci affiche une faible disposition à payer et importance relative dans la prise de décision. Selon les entretiens ouverts individuels et en groupes de discussion, les éleveurs traditionnels interprètent les longues oreilles comme un signe de croissance rapide d'un bélier. Cette conviction les a conduits à choisir systématiquement tous les profils montrant de longues oreilles même chez un bélier de petite taille.

La préférence pour le pelage en poils et donc l'aversion relative de la laine est un fort signe de l'abandon continu du mouton Koundoum. La perte de valeur de la laine dans la région en raison de l'absence de transformation et de marchés a pu entraîner cette perte d'intérêt pour la race Koundoum. Néanmoins, le manque d'intérêt ne se traduit pas nécessairement par une telle aversion de cet attribut précis comme observé dans la présente étude. À cet égard, Landais (1990) propose un autre motif de cette aversion de la laine, qui est l'abondance sur les pâturages d'herbe avec des graines épizoochores (*Cenchrus catharticus*) qui envahissent la laine des moutons Koundoum. La préférence pour le grand format constitue un autre facteur défavorable pour les moutons Koundoum, qui apparaît dans la présente caractérisation plutôt comme une race de petite taille. Enfin, la robe de couleur noire, dépréciée des éleveurs, est fréquente chez le Koundoum.

Notons que la couleur noire du mouton Karakul a également été une raison de l'échec de sa diffusion au Niger car les éleveurs considèrent le mouton noir comme « maudit » (Landais 1990). Cette observation souligne en effet l'importance de prendre en compte les objectifs, les préférences, les contraintes et les convictions des éleveurs dans la gestion des ressources génétiques animales.

Contrairement à l'attribut « type de pelage » (poils ou laine), le format de l'animal et la couleur de la robe peuvent être modifiés par la sélection. Néanmoins, un programme de sélection n'apparaît pas dans le cas présent comme une solution prometteuse. En effet, les éleveurs doivent être pleinement convaincus par les qualités et le futur d'une race pour participer à un tel programme par nature exigeant. Dans le cas présent, une sélection devrait

en outre faire appel à un suivi particulier des critères de résistance, rendant le processus d'amélioration de la productivité plus lent (selon les corrélations génétiques restant à déterminer) et plus exigeant. De plus, la faible population actuellement disponible dans la région entraîne un risque d'augmentation rapide de la consanguinité. Enfin, face au rejet de la couleur noire par les éleveurs, une sélection des moutons blancs serait nécessaire. La perte globale de la diversité génétique liée à l'abandon (même partiel) des moutons Koundoum de couleur noire, composant la majorité de la population, entre en contradiction flagrante avec l'objectif actuel de la conservation de la diversité.

Ainsi, le constat qui se dégage est le rejet systématique de toutes les caractéristiques du mouton Koundoum par les éleveurs, à l'exception de la robe de couleur blanche. Ce rejet est plus prononcé pour le pelage en laine qui est une caractéristique typique du mouton Koundoum comme démontré par le montant de 226 € comme disposition à recevoir une compensation pour garder un bélier à laine. Ce montant représente environ trois fois le prix supérieur utilisé dans l'expérience pour un bélier. Un cas similaire a été rapporté par Roessler *et al* (2008) au Vietnam, où ils ont trouvé une très forte disposition à payer pour un « cochon qui tombe rarement malade », à savoir 40.000 Dong vietnamiens tandis que le prix maximum du porc dans leur expérience est de 28.000 Dong vietnamiens. Dans cette étude, le rejet est également grand pour la robe de couleur noire pour laquelle les éleveurs sont prêts à recevoir une compensation de 172 Euros pour garder les béliers avec cette robe, soit 2,5 fois le prix le plus élevé pris en compte dans cette étude. Enfin, la pertinence de la méthode économétrique utilisée (l'analyse multi-attributs) est indiquée par la valeur du pseudo- R^2 du modèle de logit conditionnel. La cohérence des résultats obtenus avec le cadre connu de l'étude nous conforte dans la pertinence de l'approche choisie et de l'exploitation programmatique de ses résultats. Comme déjà signalé, cette étude montre le manque de faisabilité de la conservation in situ du mouton Koundoum comme stratégie unique, amenant à considérer la place de choix que pourront occuper les stratégies de conservation *ex situ* (in vivo/ in vitro) dans le cadre de la mise en place du programme de conservation de cette race. Cependant, la conservation des populations à petit effectif présente le risque des croisements consanguins (comme mentionné ci-haut) qui augmentent l'homozygotie dans la population. Cette perte de variation génétique favorise l'expression de la dépression de consanguinité qui peut réduire le potentiel évolutif d'une espèce en diminuant ses capacités d'adaptation et de résistance aux changements biotiques et abiotiques de l'environnement ainsi que sa capacité à combattre les pathogènes (FAO, 2008). Selon Law et Jamieson (2011), cette dépression de consanguinité constitue l'un

des facteurs qui peuvent augmenter le risque d'extinction des petites populations en augmentant la fréquence des tares, puis en diminuant la survie et la fécondité des animaux.

Dans le chapitre sur la reproduction du mouton Koundoum, il a été démontré que les manifestations de l'œstrus sont très discrètes chez les brebis Koundoum concernées par cette étude en l'absence du mâle dans le troupeau. Le frétillement de la queue observé chez les brebis Koundoum dans cette étude a été mentionné dans la description des signes de la manifestation de l'œstrus dans l'espèce ovine de manière générale (Schoenian, 2012). Aussi, les montes entre femelles ont été rares dans notre troupeau expérimental, comme également rapporté chez des brebis Oudah du Niger (Gaillard, 1979).

Cette rareté d'extériorisation de signes d'œstrus est en partie responsable des difficultés de détection des chaleurs dans cette espèce (Islam, 2011).

La majorité des races de moutons sont polyœstriennes avec une saison de reproduction qui s'étend de septembre à janvier pour l'hémisphère nord (Vaillancourt et Lefebvre, 2003). Cette saisonnalité de la reproduction existe chez toutes les races ovines des pays tempérés ou froids (Gaillard, 1979). Le principal facteur extrinsèque qui module le comportement sexuel de ces reproducteurs saisonniers est la photopériode. La mélatonine serait en grande partie responsable de cette caractéristique de saisonnalité puisque la sécrétion qui est uniquement nocturne augmente durant les jours courts (Vaillancourt et Lefebvre, 2003). Cette caractéristique permet ainsi d'après Gaillard (1979) à ces animaux de mettre bas à une époque favorable à l'élevage des jeunes. Par contre, ce même auteur rapporte que la saisonnalité a complètement disparu ou n'a jamais existé chez les races tropicales. Ainsi, concernant la présente étude, la manifestation des signes d'œstrus observés chez les brebis Koundoum pendant toute la période allant de décembre à avril (incluse dans la période de repos sexuel des races saisonnières) semble confirmer cette thèse. Ainsi, concernant cette étude des caractéristiques de reproduction des brebis Koundoum, l'observation biquotidienne des manifestations des cycles sexuels par l'utilisation d'un bélier boute-en-train a permis d'identifier une importante partie des brebis en œstrus. Néanmoins, il serait prudent de ne pas tirer des conclusions hâtives sur ces résultats, vu la durée limitée de l'étude. Par conséquent pour avoir des données complètes sur la cyclicité de cette race, il est nécessaire de conduire l'étude pendant au moins 12 mois en tenant compte des facteurs climatiques. Ladite étude doit associer au contrôle de chaleurs biquotidien, le prélèvement de sang sur les femelles en vue d'étudier leur progestéronémie.

Dans le cadre de l'étude des caractéristiques du sperme des béliers Koundoum, il est à noter que pour une bonne réussite de l'opération, le collecteur doit également être bien entraîné. La maîtrise des techniques de collecte de sperme est bien entendu centrale pour pratiquer de manière durable l'insémination artificielle ou la cryoconservation.

Ainsi, le choix d'une méthode de collecte de semence efficace constitue la première étape de la création d'une banque de cryoconservation de sperme (Malejane *et al*, 2014). La méthode de collecte au vagin artificiel a été utilisée dans cette étude car elle donne généralement du sperme de meilleure qualité que la méthode d'électro-éjaculation (Malejane *et al*, 2014). Néanmoins, cette dernière méthode conserve un intérêt chez les béliers dont la semence est difficilement collectable au vagin artificiel. Ainsi, selon Elits, 2005, l'analyse de la semence est une étape importante dans l'estimation de la fertilité du mâle. Cette analyse reflète la qualité de la semence du mâle (Oberlender *et al.*, 2012). La détermination du volume, de la motilité et la concentration du sperme constitue un préalable pour connaître le nombre de doses utiles qu'un bélier peut produire pour toutes techniques de conservation (David *et al.*, 2007). Par ailleurs, le nombre de spermatozoïdes que peut contenir une dose varie en fonction de la voie d'insémination et du type de traitement (Cseh *et al.*, 2012).

Le volume moyen de $1,03 \pm 0,30$ ml est inclus dans l'intervalle des moyennes de 1 à 1,5 donné pour l'espèce ovine (FAO, 1993).

En plus du volume de l'éjaculat, nous avons également déterminé la concentration du sperme et la note de motilité des spermatozoïdes qui apparaissent similaires à celles obtenues chez d'autres races ovines par plusieurs auteurs. Cependant, le nombre de béliers collectés dans cette étude ne nous permet pas de tirer des conclusions définitives sur les caractéristiques spermatiques de cette race, vu le nombre de facteurs pouvant influencer ces caractéristiques. Ainsi, plusieurs auteurs ont étudié l'effet de l'âge des béliers sur ces paramètres spermatiques. Par exemple, David (2008) rapporte que, chez les races ovines Lacaune et Manech à tête rousse, les caractères de production de semence de l'animal jeune sont différents de ceux de l'animal adulte. Ainsi, les béliers adultes produisent plus de sperme que les jeunes béliers. Il rapporte également que c'est à partir de l'âge de trois ans que les caractéristiques spermatiques des béliers commencent à décroître. En plus de l'âge du bélier, la saison et la fréquence de collecte de la semence peuvent également influencer ces caractéristiques de la semence. Il aurait peut-être été possible d'observer cet effet de l'âge des béliers sur ces paramètres à travers une étude portant sur un nombre plus important de béliers. Ladite étude doit couvrir au minimum une période de 12 mois et adopter une fréquence régulière de collecte de semence en vue d'étudier les effets de la saison et de la fréquence de collecte sur

les caractéristiques spermatiques des béliers. Il serait également important de prendre en compte dans l'étude d'autres paramètres tels que les pourcentages de spermatozoïdes anormaux et vivants ainsi que la circonférence scrotale des béliers. La connaissance de ce dernier paramètre est important à plus d'un titre, non seulement il est en lien direct avec la production journalière de sperme, il est également aussi en relation directe avec la puberté sur la progéniture femelle (Jelinski, 2013). Enfin, pour Vaillancourt et Lefebvre (2003), la mesure scrotale est un critère essentiel de sélection en production ovine avec un index d'héritabilité élevé d'environ 35 %.

Les résultats concernant les points de vue des parties prenantes potentielles sur l'importance de la biodiversité montrent que les coefficients de fiabilité composite (0,96 ; 0,97 et 0,94) ont toutes largement dépassé la valeur minimale acceptable de 0,7 recommandé par Van Exel et De Graaf (2005). Ainsi, la construction respective de ces trois facteurs peut être considérée ici valide. Cela indique une bonne représentation des points de vue des répondants sur la diversité des animaux d'élevage au Niger par la méthodologie Q. Chacun des trois facteurs est significativement corrélée à plus de deux arrangements Q, ce qui suggère que chaque facteur représente une opinion partagée qui peut être interprétée (Shinebourne 2009). Les trois points de vue constituent des interprétations indicatives d'ensembles de convictions et opinions des répondants. Ces trois points de vue, en fait, ne peuvent pas être facilement répartis en des catégories simplistes de défenseurs et adversaires de la conservation de la biodiversité des animaux d'élevage. Néanmoins, quelques observations importantes peuvent être suggérées ici. Tout d'abord, les affirmations consensuelles concernent toutes une vision positive de la biodiversité, indiquant l'importance qui lui est communément reconnue ou qui est du moins affirmée. Ainsi, selon ce consensus, l'opinion globale serait aussi à considérer comme massivement en faveur de la conservation de la biodiversité. Néanmoins, une analyse plus approfondie des affirmations indique que, derrière ce consensus apparent, les parties prenantes de l'échantillon incarnent des opinions divergentes sur l'importance de la biodiversité dans l'agriculture et l'élevage, sur l'équilibre entre le progrès et la conservation, et sur les différentes méthodes de conservation.

Les discours 1 et 2 semblent être favorables à la conservation de la biodiversité, mais chacun de ces deux discours contient plusieurs énoncés qui peuvent être considérés comme contradictoires dans une certaine mesure, comme relevé ci-dessous. La convergence de ces points de vue peut également être illustrée par le coefficient élevé de corrélation entre eux

(0,61). Comme déjà annoncé, le discours 1 est néanmoins plus pro-biodiversité. Il est conscient des mécanismes connus des races indigènes abandonnées, à savoir le manque de la demande actuelle des utilisateurs, mais garde confiance en son potentiel (pas besoin de croisement pour améliorer la production et les marchés sont perçus comme favorables). La contradiction peut être interprétée ici comme résultant du discours partagé entre la vision négative de la négligence que subissent les races indigènes et la volonté d'affirmer leur possible conservation voire leur promotion. Au contraire, bien qu'il considère que les races indigènes sont des ressources irremplaçables, le discours 2 est convaincu du besoin du pays d'investir dans des croisements exotiques pour améliorer l'élevage et n'est pas conscient de la menace posée par le croisement aux races indigènes.

Ce deuxième discours apparaît donc comme profondément divisé entre la conservation et les messages de modernisation promus dans le pays. En effet, ce discours est en accord avec la politique de l'Etat du Niger concernant l'amélioration de la production des races locales (PNAG, 2011). Il correspond à une vue technique d'amélioration génétique, principalement par le biais de croisements, pour augmenter rapidement la production et répondre aux normes internationales de produits pour couvrir la demande nationale et intégrer les marchés internationaux. Selon Roessler *et al.* (2008), d'une manière générale, le croisement avec des espèces exotiques a été la forme préférée de l'amélioration génétique par les donateurs et les agences de vulgarisation. Ainsi, dans de nombreux pays africains, les projets bilatéraux ou multilatéraux de développement financés fournissent des conseils techniques gratuits et certaines aides financières et ont été les forces motrices pour remplacer les populations animales autochtones existantes par les animaux «améliorés» (Wollny, 2003).

Cependant au Niger, la politique de conservation, qui justifie le présent travail est simultanément promue. Les répondants montrant une proximité avec ce discours pourraient être particulièrement considérés comme exposés à ces deux messages, partiellement contradictoires, résultant en un point de vue confus.

Le facteur 3 représente un discours plus clairement biaisé en faveur de la modernisation et de l'intensification, qui pourrait refléter en partie la stratégie du Gouvernement pour l'amélioration de l'élevage, comme évoqué ci-dessus. Néanmoins, comme dans le discours 2, ce point de vue est aussi le résultat d'un dilemme entre le développement économique et la conservation de la biodiversité (dont l'importance est l'objet d'un large consensus dans cette étude).

De manière générale, cette étude met en évidence les contradictions internes au système et donc les tiraillements auxquels les acteurs de terrain sont sujets. Ainsi, cette étude affirme à

nouveau l'importance de l'implication des parties prenantes dans toute politique de gestion des ressources génétiques animales mais plus encore le besoin de cohérence politique et de rigueur dans la planification et la mise en place de ces programmes de gestion, qu'ils visent isolément à la conservation ou à l'accroissement de la production.

La pertinence de la méthode Q appliquée dans cette étude est indiquée par les coefficients de fiabilité composite des trois facteurs, largement supérieurs aux référents techniques en la matière. Néanmoins, afin que les conclusions justes et non abusives puissent en être tirées, il nous semble important de souligner les limites de cette méthode. Cette limite tient à la nature qualitative de l'approche : c'est une méthode exploratoire des subjectivités qui ne vise pas à être représentative de la population. Elle n'est donc pas généralisable à l'ensemble de la population et ne permet pas d'attacher une trop grande portée aux catégories socio-professionnelles portant les différentes opinions sans inviter aux approches quantitatives complémentaires nécessaires. La logique de l'échantillonnage est en effet davantage celui d'une maximisation de la diversité des points de vue et de la pertinence en termes de relation à la thématique. Il s'agit d'une exploration des points de vue de quelques individus. Bien entendu, ces divergences de points de vue peuvent être influencées par la nature de leurs fonctions et relations à la thématique mais sans que la méthode ne permette de se prononcer sur la réalité du lien entre l'opinion et le rôle ou la catégorie socio-professionnelle. Il est également impossible de prétendre sur la base de cette étude exploratoire à l'exhaustivité des de la description des points de vue au sein de toute la population. Selon Merchant et collaborateurs (2007), une réelle insuffisance de la méthode Q peut provenir du biais de l'acquiescement, considérant qu'il est psychologiquement plus aisé d'exprimer un accord qu'un désaccord. Enfin, un autre facteur qui peut influencer les résultats d'une étude basée sur cette méthode est l'utilisation de l'option neutre dans la grille de classement. Dziekan et collaborateurs (2013) rapportent que cette option neutre dans une échelle de choix bipolaire est assimilable à un choix facile à prendre pour un répondant hésitant, ce qui fait qu'il est discutable que son choix reflète une attitude véritablement neutre.

2. Conclusion générale

L'objectif assigné à cette thèse était de contribuer à la recherche d'une stratégie pertinente de conservation pour le mouton Koundoum du Niger. De manière spécifique, il s'est agi d'étudier d'abord ses caractéristiques morpho-biométriques et son système de production, puis d'étudier les préférences des éleveurs de son habitat naturel concernant les caractéristiques d'un bélier reproducteur. Les premières études ayant mis en évidence le rôle clé de stratégies *ex situ*, il a été décidé de déterminer ses caractéristiques de reproduction. Devant la complexité du contexte et les contradictions inhérentes à la place des éleveurs dans des programmes de conservation, il a été décidé de prendre le recul permis par une analyse plus générale des points de vue des parties prenantes potentielles susceptibles de contribuer à la réussite de la gestion et la conservation de la biodiversité des animaux d'élevage au Niger. Ainsi l'atteinte de ces objectifs permettra de répondre à la question de recherche posée dans l'introduction, qui est celle de la méthode de conservation la plus pertinente pour le mouton Koundoum dans le contexte socio-économique actuel du Niger.

Outre ses résultats particuliers, la première étude souligne et donne le cadre du déclin du mouton Koundoum. Ses caractéristiques originales à savoir sa production de laine et son adaptation à l'humidité de la vallée du fleuve Niger justifient *a priori* la nécessité de mettre en place un plan de conservation au profit de cette race. Cependant, pour bien documenter les connaissances sur les caractéristiques de cette race, une évaluation complète de ses aptitudes de production devrait être conduite incluant la production de laine et de lait ainsi que ses performances de croissance et la qualité de la viande. Les présents résultats révèlent également que la conservation *in situ* du mouton Koundoum sera très problématique du fait du manque de débouchés pour la laine et le lait ainsi que la faible disposition des éleveurs à élever le mouton Koundoum en race pure. L'analyse des préférences déclarées des éleveurs a confirmé ce rejet et s'est traduit par l'estimation de compensations pour l'élevage de Koundoum inenvisageables pratiquement. Ces éléments semblent compromettre les chances de réussite et la pérennité d'un programme de conservation *in situ* de la race Koundoum avec ces éleveurs dans cette zone. Néanmoins, quelques rares éleveurs ayant le souci de la sauvegarde de la race pour des raisons culturelles ont été rencontrés. D'autres devraient être identifiés afin de les joindre au programme de conservation. Ces résultats suggèrent donc la place centrale qu'occupera la conservation *ex situ* dans un programme de conservation du mouton Koundoum au Niger.

L'étude des caractéristiques de reproduction du mouton Koundoum a permis de connaître la durée du cycle œstral et celle de l'œstrus, qui sont des connaissances de base pour la maîtrise de la fonction sexuelle des brebis et la gestion des populations. Chez les béliers Koundoum, les informations obtenues sur les caractéristiques spermatiques posent les premiers jalons du programme de conservation de la race, à travers la cryoconservation du matériel séminal des béliers.

L'examen des points de vue des parties prenantes a révélé un consensus apparent sur l'importance de la biodiversité qui est un sujet largement promu dans le pays. Derrière le consensus, différents discours sont définis qui semblent tous divisés par le même dilemme entre la conservation et le développement économique, chacun représentant un lieu distinct de compromis entre ces deux objectifs.

In fine, nous pouvons conclure que l'objectif principal de cette étude a été atteint. Les deux premiers chapitres (II, III) ont permis de répondre à la question de recherche en montrant que la conservation du mouton Koundoum doit se baser principalement sur les méthodes de conservation *ex situ* (in vivo/ in vitro). Néanmoins, des actions de conservation *in situ* peuvent être envisagées avec les quelques éleveurs élevant le mouton Koundoum pour des raisons culturelles. Le chapitre IV a fourni des informations pouvant servir de base pour la cryoconservation du matériel séminal des béliers Koundoum. Enfin, le chapitre V a pour sa part révélé l'importance du développement d'une cohérence du cadre politique général de la gestion des ressources génétiques animales domestiques au Niger.

3. Perspectives de recherche

Les résultats et discussions issus des différentes études présentées ci-hauts nous inspirent quelques pistes de réflexion en termes de perspectives pour compléter certaines de nos études et/ou pour contribuer à la mise en place du programme de conservation du mouton Koundoum au Niger. Ainsi, nous formulons les recommandations de recherche suivantes:

- Poursuivre l'étude des caractéristiques du cycle œstral des femelles de race Koundoum en station pendant au moins une durée de 12 mois en vue de mieux élucider la saisonnalité de cette race;

- Procéder à une étude plus poussée des caractéristiques spermatiques des béliers de race Koundoum en vue de déterminer l'aptitude de leur semence à supporter les effets liés à la cryoconservation;
- Procéder à la caractérisation génétique de la race Koundoum conjointement à celles des autres races ovines de la sous-région, afin d'établir une priorisation et une association éventuelle des programmes de conservation. En particulier, la caractérisation génétique du mouton de Macina, présent dans des contextes similaires au Mali et qui présente des caractéristiques phénotypiques semblables à celles du mouton Koundoum, contribuera à la définition de la stratégie de conservation du mouton Koundoum ;
- Etudier la qualité de la viande du mouton Koundoum en vue de confirmer les informations rapportées dans la littérature et par les éleveurs à propos de son goût et de sa tendreté. Cette étude peut être appuyée notamment par une étude de la disposition à payer des consommateurs pour une viande de meilleure qualité qui permettra à son tour de prospecter un marché de niche qui servira de débouché pour cette viande.
- Investiguer le potentiel commercial (notamment touristique et probablement très limité) de la laine et de la revivification d'un artisanat nigérien en la matière, à développer en annexe aux programmes de conservation, notamment à but de communication vers le grand public nigérien et étranger.
- Promouvoir aux niveaux national et régional le besoin d'un diagnostic d'ensemble de l'état des ressources génétiques animales domestiques, une analyse des priorités de conservation et d'exploitation/sélection, ainsi qu'une mise en congruence des politiques de conservation et de développement de l'élevage, couplée aux nécessaires actions de communication vers les parties prenantes.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

ABDELSALAM Q.T., MOHAMMED M.A. Awassi sheep reproduction and milk production: review. *Trop. Anim. Health Prod.*, 2011, **43**, 1319-1326.

ABDOU H. Complémentation précoce en colostrum de vache Azawak chez la chèvre rousse de Maradi au Niger (PhD Thesis). Faculté de Médecine Vétérinaire de Liège : Liège, 2014, 152 p.

AKHTAR-DANESH N, DEGHAN M, MORRISON K.M., FONSEKA S. Parents' perceptions and attitudes on childhood obesity: A Q-methodology study. *J. Am. Assoc. Nurse Pract.*, 2011, **23**, 67–75.

AKPA G.N., SULEIMAN I.O., ALPHONSUS C. Relationships between body and scrotal measurements, and semen characteristics in Yankasa ram. *C. J. Anim. Vet. Res.*, 2012, **4**, 7-10.

ALADE N.K., RAJI A.O., ATIKU M A. Determination of appropriate model for the estimation of body weight in goats. *J. Agric. Biol. Sci.*, 2008, **3**, 52-57.

ALDERSON G. L. H. The development of a system of linear measurements to provide an assessment of type and function of beef cattle. *A. G. R. I.*, 1999, **25**, 45–55.

AL-SAMARRAE S.H. Semen quality of Arrabi and Karradi Iraqi rams. *Diyala Agric. Sci. J.*, 2009, **1**, 30-36.

ATTA M., EL KHIDIR O. A Use of heart girth, wither height and scapulo-ischial length for prediction of live weight of Nilotic sheep. *Small Ruminant Res.*, 2004, **55**, 233–237.

AVELLANET R., ARANGUREN-MENDEZJ A., JORDANA J. La raza ovina Xisqueta en Espana : Caracterizacion estructural de las explotaciones. *A.G.R. I.*, 2005, **37**, 21–29.

AYANTUNDE A.A., FERNANDEZ-RIVERA S., DAN-GOMMA A. Sheep Fattening with Groundnut Haulms and Millet Bran in the West African Sahel. *Revue Élev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 2008, **61**, 215-220.

BANERJEE S.B., MARTIN S W., HUDSON D. A Choice-Based Conjoint Experiment with Genetically Engineered Cotton in the Mississippi Delta. *Southern Agricultural Economics Association Annual Meetings Orlando, Florida, February 5-8, 2006*.

BARKER J.S.F. Conservation of livestock breed diversity. *A.G.R.I.*, 1999, **25**, 33-43.

BAYOU E., HAILE A., GIZAW.S., MEKASHA Y. Characterizing husbandry practices and breeding objectives of Sheko cattle owners for designing conservation and improvement strategies in Ethiopia. *Livest.Res.Rur.Dev.*, 2014. **26**, Article #235. Retrieved April 6, 2015, from <http://www.lrrd.org/lrrd26/12/bayo26235.html>.

BELLO A. A., ADAMA T. Z. Studies on body weight and linear body measurements of castrates and non-castrate savannah brown goats. *Asian.J.Anim.Sci.*, 2012, **6**, 140–146.

BENAMMOU S., SAPORTA G., SOUISSI B. Une procédure de réduction du nombre de paires en analyse conjointe. *Journal de la Société Statistique Française*, 2007, 148, pp.57-76.

BERNARD C L. Les enjeux de la biodiversité animale .*Bull. Acad. Vét.*, 2005, France-Tome 158 - N°2.

BERGER Y., GINISTY L. Bilan de 4 années d'étude de la race ovine Djallonké en Côte-d'Ivoire. *Rev. Elev. Med. Vét. Pays Trop.*, 1980, **33**, 71-78.

BHARATKUMAR R.P., SIDDIQUEE G M. Physical and morphological characteristics of Kankrej bull semen. *Vet. World.*, 2013, 405-408.

BIDJEH K., GANDA K., DIGUIMBAYE C. Variole caprine au Tchad : étude du pouvoir pathogène du virus chez les ovins et les caprins. *Rev.Élev.Méd.vét.Pays.trop.*, 1991, **44**:4, 33-36.

BIRTEEB P. T., OZOJE M. O. Prediction of live body weight from linear body measurements of West African long-legged and West African dwarf sheep in northern Ghana. *J.Anim.Feed.Res.*, 2012, **2**, 427–434.

BLENCH R. Biodiversity conservation and its opponents. *Nat .Resour.Persp.*, 1998, Num **32**.

BLOCH N., DIALLO I. Enquête sérologique chez les petits ruminants dans quatre départements du Niger. *Rev.Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1991, **44**:4, 397-404.

BOETTCHER P. J., TIXIER-BOICHARD M., TORO M.A., SIMIANER H., EDING H., GANDINI G., JOOST S., GARCIA D., COLLI L., AJMONE-MARSAN P. Objectives, criteria and methods for using molecular genetic data in priority setting for conservation of animal genetic resources. *Anim. Genet.*, 2010, **41**, 64–77.

BOLY H., PENEME B M L., SAWADOGO L., SULON J., BECKERS J F., LEROY P L. Effet dose réponse de la gonadotrophine (PMSG) sur la reproduction de la brebis Djalonné variété 'Mossi'. *Tropicultura.*, 2000, **18**, 126-129.

BOUJENANE I. Reproduction and production performance of Moroccan sheep breeds. *Perspect. Agri. Vet. Sci. Nutr. Nat. Resour.*, 2006, **14**, 1-18.

BRIAND-AMIRAT L., ANTON M., GERARD O., TAINURIER D. Etude de la fertilité *in vitro* de la semence de taureau après congélation-décongélation avec les LDL du jaune d'oeuf de poule : Comparaison avec l'Optidyl®, dilueur commercial à base de jaune d'oeuf. *Rev. Méd. Vét.*, 2006, **157**, 205-212.

BROWN S.R. Political Subjectivity applications of Q methodology in political science. *New haven and London*, 1980, Yale university press.

CAM M.A., OLFAZ M., SOYDAN E. Body Measurements reflect body weights and carcass yields in karayaka sheep. *Asian.J.Anim.Vet.Adv.*, 2010, **5**, 120–127.

CANON J., GARCIA D., DELGADO J. V., DUNNER S., TELO DA GAMA L., LANDI V., MARTIN-BURRIEL I., MARTINEZ A., PENEDO C., RODELLAR C., ZARAGOZA P., GINJA C. Relative breed contributions to neutral genetic diversity of a comprehensive representation of Iberian native cattle. *Animal.*, 2011, **5**, 1323–1334.

CASU S., BOYAZOGLU J.G. LAUVERGNE J.-J. Hérité des pendeloques dans la race ovine Sarde. *Ann.Genet.Sel.Anim.*, 1970, **2**, 249–261.

CDB (Convention sur la Diversité Biologique). Le Protocole de Nagoya sur l'accès et le partage des avantages. 2010. URL : www.cbd.int/abs/ .Consulté le 30/09/2015.

CHAFRI N., MAHOUECHI M. Effet du niveau alimentaire avant et après sevrage sur la production spermatique des béliers *D'man*. *Renc. Rech. Ruminants.*, 2009, **16**, 318.

CHARLES V., KUMAR M ., ANAND T. Conjoint Analysis and MDS Approach to Brand Improvement of an Aerosol Product. *Journal of CENTRUM Cathedra Volume 4, Issue 1, 2011*, 27-43.

CHARRAY D., COULOUMB J., HAUMESSER, J. B., PLANCHENAULT D. Les petits ruminants d'Afrique centrale et d'Afrique de l'ouest synthèse des connaissances actuelles. IEVMT, Maisons-Alfort., 1980, 295 p.

CHIKHI A., BOUJENANE I. Caractérisation zootechnique des ovins de race Sardi au Maroc. *Rev.Élev.Méd.Vét .Pays.Trop.*, 2003, **56**, 187–192.

CORRIGAN C., HAY-EDIE T. A toolkit to support conservation by indigenous peoples and local communities: building capacity and sharing knowledge for indigenous peoples' and community conserved territories and areas. 2013. (ICCAs)' UNEP-WCMC, Cambridge, UK.

CPM (Cabinet du premier Ministre). Quatrième rapport national sur la Diversité Biologique. Niamey; 2009.

CSEH S., FAIGL V., AMIRIDIS G S. Semen processing and artificial insemination in health management of small ruminants. *Anim. Reprod. Sci.*, 2012, **130**, 187–192.

DACHARY-BERNARD J. La méthode des choix multi-attributs appliquée aux Monts d'Arrée. *Cahiers d'économie et sociologie rurales*, n° 84-85, 2007.

DAVID I. Analyse génétique et modélisation de la production de semence et de la réussite de l'insémination artificielle en ovin. PhD thesis. Agro Paris Tech, 2008.

DELGADO C., ROSEGRANT M., STEINFELD H., EHUI S., COURBOIS C. Livestock to 2020. The next food revolution. IFPRI, FAO paper.1999.

DZIEKAN K., RIEDEL V., MÜLLER S., ABRAHAM M., KETTNER S., DAUBITZ S. A practitioners' guide to sound evaluation for urban mobility measures. Waxmann, Berlin 2013.

ELITS B.E.Theoretical aspects of canine cryopreserved semen evaluation. *Theriogenology*., 2005, **64**, 685-691.

FAHEY A.G., DUFFY P., FAIR S. Effect of exposing rams to a female stimulus before semen collection on ram libido and semen quality. *J. Anim. Sci.*, 2012, **90**, 3451-3456.

FAHRENKRUG S.C., BLAKE A., CARLSON D.F., DORAN T., VAN EENENNAAM A., FABER D., GALLI C., GAO Q., HACKETT P.B., LI N., MAGA E. A., MUIR W. M., MURRAY J. D., SHI D., STOTISH R., SULLIVAN E., TAYLOR J. F., WALTON M.,WHEELER M., WHITELOW B., GLENN B.P.: Precision genetics for complex objectives in animal agriculture. *J.Anim. Sci.*, 2010, **88**, 2530-2539.

FAO. Manuel de formation pour l'insémination artificielle chez les ovins et les caprins édité par Baril et al. 1993, Rome.

FAO. L'état des ressources zoogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde, édité par Dafydd Pilling & Barbara Rischkowsky. 2007, Rome.

FAO. Plan d'action mondial pour les ressources zoogénétiques *et la* déclaration d'interlaken. Commission des ressources génétiques pour l'alimentation et l'agriculture de l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. 2007, Rome.

FAO. L'état des ressources zoogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde, édité par Barbara Rischkowsky et Dafydd Pilling. 2008, Rome.

FAO. 2009a Livestock keepers – guardians of biodiversity. Animal Production and Health Paper. 2009, No.167. Rome.

FAO. 2009b. Elaboration de systèmes d'alerte et d'intervention rapides par pays pour les Ressources Zoogénétiques. Groupe de travail technique gouvernemental sur les ressources zoo génétiques pour l'alimentation et l'agriculture. Cinquième session, Rome, 2009.

FAO. Animal Genetic Resources, 2010, 47, iii. © Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010. doi:10.1017/S2078633610001177.

FAO. Draft guidelines on phenotypic characterization of animal genetic resources. CGRFA-13/11/Inf.19., 2011, Rome.

FAO. La transhumance transfrontalière en Afrique de l'Ouest Proposition de plan d'action. 2012a. URL : http://www.interreseaux.org/IMG/pdf/Transhumance_Transfrontalier_en_AO_Rapport_FAO.pdf . Consulté le 10 octobre 2015.

FAO. Objectifs et indicateurs relatifs aux ressources zoogénétiques. 2012b. CGRFA/WG-AnGR-7/12/7.

FAO.2013. Le Niger : Géographie, climat et population.
URL: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/NER/NER-CP_fra.pdf. Consulté le 12/01/2015.

FARQUHAR L.K., MEEDS R. Types of Fantasy Sports Users and Their Motivations. *J Comput-mediat Comm.*, 2007, **12**, 1208–1228.

FERNÁNDEZ M.E., GOSZCZYNSKI D.E., LIRÓN J.P., VILLEGAS-CASTAGNASSO E.E., CARINO M.H., RIPOLI M.V., ROGBERG-MUÑOZ A., POSIK D.M., PERAL-GARCÍA P, GIOVAMBATTISTA G. Comparison of the effectiveness of microsatellites and

SNP panels for genetic identification, traceability and assessment of parentage in an inbred Angus herd. *Genet. Mol. Biol.*, 2013, **36**, 185-191.

GAILLARD Y. Caractéristiques de la reproduction de la brebis oudah. *Rev. Elev. Méd. Vet. Pays. Trop.*, 1979, **32**, 265-290.

GANDINI G.C., VILLA E. Analysis of the cultural value of local livestock breeds: a methodology. *J. Anim. Breed. Genet.*, 2003, **120**, 1–11.

GATENBY R.M. Le mouton. Tome 1. Maisonneuve et Larose, Paris.1991.

GAYDA S. Étude des comportements des automobilistes en matière de stationnement près du lieu de travail à l'aide d'une enquête de type préférences déclarées. Présenté lors du colloque "AGIR" en novembre 1994 - Publié dans les Cahiers du MET - collection trafics; Maîtriser la mobilité; 4ème partie : planification intégrée.

GBANGBOCHE A.B., HORNICK J-L., ADAMOU N.M., EDORH A.P., FARNIR F., ABIOLA F.A., LEROY P.L. Caractérisation et maîtrise des paramètres de la reproduction et de la croissance des ovins Djallonké (*Ovis amon aries*). *Ann. Méd. Vét.*, 2005, **149**, 148-160.

GEBREYESUS G., HAILE A., DESSIE T. Breeding scheme based on community-based participatory analysis of local breeding practices, objectives and constraints for goats around Dire Dawa, Ethiopia. *Livest.Res.Rur.Dev.*, 2013, **25**, Article #48. Retrieved April 6, 2015, from <http://www.lrrd.org/lrrd25/3/grum25048.htm>.

GIBSON J., GAMAGE S., HANOTTE O., IÑIGUEZ L., MAILLARD J.C., RISCHKOWSKY B., SEMAMBO D., TOLL J. Options and Strategies for the Conservation of Farm Animal Genetic Resources: Report of an International Workshop (7-10 November 2005, Montpellier, France). 53 pages.CGIAR System-wide Genetic Resources Programme (SGRP)/ Bioversity International, 2006, Rome, Italy.

GILLIARD P. Pauvreté et mobilités circulaires campagnes / villes au Niger. Géo confluences. 2006. URL : <http://geoconfluences.enslyon.fr/geoconfluences/informations-scientifiques/dossiers-thematiques/mobilites-flux-ettransports/articles-scientifiques/pauvrete-et-mobilites-circulaires-campagnes-villes-au-niger>. Consulté le 04 janvier 2016.

GINJA C., GAMA L.T., CORTES Ó., DELGADO J.V., DUNNER S., GARCÍA D., LANDI V., MARTÍN-BURRIEL I., MARTÍNEZ-MARTÍNEZ A., PENEDO M.C.T., RODELLAR C., ZARAGOZA P., CAÑON J. Analysis of conservation priorities of Iberoamerican cattle based on autosomal microsatellite markers. *Genet. Select. Evol.* 2013., **45:35**.1-18.

GONNEVILLE G., SARNIGUET J. Guide d'évaluation économique des projets d'élevage. Presses, Servant-Crouzet. Montrouge. 1986.

GREEN P.E., SRINIVASAN V. Conjoint analysis in consumer research: issues and outlook *J. Consum. Res.*, 1978, **5**, 103-123.

GROENEVELD L. F., LENSTRA J. A., EDING H., TORO M. A., SCHERF B., PILLING D., NEGRINI R., FINLAY E. K., JIANLIN H., GROENEVELD E., WEIGEND S. Genetic diversity in farm animals – a review. *Anim. Genet.*, 2010, **41**, 6–31.

GRUBER J.S. Perspectives of Effective and Sustainable Community-based Natural Resource Management: An Application of Q Methodology to Forest Projects. *Conservat. Soc.*, 2011, **9**, 159-171.

HAJER M., VERSTEEG W. A decade of discourse analysis of environmental Politics: Achievements, challenges, Perspectives. *J. Environ. Pol. Plann.*, 2005, **7**, 175-184.

HAMADOU, I., MOULA, N., SIDDO, S., MARICHATOU, H., ISSA, M., LEROY, P., ANTOINE-MOUSSIAUX, N. The Koundoum sheep breed in Niger: morpho-biometric study and description of the production system. *J. Agr. Rural. Develop. Trop. Subtrop.*, 2015a , **116**, 49–58.

HAMADOU I., MOULA N., MANI M., ISSA M., ANTOINE-MOUSSIAUX N., FARNIR F., LEROY P., MARICHATOU H. Contribution à l'étude des caractéristiques du cycle œstral chez la brebis et les caractéristiques spermatiques chez le bélier de race Koundoum, au Niger. *Revue.Méd.Vét.*, 2015b, **166**, 113-120.

HANLEY N., WRIGHT R.E., ADAMOWICZ V. Using Choice Experiments to Value the Environment. *Environ. Resource Econ.* , 1998, **11(3–4)**, 413–428.

HANZEN C.L'oestrus : Manifestations comportementales et méthodes de détection. *Ann. Méd. Vét.*, 1981, **125**, 617-633.

HENSON E.L. *In situ* conservation of livestock and poultry. FAO animal production and health paper 99. 1992.

HUNTINGTON H.P. Local Knowledge as a Resource for Nepal: Building Partnerships with Scientists and Conservationists. *Conserv. Sci.* 2013., **1**, 1–4.

IBRAHIM H.Small Ruminant Production Techniques, 207 pages, ILRI Manual 3. ILRI (International Livestock Research Institute), Nairobi, Kenya. 1998.

IEMVT. Pâtures tropicaux et cultures fourragères. Jouve: Paris, 1991, 266 p.

INS. 2013. Annuaire statistique du Niger 2007- 2011. URL : [http://www.statniger.org/statistique/ file/Annuaire_Statistiques/INS_2012/AS2007- 2011ELEVAGE.pdf](http://www.statniger.org/statistique/file/Annuaire_Statistiques/INS_2012/AS2007-2011ELEVAGE.pdf) (Consulté le 24/03/2014).

INS, 2014. Le Niger en chiffre. URL: http://www.statniger.org/statistique/file/Affiches_Depliants/Nigerenchiffres2014def.pdf. Consulté le 10/01/2015.

ISLAM R. Synchronization of Estrus in Cattle: A Review. *Vet. World.*, 2011, **4**, 136-141.

ISSA M., YENIKOYE A., MARICHATOU H., BANOIN M. Spermogramme de béliers Peuls bicolores et Touaregs : influence du type génétique et de la saison. *Rev. Élev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 2001, **54**, 269-275.

JABBAR M.A, SWALLOW B.M, REGE E. Incorporation of Farmer Knowledge and Preferences in Designing Breeding Policy and Conservation Strategy for Domestic Animals *Outlook. Agric.*, 1999, **28**:4, 239-243.

JELINSKI M. La circonférence scrotal. Charolais Banner, 2013, 62-63.

JIBRIL A., ATEB I.U., REKWOTC P.I., OSUHOR C.U. Live weight changes, gonadal and epididymal sperm reserves of Yankasa Rams fed different levels of dried layer litter in their diets. *Sci. J. Anim. Sci.*, 2013, **2**, 59-65.

KENENI G., BEKELE E., IMTIAZ M., DAGNE K. Genetic Vulnerability of Modern Crop Cultivars: Causes, Mechanism and Remedies. *Int. J. Plant. Res.*, 2012, **2**, 69-79.

KÖHLER-ROLLEFSON I. Building an International Legal Framework on Animal Genetic Resources Can it help the drylands and food-insecure countries? Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Eschborn, Germany. 2005.

KOOPAE H.K., KOSHKOIYEH A.E. SNPs Genotyping Technologies and Their Applications in Farm Animals Breeding Programs: Review. *Braz. Arch. biol. Technol.*, 2014, **57**, 87-95.

KOUTCHA M.N. L'agriculture face au changement climatique dans la région de Tillabéri: quelles stratégies d'adaptation ? Cas des villages de Farié Haoussa, Damana et N'Dounga. (Mémoire de mastère). Centre Régional Agrhymet du Niger : Niamey, 2012, 72 p.

KUGONZA D.R., NABASIRYE M., HANOTTE O., MPAIRWE D.A., OKEYO M. Pastoralists' indigenous selection criteria and other breeding practices of the long-horned Ankole cattle in Uganda. *Trop. Anim. Health. Prod.*, 2012, **44**, 557–565.

KUNENE N.W., NESAMVUNIA E., NSAHLAI I.V. Determination of prediction equations for estimating body weight of Zulu (Nguni) sheep. *Small.Rumin.Res.*, 2009, **84**, 41–46.

LANDAIS É. Sur les doctrines des vétérinaires coloniaux français en Afrique noire. *Cah. Sci. Hum.*, 1990, **26** (1-2), 33-71.

LANCASTER K.J. A new approach to consumer theory. *Journal of Political Economy*, 1966, **74**, 132-157.

LAOUALI A., YAMBA B., CHABI T.R., LEBAILLY P. Essai de synthèse de rôles de l'élevage pastoral au sahel et en Afrique de l'Ouest. Annales de l'Université Abdou Moumouni., 2014, Numéro spécial.

LAUVIE A., CASABIANCA F., VERRIER É., AUDIOT A., BRIVES H. Gestion des populations animales à petits effectifs. Accès aux dispositifs par l'analyse des controverses. *Nat. Sci. Soc.*, 2007, **15**, 154-161.

LAUVIE A., DANCHIN-BURGE C., AUDIOT A., BRIVES H., CASABIANCA F., VERRIER E. A controversy about crossbreeding in a conservation programme: The case study of the Flemish Red cattle breed. *Livest. Sci.*, 2008, **118**, 113–122.

LAWS R. J., JAMIESON I. G. Is lack of evidence of inbreeding depression in a threatened New Zealand robin indicative of reduced genetic load? *Anim. Conserv.*, 2011, **14**, 47–55.

LAZARD L., CAPDEVILA R., ROBERTS A. Methodological Pluralism in Theory and in Practice: The Case for Q in the Community. *Qual. Res. Psychol.*, 2011, **8**, 140–150.

LEBBIE SHB., REY B., IRUNGU EK..1993. *Small Ruminant Research and Development in Africa*. Proceedings of the Second Biennial Conference of the African Small Ruminant Research Network, AICC, Arusha, Tanzania, 7-11 December 1992. ILCA (International Livestock Centre for Africa)/CTA (Technical Centre for Agricultural and Rural Co-operation). ILCA, Addis Ababa, Ethiopia. 268 pp.

LEBBIE S.H.B., KAGWINI E. 1996. *Small Ruminant Research and Development in Africa. Proceedings of the Third Biennial Conference of the African Small Ruminant Research Network, UICC, Kampala, Uganda, 5-9 December 1994*. ILRI (International Livestock Research Institute) Nairobi, Kenya. 326 pp.

LE GALL-ELY M. Définition, mesure et déterminants du consentement à payer du consommateur : synthèse critique et voies de recherche. Recherche et Applications en marketing, 2009, vol. 24. N° 2.

LOUVIERE J.J., PIHLENS D., CARSON R. Design of Discrete Choice Experiments: A Discussion of Issues That Matter in Future Applied Research. *Journal of Choice Modelling*, 2010, **4**:1, 1-8.

LPP, LIFE Network, IUCN–WISP and FAO. Adding value to livestock diversity – Marketing to promote local breeds and improve livelihoods. FAO Animal Production and Health Paper., 2010, No. 168, Rome.

MADOU A. Projet d'appui à la protection du potentiel fourrager (*Ipomea aquatica*) pour préserver la race bovine Kouri dans la communauté rurale de Gadir (Lac Tchad). 2006.URL: http://sgp.undp.org/index.php?option=com_sgpprojects&view=projectdetail&id=8344&Itemid=205. Consulté le 02/10/2015.

MAHIEU M., NAVÈS M., ARQUET R. Predicting the body mass of goats from body measurements. *Small. Rumin. Res.* 2011., **23**, 1–15.

MAKAWI S.A., MANAHIL Z.A. Fertility response of deserts ewes to hormonal estrus synchronization and artificial insemination using Fresh diluted semen. *J. Anim. Vet. Adv.*, 2007, **6**, 385-391.

MALEJANE C.M., GREYLING J.P.C., RAITO M.B. Seasonal variation in semen quality of Dorper rams using different collection techniques. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 2014, **44**, 26-32.

MAHAMAN K. BARAGE M. BALLA A. ADAMT. YAMBA B. Influence des fluctuations pluviométriques sur la saison agricole dans la zone géographique de Mayahi et Aguié au Niger. *Rev. Cames - Série A.*, 2011, **12**, 170-175.

MANGHAM L.J., HANSON K., MCPAKE B. How to do (or not to do) Designing a discrete choice experiment for application in a low-income country. *Health. Policy. Plan.*, 2009, **24**, 151–158.

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

MARICHATOU H., NERVO T., SEMITA C., ISSA M., ABDOU M. Evaluation des paramètres reproductifs et zootechniques de la race taurine Kouri au Niger (résumé d'une communication). In : 6e Colloque international « TURIN SAHEL » : Contribution des savoirs endogènes au développement de la santé humaine, animale et à la conservation de la biodiversité, 28 février-02 mars 2011, Abomey Calavi. Bénin. 72 pages.

MATY B.D., FALL A.A., SALL C., DIAW O.T. Influence de la complémentation alimentaire et du déparasitage interne sur le développement économique de la production laitière des vaches Gobra en zone sahélienne du Sénégal. *Tropicultura.*, 2006, **24**:1, 51-57.

MCCLURE M.C., SONSTEGARD T., WIGGANS G.R., VANEENENNAAM A.L., WEBER K.L., PENEDO C.T., BERRY D.P., FLYNN J., GARCIA J.F., CARMO A.S., REGITANO L.C.A., ALBUQUERQUE M., SILVA M.V.G.B., MACHADO M.A., COFFEY M., MOORE K., BOSCHER M-Y., GENESTOUT L., MAZZA R., TAYLOR J.F., SCHNABEL R.D., SIMPSON B., MARQUES E., MCEWAN J.C., CROMIE A., COUTINHO L.L., KUEHN L.A., KEELE J.W., PIPER E.K., COOK J., WILLIAMS R. Imputation of microsatellite alleles from dense SNP genotypes for parentage verification across multiple *Bos taurus* and *Bos indicus* breeds. *Front Genet.*, 2013, **Vol 4** article 176.

M.E.A. (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT). Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. *Island Press*, 2005. Washington, DC.

MELAKU S, MEKURIAW Z, GIZAW S et al .Community based characterization of Simien Sheep based on growth performance and farmers' breeding objectives in Simien mountains region, Ethiopia. *Res. J. Anim. Sci.*, 2012, 6, 47-55.

MERCHANT R.C., VUITTONET C.L., CLARK M.A., GEE E.M., BOCK B.C., BECKER B.M. Implications of Question Format in Emergency Department Preventive Health Knowledge Surveys. *Acad Emerg Med.*, 2007, **14**, 549–557.

MEYER C., FAYE B., KAREMBE H. Guide de l'Elevage du Mouton Méditerranéen et Tropical. 2004. Libourne: CEVA Santé Animale.

MOGHADDAM G.H., POURSEIF M.M. Simultaneous study of some of male breeding soundness indices and sexual urge on the crossbreed rams. *Slovak J. Anim. Sci.*, 2014, **47**, 25-32.

MORINIERE L.C.E., HAMZA M. Environment and Mobility: A View from Four Discourses. *Ambio.*, 2012, **41**, 795–807.

NATIONS UNIES. Convention sur la diversité biologique.1992. URL : <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-fr.pdf> (Consulté le 29/05/2014).

NOTTER D.R. The importance of genetic diversity in livestock populations of the future. *J Anim Sci* 1999., **77**, 61-69.

OBERLENDER G., MURGAS L.D.S., ZANGERONIMO M.G., SILVA A.C., PEREIRA L.J., MUZZI R.A.L. Comparison of two different methods for evaluating boar semen morphology. *Arch. Med. Vet.*, 2012, **44**, 201- 205.

OHANNESSIAN S. L’option ”Zero” en analyse conjointe : Une nouvelle spécification de l’indécision et du refus. Application au marché de la Vidéo `à la Demande. Thèse de doctorat. 2008. Conservatoire National des Arts et Metiers PARIS.

OLIVEIRA R.R., RATES DM., PUGLIESI G., KER P.G., ARRUDA R.P., MORAES E.A., CARVALHO G.R. Use of Cholesterol-Loaded Cyclodextrin in Donkey Semen Cryopreservation Improves Sperm Viability but Results in Low Fertility in Mares. *Reprod Dom Anim.*, 2014, **49**, 845–850.

OMONDI I., BALTENWECK I., DRUCKER A.G., OBARE G., ZANDER K. K. Economic valuation of sheep genetic resources: implications for sustainable utilization in the Kenyan semi-arid tropics. *Trop. Anim. Health. Prod.*, 2008, **40**, 615–626.

OTOIKHIAN C.S.O., OTOIKHIAN A. M., AKPORHUARHO O.P. ISIDAHOMEN C. Correlation of body weight and some body measurement parameters in Ouda sheep under extensive management system. *Afr. J. Gen. Agric.*, 2008, **4**, 129–133.

OUMARA A.D. Facteurs influant les poids a âge-types des chèvres rousses de Maradi en station au Niger. In Wilson R T and Azeb M (eds). 1989. *African small ruminant research and development*. ILCA, Addis Ababa, Ethiopia.

OYEYEMI M.O., OLUKOLE S.G., BOLANLE T., DEBORAH A.A. Sperm Motility and Viability in West African Dwarf Rams Treated with *Euphorbia hirta*. *Int. J. Morphol.*, 2009, **27**, 459-462.

PATTISON J., DRUCKER A.G., ANDERSON S. The cost of conserving livestock diversity? Incentive measures and conservation options for maintaining indigenous Pelón pigs in Yucatan, Mexico. *Trop. Anim. Health. Prod.*, 2007, **39**, 339–353.

PHILIPSSON J., ZONABEND E., BETT, R.C., OKEYO A.M. Global perspectives on animal genetic resources for sustainable agriculture and food production in the tropics In: *Animal Genetics Training Resource*, version 3, 2011. Ojango, J.M., Malmfors, B. and Okeyo, A.M. (Eds). International Livestock Research Institute, Nairobi, Kenya, and Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.

PLANCHENAULT D., BOUTONNET J.P. Conservation de la diversité des ressources génétiques animales dans les pays d’Afrique francophone sub-saharienne. *A.G.R.I.*, 1997, **21**, 1-22.

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

PREVITE J., PINI B., HASLAM-MCKENZIE F. Q Methodology and Rural Research. *Sociol. Rural.*, 2007, **47**, 135- 147.

PROGRAMME NATIONAL D’AMELIORATION GENETIQUE (PNAG). Programme de travail et budget annuel. Rapport, 2011, 34p.

RASTOGI A., HICKEY G.M., BADOLA R, HUSSAIN S A. Diverging viewpoints on tiger conservation: A Q-method study and survey of conservation professionals in India. *Biol. Cons.*, 2013, **161**, 182–192.

RAVIMURUGAN T., THIRUVENKADAN A. K., SUDHAKAR K.,PANNEERSELVAM S. ,ELANGO A. The Estimation of Body Weight from Body Measurements in Kilakarsal Sheep of Tamil Nadu, India. *I.J.A.S.*, 2013, **3**, 357–360.

RAY L. Using Q-methodology to identify local perspectives on wildfires in two Koyukon Athabascan communities in rural Alaska. *Sustainability:Science, Practice, & Policy.*, 2011,7,18- 29.

REGE J. E. O. The state of African cattle genetic resources I. Classification framework and identification of threatened and extinct breeds. *A.G.R. I.*, 1999, **25**, 1–25.

REGE J. E. O., GIBSON J. P. Animal genetic resources and economic development: issues in relation to economic valuation. *Ecol. Econ.*,2003, **45**, 319–330.

REIST-MARTI S.B., ABDULAI A., SIMIANER H. Conservation programmes for African cattle: design, cost and benefits. *J. Anim. Breed. Genet.*, 2005, **122**, 95–109.

RHISSA Z. Revue du secteur de l'élevage au Niger (Rapport provisoire réalisé par FAO/SFW).2010, 115p.

RICHARD D., HUMBERT F., DOUMA A. Essais d'alimentation de moutons au Niger. Maisons- Alfort., 1985. 142 p.

ROE D., NELSON F., SANDBROOK C. (eds.). Community management of natural resources in Africa: Impacts, experiences and future directions, Natural Resource Issues No. 18, International Institute for Environment and Development, London, UK. 2009.

ROESSLER R., DRUCKER A.G., SCARPA R., MARKEMANN A., LEMKE U., THUY L.T., ZÁRATE A.V. Using choice experiments to assess smallholder farmers' preferences for

pig breeding traits in different production systems in North–West Vietnam. *Ecol. Econ.*, 2008, **66**, 184–192.

ROOSEN J., FADLAOUI A., BERTAGLIA M. Economic evaluation for conservation of farm animal genetic resources. *J. Anim. Breed. Genet.*, 2005, **122**, 217–228.

Ruto E, Garroda G, Scarpa, R. Valuing animal genetic resources: a choice modeling application to indigenous cattle in Kenya. *Agr. Econ.*, 2008, 38, 89–98.

ROY S. De l'utilité des espèces. [en ligne] (2014). Adresse URL :

<http://www.lefigaro.fr/sciences/2014/10/20/01008-20141020ARTFIG00329-de-l-utilite-des-especes.php>.

[Consulté 5 octobre 2015.](#)

SALAKO A. E. Principal component factor analysis of the morphostructure of immature Uda sheep. *Int. J. Morphol.*, 2006, **24**, 571–574.

SAMUEL FAJEMILEHIN O.K., SALAKO A.E. Body measurement characteristics of the West African Dwarf (WAD) Goat in deciduous forest zone of Southwestern Nigeria. *Afr.J. Biotechnol.*, 2008, 7, 2521–2526.

SANDBROOK C., SCALES I.R., VIRA B., ADAMS W.M. Value Plurality among Conservation Professionals. *Conserv. Biol.* 2011., **25**, 285-294.

SARGISON N. Sheep Flock Health: A Planned Approach Blackwell Publishing Ltd, 9600 Garsington Road, Oxford OX4 2DQ, UK. 2008.

SAS Institute (2001). *SAS/STAT User's Guide. Version 9*. SAS Inst. Inc., Cary, NC.

SCHOENIAN S. A beginner's guide to raising sheep. University of Maryland, 2012. URL : <http://www.sheep101.info/201/ewerepro.html> (Consulté le 29/05/ 2014).

SCOTT A. Eliciting GPs' preferences for pecuniary and non-pecuniary job characteristics. *J. Health.Econ.*, 2001, **20**, 329–347.

SECHI T., USAI M.G., CASU S., CARTA A. Genetic diversity of Sardinian goat population based on microsatellites. *Ital.J.Anim.Sci.*, 2005, **4**, 58-60.

SECRETARIAT DE LA CONVENTION SUR LA DIVERSITE BIOLOGIQUE., 2009. Biodiversité, développement et réduction de la pauvreté : reconnaître le rôle de la biodiversité pour le bien-être humain. Montréal, 52 pages.

SHABILA N.P., AL-TAWIL N.G, AL-HADITHI T.S., SONDORP E. Using Q-methodology to explore people's health seeking behavior and perception of the quality of primary care services. *BMC.Public.Health.*, 2014, 14:2.

SHINEBOURNE P. Using Q Method in Qualitative Research. *Int. J. Qual. Methods.*, 2009, **8**, 93-97.

SHRESTHA J. N. B., CROW G. H., SOYSAL M.I. Managing Genetic Variation to Conserve Genetic Diversity in Goats and Sheep. *J. Tekirdag. Agric. Fac.*, 2010, **7**, 1-12.

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

SIMIANER H., MARTI S.B., GIBSON J., HANOTTE O., REGE J.E.O. An approach to the optimal allocation of conservation funds to minimize loss of genetic diversity between livestock breeds. *Ecol. Econ.*, 2003, **45**, 377-392.

SIMIANER H. Decision making in livestock conservation. *Ecol. Econ.*, 2005, **53**, 559–572.

SIMON A. Animal genetic resources and sustainable livelihoods. *Ecol. Econ.*, 2003, **45**, 331-339.

SIMON A., CENTONZE R. Property Rights and the Management of Animal Genetic Resources. *World. Dev.*, 2007, **35**, 1529–1541.

SOW R.S., DENIS J.P., TRAIL J.C.M., THIONGANE P.I., MBAYE M. Note sur la barymétrie comme moyen de sélection indirecte du poids vif chez les zébus Gobra au Sénégal. *Rev. Élev.Méd. Vét. Pays. Trop.*,1991, **44**, 97–100.

SOWANDE O. S., SOBOLA O. S. Body measurements of West African dwarf sheep as parameters for estimation of live weight. *Trop. Anim. Health. Prod.*, 2008, **40**, 433–439.

STEPHEN D.S., GEORGES A. Genetics in conservation and wildlife management: a revolution since Caughley. *Wildlife. Res.*, 2009, **36**, 70–80.

SYED M., KHURSHEED N., VEERASAMY S., SHAIKH A-K. Effect of feed flushing during summer season on growth, reproductive performance and blood metabolites in Malpura ewes under semiarid tropical environment. *Trop. Anim. Health Prod.*, 2013, **45**, 143–148.

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

TANKARI A.M., MOUNKAÏLA G.B. Caractérisation des systèmes de production agricole de la région de Tillabéry. Rapport n° 2 projet ANADIA Niger. 2014, 44p.

TELLAH M., ZEUH V., MOPATE L.Y., MBAÏNDINGATOLOUM F.M., BOLY H. Paramètres de reproduction des vaches Kouri au Lac-Tchad. *J. appl. biosci.*, 2015, 90, 8387–8396.

THIRUVENKADAN, A. K. Determination of bestfitted regression model for estimation of body weight in Kanni Adu kids under farmer's management system. *Livest. Res. Rural., Dev.* 2005, **17**, 103–107.

THOMAS J., KESAVAN C. Conjoint analysis: a perfect link between marketing and product design functions- a review. *Int.J. Manag. Res. Dev* (Online) Volume 3, Number 1, 2013.

TISDELL C. Socioeconomic causes of loss of animal genetic diversity: analysis and assessment. *Ecol. Econ.*, 2003, **45**, 365-376.

TIXIER-BOICHARD M., AYALEW W., JIANLIN H. Inventory, characterization and monitoring. *A.G.R.I.*, 2008, **42**, 29-47.

TORO M.A., CABALLERO A. Characterization and conservation of genetic diversity in subdivided populations. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, 2005, **360**, 1367-1378.

TOUBO A.I. Contribution à l'étude de l'élevage ovin au Niger: Etat actuel et propositions d'amélioration. Master's thesis École Inter-États des Sciences et Médecine Vétérinaire de Dakar. 1975. Dakar, Senegal.

TRILLAUD GEYL C., BAUDOIN N. Estimation du poids d'un cheval. 2006. URL http://www.harasnationaux.fr/uploads/tx_vm19docsbase/7_Estimation_du_poids.pdf (last accessed: 16.01.2012).

UMUT Ç A., NECDET C.L., SAVAŞ Y., RECAI K., YAVUZ Ö. Effects of semen collection interval on fresh and frozen semen parameters in Tushin rams. *Bull. Vet. Inst. Pulawy.*, 2011, **55**, 67-70.

VAILLANCOURT D., LEFEBVRE R. La gestion de la reproduction chez les petits ruminants : Le contrôle du cycle oestral. *Le Médecin Vétérinaire du Québec.*, 2003, **33**, 1-2, 43-49.

VAN EXEL NJA, DE GRAAF G. Q methodology: A sneak preview. 2005. [available from www.jobvanexel.nl].

VIKRAMA C P., SRI B N. Use of Assisted Reproductive Technologies for Livestock Development. *Vet World.*, 2010, **3**, 238-240.

WATTS S, STENNER P. Doing Q methodology: theory, method and interpretation. *Qual. Res. Psychol.*, 2005, **2**, 67-91.

WEITZMAN M.L. On diversity. *Q J Econ.*, 1992, **107**, 363–405.

WELSH C.S., STEWART T.S., SCHWAB C., BLACKBURN H.D. Pedigree analysis of 5 swine breeds in the United States and the implications for genetic conservation. *J. Anim. Sci.*, 2010, **88**, 1610–1618.

WILSON R.T. Small ruminant production and the small ruminant genetic resource in tropical Africa. *FAO Animal Production and Health paper* 88.1991.

WILSON KERRIE A., CARWARDINE J., POSSINGHAM HUGH P. Setting Conservation Priorities. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 2009, **1162**, 237–264.

WITZENBERGER K.A., HOCHKIRCH A. Ex situ conservation genetics: a review of molecular studies on the genetic consequences of captive breeding programmes for endangered animal species. *Biodivers. Conserv.* 2011. Springer Science+Business Media B.V.

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

YAHIMI A., DJELLATA N., HANZEN C., KAIDI R. Analyse des pratiques de détection des chaleurs dans les élevages bovins laitiers algériens. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 2013, **66**, 31-35.

YAKUBU, A. Path coefficient and path analysis of body weight and biometric traits in yankasa lambs. *Slovak.J.Anim.Sci.*, 2010, **43**, 17–25.

YAKUBU A., IBRAHIM I.A.: Multivariate analysis of morphostructural characteristics in Nigerian indigenous sheep. *Ital. J. Anim. Sci.*, 2011, **10**, 83-86.

YASEMIN O., CALVO J.H., ELMACI C. Investigation of the genetic diversity among native Turkish sheep breeds using mtDNA polymorphisms. *Trop. Anim. Health. Prod.*, 2013, **45**, 947–951.

YASSEIN M H. Semen quality and relevant blood plasma parameters of Rahmani rams fed different dietary energy levels. *Arch. Zootec.*, 2009, **12**, 64-72.

YENIKOYE A., ANDRE D., RAVAUULT J.P., MARIANA J.C. Etudes de quelques caractéristiques de reproduction chez la brebis Peulh, du Niger. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 1981, **21**, 937-951.

YILMAZ O., CEMAL I., KARACA O. Estimation of mature live weight using some body measurements in Karyya sheep. *Trop. Anim. Health Prod.*, 2013, **45**, 397– 403.

YOUNAS, U., ABDULLAH, M., BHATTI, J. A., PASHA, T. N., AHMAD, N., NASIR, M. & HUSSAIN, A. Interrelationship of body weight with linear body measurements in Hissardale sheep at different stages of life. *J. Anim. Plant. Sci.*, 2013, **23**, 40–44.

ZABALA A. Q method: A Package to Explore Human Perspectives Using Q Methodology. *The R Journal.*, 2014, Vol. 6/2.

ZANDER K.K., DRUCKER A.G. Conserving what's important; using choice model scenarios to value local cattle breeds in East Africa. *Ecol. Econ.*, 2008, **68**, 34-45.

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

4000 Liège (Belgique)

D/2016/0480/5

ISBN 978-2-87543-078-6

